МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

**ПО СНИЖЕНИЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ НА ПРОИЗВОДСТВО, ПЕРЕРАБОТКУ И ХРАНЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ, ОСНОВАННЫЕ НА ИСПОЛЬЗОВАНИИ НОВОГО ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И МОДЕРНИЗАЦИИ СУЩЕСТВУЮЩЕГО**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСЩЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Введение**

В современных условиях, когда в мире недостаток любых видов энергии сопровождается ее низкоэффективным использованием, возникает необходимость в энергосбережении. С каждым годом затраты на энергию при производстве сельскохозяйственной продукции, бытовые и промышленные нужды постоянно увеличиваются, поэтому рациональное использование и экономия энергии становится важной необходимостью для всех и каждого. Каждая единица [денежных средств](https://pandia.ru/text/category/denezhnie_sredstva/), истраченная на мероприятия, связанные с экономией энергии, даёт больший экономический эффект, чем если бы она была израсходована на увеличение её производства.

Тепловая и электрическая энергия – необходимое условие жизнедеятельности человека и создания благоприятных условий его быта. В [экономике России](https://pandia.ru/text/category/yekonomika_rossii/) энергосбережение и энергосберегающие технологии являются приоритетными при внедрении их в производство. Повышение цен на топливо, воду, электроэнергию требует пересмотра подходов к использованию энергоресурсов во всех сферах деятельности человека, в частности и при производстве сельскохозяйственной продукции. Знания основ энергосбережения в процессе эксплуатации машин и оборудования, зданий и сооружений в сельском хозяйстве позволяют определить – где, что, в каких количествах, куда и почему энергия теряется. В сельскохозяйственном производстве не научились экономно использовать имеющиеся ресурсы и в обществе отсутствует должная координация деятельности всех, причастных к этой проблеме структур.

При производстве и переработке с. х. продукции на почву, семена, сырье в определенной последовательности воздействуют природными и антропологическими энергетическими и информационными факторами. Суммарные затраты антропогенной энергии, т. е. энергии направляемой человеком на выращивание продукта, из-за неоправданного увеличения структуры технологических звеньев и дублирования некоторых операций, приводящих к одинаковому биологическому эффекту (росту массы, урожайности) в сельскохозяйственном производстве постоянно растут. Увеличивается число всевозможных обработок семян, почвы, растений и т. д. - в настоящее время на 1% прироста урожая приходится 2,5 % и более прироста антропогенных затрат.

Поэтому вопросы энергосбережения на всех этапах жизненного цикла производства продукции - подготовки семян к посеву, выращивания растений, животных, переработки полученной продукции с учетом перераспределения энергетических затрат в сторону уменьшения антропогенной энергии в пользу природной, прежде всего, солнечной, является актуальной задачей организации и управления в сельском хозяйстве.

Мировая практика показывает, что переход к энергосберегающему производству и образу жизни в разных странах мира сталкивается с немалыми трудностями и требует не только осуществления технических решений, но и формирования нового мышления.

**Термины и понятия в области энергосбережения**

Термины и определения даны по ГОСТ Р Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Общие положения.

*Валовый*[*национальный продукт*](https://pandia.ru/text/category/natcionalmznij_produkt/)*(ВВП)*- обобщенный экономический или статистический показатель, рассчитываемый в действующих рыночных ценах с учетом сальдо [платежного баланса](https://pandia.ru/text/category/platezhnie_balansi__buhgalteriya_/), как совокупная стоимость конечных товаров и услуг, произведенных на территории данной страны.

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

*Вторичные топливно-энергетические ресурсы (ВЭР)***-** топливно-энергетические ресурсы, полученные как отходы или побочные продукты (сбросы и выбросы) производственного технологического процесса.

*Первичная энергия***-**энергия, заключенная в ТЭР.

*Полезная энергия***-** энергия, теоретически необходимая (в идеализированных условиях) для осуществления заданных операций, технологических процессов или [выполнении работы](https://pandia.ru/text/category/vipolnenie_rabot/) и оказания услуг.

Пример определения термина в освещении - световой поток ламп.

*Природный энергоноситель***-** энергоноситель, образовавшийся в результате природных процессов. К природным энергоносителям относят, воду гидросферы (при использовании энергии рек, морей, океанов); горячую воду и пар геотермальных источников; воздух атмосферы (при использовании энергии ветра); [биомассу](https://pandia.ru/text/category/biomassa/); органическое топливо (нефть, газ, уголь и т. д.).

*Произведенный энергоноситель***-**энергоноситель, полученный как продукт производственного технологического процесса.

*Топливо*- вещества, которые могут быть использованы в хозяйственной деятельности для получения [тепловой энергии](https://pandia.ru/text/category/teployenergetika/), выделяющейся при его сгорании.

*Топливно-энергетические ресурсы (ТЭР)-* совокупность природных и производственных энергоносителей, запасенная энергия которых при существующем уровне развития техники и технологии доступна для использования в хозяйственной деятельности.

*Условное топливо*- условно-натуральная [единица измерения](https://pandia.ru/text/category/edinitca_izmereniya/) количества топлива, применяемая для соизмерения топлива разных видов с помощью калорийного коэффициента, равного отношению теплосодержания 1 кг топлива данного вида к теплосодержанию 1 кг условного, (7000 ккал/кг).

*Техносфера*- преобразованная техническая реальность оболочки Земли, состав, структура, энергетика и эволюция которой определяются совокупностью действий неживой природы, биологических организмов, человека и техники.

*Техноценоз -* ограниченная в пространстве и времени взаимосвязанная совокупность далее неделимых технических изделий, особей, объединенных слабыми связями.

*Экосистема*- совокупность совместно обитающих биологических организмов и условий их существования, находящихся в закономерной связи друг с другом и образующих систему обусловленных биологических и абиотических процессов.

*Энергия* – общая количественная мера различных видов движения и взаимодействия (слабого электромагнитного, сильного гравитационного) всех видов материи. На макроуровне условно различают отдельные виды энергии: механическую, тепловую, химическую, электромагнитную, ядерную и др.

*Энергоноситель*- вещество в различных агрегатных состояниях (твердое, жидкое, газообразное) либо иные формы материи (плазма, поле, излучение и т. д.), запасенная энергия которых может быть использована для целей [энергоснабжения](https://pandia.ru/text/category/yenergosnabzhenie/).

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

*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](https://pandia.ru/text/category/individualmznoe_predprinimatelmzstvo/)

*Энергоиспользование* — естественное или целенаправленное использование энергии различных видов на стадиях жизненного цикла объекта (изделия, продукции, процесса) и при оказании услуг на данном уровне развития общества. Под этим подразумевается комплекс действий персонала объекта, работа оборудования и соблюдение технологий, связанных с процессами от получения (производства) энергии до ее потребления.

*Энергосбережение –* реализация правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, направленных на эффективное (рациональное) использование (и экономное расходование) ТЭР и на [вовлечение](https://pandia.ru/text/category/vovlechenie/) в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии.

*Рациональное использование ТЭР -* 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. Понятие «Рациональное использование ТЭР» включает:

- выбор оптимальной структуры энергоносителей, т. е. оптимального количественного соотношения различных используемых видов энергоносителей в установке, на участке, в цехе на предприятии, в регионе, отрасли, хозяйстве – в зависимости от рассматриваемого уровня энергобаланса;

- комплексное использование топлива, в т. ч. отходов топлива в качестве сырья для промышленности (например, использование золы и шлаков в строительстве);

- комплексное использование гидроресурсов рек и [водоемов](https://pandia.ru/text/category/vodoem/);

- учет возможности использования органического топлива (например нефти) в качестве ценного сырья для промышленности;

- комплексное исследование экспортно-импортных возможностей и других структурных оптимизаций.

*Экономия ТЭР*- сравнительное в сопоставлении с базовым, эталонным значением сокращение потребления ТЭР на производство продукции, выполнение работ и оказание услуг установленного качества без нарушения экологических и других ограничений в соответствии с требованиями общества. Величину экономии определяют через сравнительное сокращение *расхода***,** а не *потребления*ТЭР. Понятие **«***потребление***»** при переходе от отдельного элемента к установке, техпроцессу, цеху, предприятию теряет определенность и физический смысл, поэтому в принятой терминологической системе использовано слово **«***расход***»**, корреспондирующееся с расходной частью топливно-энергетического баланса конкретными энергопотребляющими объектами (изделиями, процессами, работами и услугами). Эталонные значения расхода ТЭР устанавливаются в нормативных, технических, технологических, методических документах и утверждаются уполномоченным органом применительно к проверяемым условиям и результатам деятельности.

*Непроизводительный расход ТЭР***-**потребление ТЭР, обусловленное несоблюдением или нарушением требований, установленных [государственными стандартами](https://pandia.ru/text/category/gosudarstvennie_standarti/), иными [нормативными актами](https://pandia.ru/text/category/akt_normativnij/), нормативными и методическими документами.

*Энергосберегающая технология***-** новый или усовершенствованный технологический процесс, характеризующийся более высоким коэффициентом полезного использования ТЭР.

*Энергетический менеджмент* (энергоменеджмент) — управленческая и техническая деятельность персонала объекта хозяйствования, направленная на рациональное использование энергии, с учетом социальных, технических, экономических и экологических аспектов.

В РФ действует Федеральный [закон Российской Федерации](https://pandia.ru/text/category/zakoni_v_rossii/) от 01.01.01 г. N 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации ".

Настоящий Федеральный закон регулирует отношения по энергосбережению и повышению энергетической эффективности. Целью настоящего Федерального закона является создание правовых, экономических и организационных основ стимулирования энергосбережения, и повышения энергетической эффективности.

В законе введены термины и определения, в частности:

**-***показатель энергоэффективности* - абсолютная или удельная величина потребления или потери энергетических ресурсов для продукции любого назначения, установленная государственными стандартами;

**-***непроизводительный расход* энергетических ресурсов - расход энергетических ресурсов, обусловленный несоблюдением требований, установленных государственными стандартами, а также нарушением требований, установленных иными нормативными актами, технологическими регламентами и паспортными данными для действующего оборудования;

**-***возобновляемые источники энергии* - энергия солнца, ветра, тепла земли, естественного движения водных потоков, а также энергия существующих в природе градиентов температур;

**-***альтернативные виды топлива* - виды топлива (сжатый и сжиженный газ, биогаз, генераторный газ, продукты переработки биомассы, водоугольное топливо и другие), использование которого сокращает или замещает потребление энергетических ресурсов более дорогих и дефицитных видов.

1. **ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**
   1. **Инфраструктура поставок энергии в сельском хозяйстве**

Углеводородные энергоносители - нефть, газ и уголь образуют тот фундамент, на котором стоит вся экономика, бытовой уклад, образ жизни современного человека. Они являются источником тепла и других видов энергии, в частности электрической, без которой в настоящее время человечество не мыслит свое существование.

Для энергообеспечения производственного и жилого сектора экономики села требуется инфраструктура обеспечения водой, теплом и электроэнергией в виде систем [водоснабжения](https://pandia.ru/text/category/vodosnabzhenie_i_kanalizatciya/), теплоснабжения, электроснабжения, которые в свою очередь могут состоять из более мелких, но не менее важных подсистем.

*Водоснабжение.*Сельское водоснабжение основано на использовании поверхностных и подземных - грунтовых и артезианских водах. Основным источником снабжения [питьевой водой](https://pandia.ru/text/category/voda_pitmzevaya/) сельскохозяйственных животных и населения являются подземные воды. В России около 87 % сельского водопотребления приходится на подземные источники и 13 % - на поверхностные.

Водоснабжение сел осуществляется централизовано и автономно. Централизованное водоснабжение - это [водопроводные](https://pandia.ru/text/category/vodoprovod/) сети сельской местности и, как правило, имеются только в крупных населенных пунктах и сельскохозяйственных объектах. Запитываются [водопроводные сети](https://pandia.ru/text/category/vodoprovodnie_seti/) из одной или нескольких скважин, вода которых насосом подается на аккумулирующие емкости, расположенные над землей (башни Рожновского). Водоподготовка, как правило, не производится. Вода под естественным напором или с помощью насоса подается в водопроводную сеть, которая через систему водоразборных уличных колонок и кранов в жилых домах и производственных помещениях используется для бытовых и технологических нужд.

Автономное водоснабжение выполняется на базе колодцев и скважин грунтовых вод. Снабжает, как правило, одну усадьбу или одно производство – животноводческую ферму, теплицу и т. п.

*Теплоснабжение.*Теплоснабжение для производственных и бытовых нужд базируется на углеводородном топливе (нефть, каменный уголь, дизельное топливо, газ, дрова и другое биотопливо) и электрической энергии.

Отопление может осуществляться от централизованных котельных, обеспечивающих тепловой энергией жилые дома, административные и [общественные здания](https://pandia.ru/text/category/obshestvennie_zdaniya/), от индивидуальных котельных, работающих на отдельные здания, дома или квартиры (крышные котельные), и печей, используемых, как правило в сельских домах. Источником энергии при отоплении могут быть каменный уголь, газ, нефть или дрова.

*Поставки нефти, автомобильного бензина и дизельного* топлива осуществляются с центров их производства через сети поставщиков, как правило, железнодорожными и автомобильными цистернами. Наиболее массовые топлива - автомобильный бензин и дизельное топливо распространяются через сети [автозаправочных](https://pandia.ru/text/category/avtozapravochnie_stantcii/) станций.

*Дрова.* Дрова для отопления в сельской местности используют повсеместно. Долгое время дрова оставались единственным источником тепловой энергии. С древних времен они использовались для приготовления пищи, выплавки металлов, солеварения и получения [древесного угля](https://pandia.ru/text/category/drevesnij_ugolmz/).

Дрова сжигают в отопительных и варочных печах и плитах различной конструкции. Обычная печь предназначена для отопления дома и приготовления пищи. Строится из кирпича. Она способна обогревать дом площадью до 25 м2. Различные модификации печи (печь с плитой, печь с отопительным водяным или паровым котлом и другие) значительно расширяют сферу ее применения и эффективность зимой и летом. Плиты используются как правило для приготовления пищи.

Получают распространение печи заводского изготовления, как правило металлические, для получения тепла и горячей воды на фермах.

Кроме дров в печах используют также другие традиционные отопительные материалы - солому, камыш и кизяк.

*Газоснабжение.* Газовое топливо является одним из углеводородных топлив, используемых в основном для получения тепла. Несмотря на то, что Россия является основным производителем природного газа и занимает первое место в мире по его запасам, на сельское хозяйство приходится незначительный объем потребления газа – газифицировано лишь 35% потенциальных потребителей села. Главной причиной низкой газификации села являются высокие удельные затраты на строительство газовых сетей в связи с большой протяженностью и недостаточными [капитальными вложениями](https://pandia.ru/text/category/vlozhennij_kapital/) в это направление энергообеспечения сельской местности. При этом следует подчеркнуть, что в большинстве европейских странах уровень газификации села достигает 80 %.

В настоящее время основным способом газификации сельской местности России остается распределение сжиженного газа в цистернах и в баллонах через сеть областных газонаполнительных станций и кустовых баз. Кустовые базы снабжают газонаполнительные пункты и промежуточные склады баллонов с радиусом обслуживания 100 – 200 км. Потребление газа из газонаполнительных станций обходится значительно дороже, чем его использование из сетевой системы. Более 60 % газифицированных сельских квартир также используют сжиженный газ.

В производственной сфере села газовое топливо используется в незначительном количестве. В настоящее время практически весь машинно-тракторный парк сельского хозяйства использует жидкое моторное топливо.

Местные сельские котельные работают преимущественно на твердом или жидком топливе.

*Электроснабжение.* Снабжение электрической энергией сельских потребителей осуществляется через электрические сети: централизованного электроснабжения и местного. В России линии электропередачи охватывают практически всю территорию, за исключением районов Севера, Сибири и Дальнего Востока. В структуре электропотребления страны сельское хозяйство потребляет не более 13% электроэнергии.

В большинстве сельская местность получает электроэнергию от централизованных источников по высоковольтным линиям электропередач напряжением через сеть промежуточных понизительных электрических подстанций 220/ 35/10 кВ или 220/ 35/6 кВ (районные электрические сети - РЭС). Энергия от этих подстанций через электрические сети 10 или 6 кВ подводят энергию к трансформаторным понизительным подстанциям 10(6)/0,38 кВ. Воздушные проводные или подземные кабельные трехфазные электрические линии распределяют энергию по отдельным потребителям.

В труднодоступных районах, где нет централизованного электроснабжения, существуют местные электростанции, которые используют для производства электрической энергии привозные нефть или дизельное топливо. В некоторых местах еще сохранились малые гидростанции, использующие энергию воды местных рек.

**1.2. Характеристики и показатели использования энергии**

Ценным потребительским качеством энергии является ее способность преобразовываться из одного вида в другой. Это позволяет ее накапливать, хранить, перемещать и передавать на расстояния.

*Полезная энергия*– энергия, теоретически необходимая (в идеализированных условиях) для осуществления заданных операций, технологических процессов или выполнения работы и оказания услуг.

*Коэффициент полезного использования энергии*– отношение всей полезно используемой в хозяйстве (пахотном агрегате, участке, энергоустановке и т. п.) энергии к суммарному количеству израсходованной энергии.

*Коэффициент полезного действия*– отношение полезной энергии к подведенной к процессу, установке, агрегату и т. д. - параметр, характеризующий совершенство процесса превращения, преобразования или передачи энергии.

*Потеря энергии*– разность между количеством подведенной (первичной) и потребленной (полезной) энергии.

В качестве примера рассмотрим использование энергии для освещения помещения:

этап 1- превращение угля в электроэнергию при его сжигании имеет коэффициент полезного действия (КПД) 37%;

этап 2 - подведение электроэнергии к месту потребления по электрическим сетям имеет КПД 90%;

этап 3 - превращение электрической энергии в световую имеет КПД 20%.

Это дает общий КПД 6,6%. Энергия не может быть уничтожена, следовательно, 93,4% первичной энергии будет потеряно, чаще всего, в виде теплоты, рассеянной в окружающей среде, т. е. пойдет на нагрев окружающего пространства - увеличения энтропии, но не на освещение.

Наличие потерь энергии на промежуточных этапах преобразования и транспортировки приводит к увеличению качества и стоимости первичной энергии, расходуемой на единицу конечной. К этому необходимо добавить эксплуатационные и капитальные расходы на превращение, передачу и распределение энергии.

Любой вид энергии имеет определенный уровень потенциала энергии по отношению к потребителю (или устройству, которое должно экстрагировать энергию из окружающей среды). Классификация энергии по ее уровню:

- высокопотенциальная;

- низкопотенциальная;

- консервативная.

*Высокопотенциальная энергия* - это та энергия, потенциал которой выше потенциала преобразователя, который экстрагирует энергию из окружающей среды для потребителя. Высокопотенциальная энергия - это энергия тепловая или энергия давления топлива при сгорании или других процессах, энергия солнца, ветра, течений, волн, высокотемпературных источников энергии и т. п.

*Низкопотенциальная энергия* - это та энергия, потенциал которой ниже потенциала преобразователя, который экстрагирует энергию из окружающей среды для потребителя - это энергия более холодной окружающей среды, атмосферы и воды имеющей такое же давление как имеет и преобразователь энергии потребителя, рассеянные электромагнитные поля Земли и т. п.

*Консервативная энергия* - это та энергия, которая находится в «законсервированном» состоянии:

- энергия топлива (уголь, дрова, газ, нефть и т. п.), которая еще не извлечена из вещества (до сжигания);

- ядерная энергия, которая имеется в веществе, но может быть извлечена только после определенных ядерных процессов;

- энергия любой физической природы в среде или в теле, которая имеется, но самопроизвольно не передается окружающим телам, а может передать свою энергию только после определенных физических процессов.

Консервативная энергия может быть извлечена путем сжигания топлива, ядерных реакций или другими способами при определенных физических условиях.

**1.3. Топливно-энергетические ресурсы**

На практике часто используется термин "виды энергии" для обозначения различных источников энергии или топлива. К ним относятся уголь, нефть, природный газ, являющиеся типичными ископаемыми, а значит *не возобновляемыми*видами топлива. Человечество использует и другие виды топлива или источники энергии, например, биомассу, энергию солнца, ветра, волн, гидроресурсов. Эти источники относятся к *возобновляемым*.

*Энергоноситель*– вещество или форма материи, которые могут находиться в различных агрегатных состояниях (твердое, жидкое, газообразное, плазма, электромагнитное поле или излучение). Эта энергия при создании определенных условий используется для целей энергоснабжения при производстве механической работы, нагрева, химической реакции или физического процесса.

*Природный энергоноситель*– энергоноситель, образовавшийся в результате природных процессов, как правило, являющийся производным от солнечной энергии: вода гидросферы (при использовании энергии рек, морей, океанов), горячая вода и пар геотермальных источников, воздух атмосферы (при использовании энергии ветра), органическое топливо (нефть, газ, уголь, торф, сланцы, биомасса), электромагнитное излучение солнца.

*Произведенный энергоноситель*– энергоноситель, полученный как продукт технологического процесса, техногенной деятельности человека:

водяной пар котельных установок и парогенераторов, горячая вода,

сжатый воздух, продукты переработки органического топлива и т. п., продукты преобразования электромагнитного излучения солнца.

При практическом использовании происходит цепь превращений энергии путем преобразования энергоносителя от его исходного состояния до вида, в котором он приходит к потребителю. Например, сырая нефть, добытая из земли, является *первичным энергоносителем* и имеет ограниченное применение. Ее можно преобразовать в более полезные производные энергоносители - бензин, газ, дизельное топливо и т. п.) - вторичный источник энергии. Подобная переработка приводит к определенным потерям энергии.

*Вторичные энергоносители* доводятся до потребителя при их транспортировке и распределении. Этот процесс также связан с дополнительными потерями. Этапов преобразования и транспортировки энергоносителя может быть несколько и на каждом из них происходят потери.

В реальном производстве предприятие закупает энергоносители, энергию как товар. У различных предприятий свои требования к виду, качеству и количеству энергоносителей, которые оно закупает для осуществления своей деятельности. Например, предприятию по производству зерна необходимо постоянное снабжение бензином и дизельным топливом, а [молочное предприятие](https://pandia.ru/text/category/molochnie_zavodi/) в большей степени интересуют бесперебойные поставки электроэнергии.

На международном уровне в 1997 г. был принят стандарт ИСО 13600, определяющий энергоресурс как товар, потребляемый в [техносфере](https://pandia.ru/text/category/tehnosfera/), связанной с другими сферами жизни - [охраны окружающей среды](https://pandia.ru/text/category/yekologiya_i_ohrana_okruzhayushej_sredi/) и экологии:

*Топливо:* продукция, предназначенная для выработки тепловой энергии в процессе ее сжигания.

*Топливно-энергетические ресурсы*(ТЭР) – совокупность природных и произведенных энергоносителей, запасенная энергия которых доступна для использования в хозяйственной деятельности человека. Виды топливно-энергетических ресурсов приведены в таблице 1.1.

*Энергетический эквивалент*(топливно-энергетический эквивалент) - показатель, характеризующий народнохозяйственный уровень прямых [общих затрат](https://pandia.ru/text/category/zatrati_obshie/) первичной энергии или работы на единицу потребляемого топливно-энергетического ресурса.

Таблица 1.1- **Виды топливно-энергетических ресурсов, как энерготоваров по ИСО13600**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  | | --- | | Б.1 Твердое топливо | | Энергетический уголь | Весь уголь, извлеченный из земли, за исключением металлургического угля для фильтров | | Энергетический торф | Торф, энергетически отличающийся от торфа, используемого для усовершенствованной почвы (грунта) или других целей | | Коммерческие дрова | Щепки дерева и тырса - подэлементы коммерческих дров, используемых как энергопродукт (энерготовар) | | Другая биомасса | «Энергетические» лес, солома, тростник, высушенный коровий навоз, кустарник, стручки семян, используемые в качестве топлива | | Топливные [брикеты](https://pandia.ru/text/category/briket/) и гранулы | Горючее вещество ископаемого или биологического происхождения в форме порошка, зерен (гранул) и мелкой щепы, уплотненных в блоки для механизации погрузочно-разгрузочных работ | | Древесный уголь | Твердый осадок [деструктивной](https://pandia.ru/text/category/destruktciya/) перегонки и пиролиза дерева, кроме древесного угля для фильтров | | Кокс | Твердое топливо, полученное из угля путем нагрева в отсутствие воздуха | | Б.2 Жидкое топливо |  | | Сырая нефть | Неизвлеченная нефть, не являющаяся энергопродуктом. Она становится энергопродуктом сразу, как только добывается (извлекается) | | Нефтепродукты:  -  моторный газолин  -  авиационный газолин  -  другой керосин  -  дизельное топливо  -  газойль для отопления  -  топливная нефть | Могут быть приведены в группах различных энергопродуктов. Любая из отдельных жидких смесей быстроиспаряющегося углеводородного бутана и пропана | | LPG (сжиженный нефтяной газ) | Пребывает в газообразном состоянии при атмосферном давлении и становится жидким при 15 °С и под низким давлением от 0,17 до 0,75 МПа | | Получистые продукты | Жидкие углеводороды, включаемые в список энергопродуктов независимо от того, используются ли они для производства топлив или как нефтехимическое исходное сырье. | | Моторные спирты | Этиловый спирт, метиловый спирт с добавками и смесями из составов и групп органических кислородосодержащих составов (эфиры и спирты) с легкими топливами | | NGL (газоконденсатные жидкости) | Жидкие части природного газа, которые восстановлены (регенерированы) в сепараторах, [шахтном оборудовании](https://pandia.ru/text/category/oborudovanie_dlya_shaht/) и газогенераторных установках | | Топлива, производимые из растительных и животных масс | Растительные и животные масла, извлеченные из различных растений и животных | | Б.3 Газообразное топливо |  | | Топливо из природного газа: |  | | - природный газ | Метан и газовые смеси | | - LNG (сжиженный природный газ) | Природный газ, сжижаемый при низкой температуре для последующего хранения и транспортирования | | Преобразование (конвертированное) газообразное топливо: |  | | - газ, извлеченный из угля | Получаемый из угля | | - топочный газ | Получаемый из металлургического угля | | - газифицированная биомасса (или биомасса в газообразном состоянии) |  | | - газ, получаемый при перегонке (нефтезаводской [п. неконденсирующийся]) |  | | - газ бытового назначения (коммунальный или городской) | Газ, производимый для общественного (коммунального) снабжения | | - биогаз (биомасса) | Составленный главным образом из смеси метана и диоксида углерода, произведенной анаэробным вывариванием биомассы; метан, отделяемый вне этой смеси, назван «биометаном». Газ из жидкого навоза, болотный газ, газ от мусора (свалок) и т. д. | | Б.4 Водород |  | |  | В газообразной или жидкой форме, получаемый из ископаемых или возобновляемых источников | | Б.5 Ядерное топливо |  | |  | Уран, торий и плутоний - расщепляющиеся и воспроизводящиеся материалы (элементы) | | Б.6 Сетевое электричество (или электричество энергосистемы) |  | |  | Энергопродукт, произведенный в силовых установках и распределенный по общественной или подобной сети | | Б.7 Коммерческое тепло, районное тепло |  | |  | Горячая жидкость или пар, используемые в коммерческих тепловых распределительных системах, полученные из других энергопродуктов, [возобновляемых ресурсов](https://pandia.ru/text/category/vozobnovlyaemie_resursi/), включая такие, как солнечная радиация и геотермальное тепло | |
|  |  |

Значения энергетических эквивалентов и энергосодержание для ТЭР и некоторых видов металлов, материалов, сооружений, транспортных средств, а также затрат живого труда для некоторых категорий работ приведены в таблице 1.2.

**Таблица 1.2 - Энергетические эквиваленты и энергосодержание топлива и материалов как энерготоваров по ИСО13600**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование объекта | Энергетический эквивалент | Энергосодержание ТЭР, Дж/кг |
| Топливно-энергетические ресурсы (МДж/кг) |  |  |
| Топливо: |  |  |
| - дизельное | 10,0 | 42,7 |
| - бензин авиационный | 10,5 | 44,4 |
| - бензин автомобильный | 10,5 | 43,9 |
| - керосин тракторный | 10,0 | 43,9 |
| - биогаз | - | 36,2 |
| Электроэнергия | 8,7 МДж/(кВт×ч) | - |
| Тепловая энергия | 0,0055 МДж/ккал | - |

1. **Энергетический анализ деятельности предприятий**
   1. **Общие положения энергетического анализа**

Процесс производства и его результат зависят от количества затраченного труда. Экономист еще в 19 веке впервые выдвинул идею энергетической оценки общественного производства: «труд есть такое потребление механической и психической работы, накопленной в организме, которое имеет результатом увеличение количества превратимой энергии на земной поверхности». Другим накопителем энергии являются «… растения - злейшие враги мирового рассеяния энергии».

Любая деятельность человека связана с непосредственной затратой энергии и с использованием средств, созданных с ее помощью. Человеческий труд расходует энергию.

Развитие умственных способностей и накопление информации человеческим мозгом связаны с большими энергозатратами. Интеллектуальный труд является процессом, где используются высококачественные формы энергии. Ум и знание концентрируют в себе энергию, затраченную на обучение и создание условий для него.

Чем совершеннее человек, тем сложнее его нравственная и умственная жизнь, тем больше труда он вынужден вкладывать в свою деятельность. Это предопределяет необходимость учета скрытой энергии, заключенной в результатах предшествующих этапов деятельности человека. Поэтому экономические отношения можно и целесообразно выражать не только в денежных мерах, но и в энергетических, в том числе и для умственного, сложного, высококвалифицированного и даже творческого труда.

Энергия, «удержанная на поверхности земли» посредством человеческого труда, может быть представлена как самое общее выражение его результатов. Результаты труда, выраженные в энергетических единицах, поддаются сопоставлению и сравнению, позволяют судить об относительной эффективности разных продуктов, технологий и способов ведения хозяйства, причем независимо от конъюнктуры и других привходящих обстоятельств. Для оценки энергии, вложенной человеком в результаты своей деятельности, используют понятия мощности (Вт) и ее единиц – (кВт, МВт), а также энергии (Дж, кг у. т., кВт\*ч) и ее производных – MДж и др., посредством которых суммируют все энергетические затраты в данном и во всех предшествующих переделах технологического процесса.

В 2000 г. были введены стандарты Российской Федерации, которые устанавливали основные виды показателей энергетической эффективности.

*Полная энергоемкость продукции***:** величина расхода энергии и (или) топлива на изготовление продукции, включая расход на добычу, транспортирование, переработку [полезных ископаемых](https://pandia.ru/text/category/poleznie_iskopaemie/) и производство сырья, материалов, деталей с учетом коэффициента использования сырья и материалов (отнесенные к единице произведенной продукции, затраченной энергии или других факторов или результатов производства).

*Энергоемкость производства продукции:* величина потребления энергии и (или) топлива на основные и вспомогательные технологические процессы изготовления продукции, [выполнение работ](https://pandia.ru/text/category/vipolnenie_rabot/), оказание услуг на базе заданной технологической системы (технологическая, производственная энергоемкость изготовления продукции, отнесенные к единице произведенной продукции, затраченной энергии или других факторов или результатов производства).

Практически при производстве любого вида продукции расходуются ТЭР, и для каждого из видов продукции существует соответствующая энергоемкость технологических процессов их производства. При этом энергоемкость технологических процессов производства одних и тех же видов изделий, выпускаемых различными предприятиями и в различных условиях, может быть различна.

Энергоемкость может интегрировать энергетические затраты по уровням управления производства или по конечной продукции.

*Интеграция по уровням управления:*

**-** технологическая энергоемкость изготовления продукции (изделия) – уровень отдельного производства (линии, поля, продукта), цеха (несколько продуктов), предприятия (множество продуктов и производств);

- энергоемкость регионального и [национального дохода](https://pandia.ru/text/category/natcionalmznij_dohod/), энергоемкость валового внутреннего продукта – уровень региона и страны.

*Интеграция по конечной продукции***-**полная энергоемкость изготовления продукции, включая расход ТЭР на добычу, транспортировку, переработку полезных ископаемых, производство сырья, материалов, деталей, комплектующих изделий с учетом коэффициента использования материалов.

Удельное значение показателей энергоемкости производства продукции, в том числе и сельскохозяйственной, характеризуется отношением абсолютного значения энергоемкости этой продукции к одному из показателей, отражающих основные эксплуатационные свойства продукта, например, на единицу урожая, единицу белка при производстве пшеницы или единицу сахаристости свеклы.

Повышение эффективности использования ТЭР заключается в экономии конечной энергии, зависящей от улучшения качества и надежности продукции, продуктивности производства, урожайности, совершенствования и создания [новых технологий](https://pandia.ru/text/category/novie_tehnologii/), изменения структуры производственных процессов, использование новых сортов и гибридов растений, более экономичных и эффективных удобрений и гербицидов, и смежных технологий и отраслей, снижение материалоемкости и потерь энергии, увеличения использования вторичных материальных, энергетических и других ресурсов.

В основе энергетического анализа производства находится расчет энергетических [затрат на производство](https://pandia.ru/text/category/zatrati_proizvodstvennie/) продукта на конкретном производстве в конкретных условиях. В соответствие с ГОСТ Р “Энергосбережение” методика определения энергоемкости продукции включает следующие составные элементы:

а) идентификация назначения - определение процессов, технологии и объектов энергетического анализа с целью обеспечения энергосбережения при обязательности по [охране окружающей среды](https://pandia.ru/text/category/yekologiya_i_ohrana_okruzhayushej_sredi/);

б) выбор методов анализа (аналитический, инструментальный, расчетный, экспертный, аудиторский);

в) определение перечня основных средств: номенклатуры технологического оборудования, состава машинно-тракторного парка, посевного материала, участков земельных угодий, подлежащих анализу, и средств измерений;

г) определение вспомогательных технических средств;

д) установление требований к квалификации кадров (обученность основам инструментального, организационно-технического и нормативно-методического обеспечения энергосбережения в процессе производственной, экологической, социальной и ресурсосберегающей деятельности;

е) установление последовательности и оценка весомости операций (процедур) выполнения работы по оценке и обеспечению технологической энергоемкости производимой продукции и оказываемых услуг;

ж) выбор конкретного алгоритма получения (в т. ч. вычисления) результатов оценки технологической энергоемкости;

и) определение порядка создания [базы данных](https://pandia.ru/text/category/bazi_dannih/), документирования (оформления) результатов оценки технологической энергоемкости производимой продукции и оказываемых услуг;

к) решение задач [метрологического](https://pandia.ru/text/category/metrologiya/) обеспечения (с учетом возможных, имеющих место потерь энергоресурсов в технологических процессах изготовления, хранения, транспортирования, потребления оцениваемой продукции и ее ликвидации после использования по назначению);

л) оценка экологической и социально-экономической эффективности энергопотребления и энергосбережения.

**2.2. Энергоемкость производства продукции**

**2.2.1. Технологическая энергоемкость**

Для расчета технологической энергоемкости производства продукта используют процедуры обобщенного алгоритма:

1) определяют структуру энергозатрат по каждому виду выпускаемой продукции и исполняемой услуги, учитывая, в частности:

- [прямые затраты](https://pandia.ru/text/category/zatrati_pryamie/) в основном производстве по видам топливно-энергетических ресурсов: бензин, дизельное топливо, масла, газ, электрическая энергия, вода, дрова, солома и другие виды топлив, применяемые на предприятии;

- косвенные энергозатраты, включая [вспомогательные производства](https://pandia.ru/text/category/vspomogatelmznoe_proizvodstvo/) (кормопроизводство, производство тепла, пара);

- долю энергозатрат каждого вида ресурса в общепроизводственных расходах;

- долю затрат каждого вида ресурса в общецеховых (ферма, поле) расходах;

- отчисления на амортизацию;

- отчисления на текущий ремонт и обслуживание оборудования;

- энергозатраты на транспортирование продукции, семян, удобрений, веществ, материалов, комплектующих изделий, составных частей при производстве продукции, оказании услуг;

- энергозатраты на создание нормальных условий работы в производственных помещениях и на открытом воздухе (освещение, отопление, обеспечение горячей водой, транспортом и другими услугами);

- природоохранные затраты;

2) замеры и/или выявление (на основе анализа документации) энергозатрат с последующим определением фактической технологической энергоёмкости для конкретного вида продукции и услуг в течение суток, помесячно, поквартально и в течение года, сравнивая и усредняя результаты с обоснованием и документированием их;

3) приводят энергозатраты разных ресурсов к единым энергетическим единицам в МДж или кг у. т.;

4) технологическую энергоемкость вычисляют для продукции (услуги) каждого вида, учитывая ресурсозатраты (на вещества, материалы, комплектующие), энергозатраты (в т. ч. на транспортирование и хранение продукции) и трудозатраты;

5) оценивают существенность влияния энергетической нагрузки технологической системы на окружающую объект среду и рассчитывают затраты на мероприятия по охране окружающей среды (экологические затраты).

Технологическую энергоемкость продукции, услуги *EПР* определяют в общем виде по формуле:

https://pandia.ru/text/79/169/images/image002_6.png*,*  (2.1)

**где: *EД* - энергозатраты на доставку ресурсов; *EТ -*энергозатраты на технологический процесс; *EП*- энергозатраты на обслуживающий персонал; *EЭ –* энергозатраты на экологические мероприятия; C*ПР*- величина фактора, к которому приводятся энергозатраты (общая стоимость выпущенной продукции (услуг), масса произведенной продукции, обработанная площадь и т. д.).**

Технологическая энергоемкость продукции и услуги может иметь различные размерности:

- энергозатраты (ГДж, МДж, кДж)/натуральные единицы (н. е.) по видам продукции, услуг, в частности: МДж/(кВт\*ч) и/или МДж/ккал (для ТЭР), МДж/кг, МДж/т, МДж/1000 единиц, (МДж/м2, МДж/м3, МДж/тыс. руб. (для продукции, услуг).

Для учета потребления всех видов ресурсов необходимо проводить их [перерасчет](https://pandia.ru/text/category/pereraschet/) в единицах условного топлива. Под условным топливом понимают топливо с теплотой сгорания 29300 кДж/кг. Перерасчет натурального топлива на условное проводят по формуле

https://pandia.ru/text/79/169/images/image004_3.png  (2.2)

**где: *Bу*– количество условного топлива, кг; *Bн* – количество натурального топлива, кг; *Qн* – средняя теплота сгорания натурального топлива, кДж/кг.**

Пересчет электрической, [тепловой энергии](https://pandia.ru/text/category/teployenergetika/) и топлива на условное топливо должен производиться по их энергетическим характеристикам на основании следующих соотношений:

1 кг у. т. = 29,30 МДж = 7000 ккал;

1 кВт\*ч = 3,6 МДж = 0,12 кг у. т

1 кг дизельного топлива = 1,45 кг у. т.; .; (2.3)

1 кг автомобильного бензина = 1,52 кг у. т.;

1 ккал = 427 кг\*м = 4,19 кДж = 1,163 Вт\*ч;

1 л. С.\*ч = 2,65 МДж;

1 МДж = 0,278 кВт\*ч.

Для определения технологической энергоемкости продукции и услуг используют аналитические выражения:

1. полную энергоемкость продукции или услуг https://pandia.ru/text/79/169/images/image005_2.png в мегаджоулях на натуральные единицы (МДж/н. е.) измерения (шт., тыс. руб., часов и др.) определяют по формуле:

https://pandia.ru/text/79/169/images/image006_3.png  (2.4)

**где *Ee*- полная энергоемкость ресурсов, необходимых для производства продукции; *Eм* - полная энергоемкость исходных сырья, веществ, материалов, комплектующих изделий; *Eф* - полная энергоемкость основных производст-венных фондов, амортизированных при производстве продукции; *Eр* - полная энергоемкость воспроизводства рабочей силы; *Eо* -полная энергоемкость мер по охране окружающей среды.**

1. полную энергоемкость ресурсов, необходимых для производства продукции *Ee* определяют по формуле

https://pandia.ru/text/79/169/images/image007_2.png  (2.5)

**где *EП* – полная энергоемкость ТЭР, расходуемых непосредственно при производстве продукции, исполнении услуг; *EУ* – полная энергоемкость ТЭР, расходуемых при транспортировании исходных сырья, веществ, материалов, комплектующих изделий; *EГ* – снижение полной энергоемкости продукции и услуг за счет использования образованных при производстве продукции и исполнении услуг горючих отходов, сбросов и выбросов; *EИ*– приращение полной энергоемкости, обусловленное импортом ТЭР**.

1. полная энергоемкость исходных сырья, веществ, материалов, комплек-тующих изделий, необходимых для производства продукции *EМ* определяется по формуле

https://pandia.ru/text/79/169/images/image008_1.png  (2.6)

**где *EМО* – полная энергоемкость исходных сырья, веществ, материалов, комплектующих изделий, необходимых для производства одного изделия или исполнения одной услуги; *EМИ* – полная энергоемкость импортируемых исход-ных сырья, веществ, материалов, комплектующих изделий, необходимых для производства единицы продукции или исполнения одной услуги; *EИ* – снижение полной энергоемкости продукции и услуг за счет использования образованных горючих отходов, сбросов и выбросов.**

1. полная энергоемкость основных [производственных фондов](https://pandia.ru/text/category/proizvodstvennie_fondi/), амортизи-рованных при производстве продукции *Eф* определяется по формуле

https://pandia.ru/text/79/169/images/image009_1.png, (2.7)

**где i - индекс вида основных производственных фондов; *aфi* - объем i-го вида ОПФ, амортизированных при производстве продукции, оказании услуг (в размерности н. е. основных производственных фондов /н. е. ); *Eфi* - полная энергоемкость основных производственных фондов i-го вида (МДж/н. е.).**

1. полная энергоемкость воспроизводства рабочей силы при производстве продукции *EР*определяется по формуле

https://pandia.ru/text/79/169/images/image010_1.png , (2.8)

**где *aЗ* - удельные трудозатраты на производство продукции или оказание услуги, с учетом**[**оплаты труда**](https://pandia.ru/text/category/oplata_truda/)**в отрасли, чел\*ч/н. е. для продукции или услуги; *EЗ*- полная энергоемкость трудозатрат, МДж/н. е. для продукции или услуги.**

1. полная энергоемкость мер по охране окружающей среды при производстве продукции *EО*определяется по формуле

https://pandia.ru/text/79/169/images/image011_1.png, (2.9)

**где *aоi* - коэффициент образования невозвратных (в данное производство) или удаляемых опасных отходов i-го вида, т/н. е. для продукции или услуги;**

***Eоi* - полная энергоемкость устранения последствий отрицательного воздействия на окружающую среду 1 т невозвратных (в данное производство) или удаляемых опасных отходов i-го вида, МДж/т.**

**2.2.2. Оценка затрат человеческого труда**

Полную энергоемкость продукции *EП*можно предоставить как

https://pandia.ru/text/79/169/images/image012_0.png , (2.10)

**где *EПР* – полная технологическая энергоемкость производства и испол-нении услуг; *EР* – полная энергоемкость воспроизводства рабочей силы при производстве и исполнении услуг; *EЭ* – полная энергоемкость мер по охране окружающей среды при производстве продукции и исполнении услуг.**

Определение *EР* и *EЭ* связано с необходимостью поиска энергетических эквивалентов затратам живого труда и экологическими последствиями производственной или иной деятельности. Как уже отмечалось выше в разделе 2.1, гипотезу возможности оценки человеческого труда в энергетических еди-ницах высказал впервые . Для полноценного анализа человеческого труда с помощью энергетических единиц его необходимо выразить в энергетических эквивалентах для отдельных групп профессий и деятельности.

В основе оценки человеческого труда в любой его форме (физической, умственной или информационной), должна лежать величина затрат на удов-летворение биологических, материальных и духовных потребностей человека. Эти потребности и возможности их удовлетворения изменяются в зависимости от уровня развития общества, производительных сил, видов собственности в нем и социальных отношений. Поэтому при обобщенной [оценке стоимости](https://pandia.ru/text/category/otcenka_stoimosti/) человеческого труда необходимо учитывать величину валового продукта по стране (ВВП) и долю в нем личного потребления населением.

В стоимостной форме ВВП представляет общественные затраты на пред-меты личного потребления и средства производства для расширенного воспро-изводства и рассчитывается как сумма чистой продукции во всех отраслях материального производства, или как сумма оплаты труда и прибыли:

https://pandia.ru/text/79/169/images/image013_0.png  (2.11)

**где https://pandia.ru/text/79/169/images/image014_0.png — соответственно средняя удельная оплата труда, количест-во труда и прибыль по отдельным отраслям материального производства.**

Если трактовать ВВП как стоимость вновь затраченных труда и энергии в сфере материального производства, то через него можно установить энергети-ческий эквивалент человеческого труда:

https://pandia.ru/text/79/169/images/image015_0.png  (2.12)

**где: *e*-удельная энерговооруженность человеческого труда, МДж/ чел\*час; *K=(cTT+OФП)/ cTT*- коэффициент; *d=(cTT+OФП)/ (n1cTT+n2cЭ*Э*)*- доля ВВП, идущая на потребление; *n1*, *n2*-доля человеческого труда и энергии в сфере материального производства; *cT* , *cЭ -*средние по стране стоимости челове-чес-кого труда и энергии; *T*https://pandia.ru/text/79/169/images/image016_0.png— годовые количества затраченных труда и энергии; https://pandia.ru/text/79/169/images/image017_0.png- величина различных фондов потребления.**

Энергетический эквивалент человеческого труда – это стоимость одного чел\*часа в энергетических единицах и зависит от доли личного потребления населения относительно ВВП, удельной энерговооруженности человеческого труда и соотношения между реальными объемами оплаты труда и энергети-ческих ресурсов, использующимися в отраслях материального производства.

Получить численные значения энергетического эквивалента человеческо-го труда в настоящее время из-за ограниченного количества статистических данных невозможно. Поэтому используют упрощенные формы. В [нормативных материалах](https://pandia.ru/text/category/normativnie_materiali/) по затратам «живого труда» предлагаются следующая формула для расчета затрат живого труда:

https://pandia.ru/text/79/169/images/image018_0.png  (2.13)

**где *aЗ* - удельные трудозатраты на производство продукции или оказание услуг, с учетом оплаты труда в отрасли, чел\*ч/н. е.; ЭЗ - полная энергоемкость трудозатрат, МДж/н. е.**

Трактористы-машинисты, водители автомобилей, вспомогательные рабочие, административные служащие и другой обслуживающий персонал, участвующий в производственном процессе производства сельскохозяйственной продукции, расходует энергию, которую необходимо учитывать в соответст-вии с нормами Всемирной аграрной организации (ФАО), таблица 2.1. Эти нормы предусматривают градацию труда на 5 категорий: Очень легкая, Легкая, Средняя, Тяжелая и Очень тяжелая. Конечно, это деление на категории очень условно - учитывается только физический труд, а умственный - нет, при этом сельскохозяйственный труд становится все более интеллектуальным. Полные энергетические затраты с учетом подготовки кадров по некоторым сельскохозяйственным профессиям приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.1. **Энергетические эквиваленты затрат живого труда по ФАО**

|  |  |
| --- | --- |
| **Категория работ** | **Энергетический эквивалент, МДж/чел·ч** |
| Очень легкая | 0,60 |
| Легкая | 0,90 |
| Средняя | 1,26 |
| Тяжелая | 1,86 |
| Очень тяжелая | 2,50 |

Таблица 2.2. **Полные энергетические затраты по некоторым сельскохозяйственным профессиям**

|  |
| --- |
| **Трудовые ресурсы, МДж/чел\*ч** |
| Трактористы-машинисты | 60,8 |
| Водители | 60,3 |
| Полевые рабочие и др. (ручной труд) | 33,3 |
| Живой труд в среднем по всем категориям работников | 44,3 |

Оценивать труд каждого конкретного работника в энергетических единицах вряд ли возможно и необходимо. Методики определения энергоемкости человеческого труда в настоящее время не совершенны. Их отсутствие ограничивает возможности применения полноценного энергетического анализа.

**2.2.3. Показатели эффективности использования энергетических ресурсов**

Для оценки эффективности использования энегетических ресурсов применяют несколько показателей, в состав которых входят величины энергопотребления на входе процесса (предприятия) и полученная (преобразованная) величина энергии на выходе процесса (предприятия).

*Показатель энергетической эффективности -* абсолютная, удельная или [относительная величина](https://pandia.ru/text/category/otnositelmznaya_velichina/) потребления или потерь энергетических ресурсов для продукции любого назначения или технологического процесса.

*Коэффициент полезного использования энергии*- отношение всей полезно используемой в хозяйстве (на установленном участке, энергоустановке и т. п.) энергии к суммарному количеству израсходованной энергии в пересчете ее на первичную.

*Коэффициент полезного действия***-**величина, характеризующая совершенство процессов превращения, преобразования или передачи энергии, являющаяся отношением полезной энергии к подведенной.

*Показатель экономичности энергопотребления изделия***-** количественная характеристика эксплуатационных свойств изделия, отражающих его техническое совершенство, определяемое совершенством конструкции и качеством изготовления, уровнем или степенью потребления им энергии и (или) топлива при использовании этого изделия по прямому функциональному назначению. Показатели экономичности энергопотребления индивидуальны для различных видов изделий. Они характеризуют совершенство конструкции данного вида изделия и качество его изготовления. В качестве показателей экономичности энергопотребления, как правило, выбирают удельные показатели.

* 1. **Энергетический баланс предприятия**

*Энергетический баланс* (топливно-энергетический баланс)– система пока-зателей, отражающая полное количественное соответствие между приходом и расходом (включая потери и остаток) энергии в хозяйстве в целом или на отдельных его участках (отрасль производства, предприятие, по территории предприятия, цех, процесс, установка, ферма, поле и т. Д.) за выбранный интер-вал времени. Энергобаланс является отражением закона сохранения энергии в условиях конкретного производства. Термин выражает полное количественное соответствие (равенство) за определенный интервал времени между расходом и приходом энергии и топлива всех видов в энергетическом хозяйстве, включая (где это необходимо) изменение запасов ТЭР. Топливно-энергетический баланс является *статической* характеристикой *динамической* системы энергетическо-го хозяйства за определенный интервал времени. Оптимальная структура энергетического баланса является результатом оптимизационного развития энергетического хозяйства.

Энергетический баланс может составляться:

- по видам энергоресурсов (ресурсные балансы);

- по виду выпускаемого продукта (зерно, мясо, молоко и т. Д.);

- по уровню использования (с выделением полезной энергии и потерь);

- по единому или сводному топливно-энергетическому балансу всех видов энергии и ТЭР и в целом по предприятию;

- по отдельным предприятиям, цехам, участкам, полям, фермам, энергоустановкам, агрегатам;

- по назначению (силовые процессы в поле, на ферме, тепловые, электро-химические, освещение, кондиционирование, средства связи и управления);

- в территориальном разрезе и по отраслям народного хозяйства;

- по стадиям энергетического потока ТЭР (добыча, переработка, преобразование, транспортировка, хранение, использование).

При составлении топливно-энергетического баланса различные виды ТЭР приводят к одному количественному измерению, например к МДж или т у. т. Процедура приведения к единообразию может производиться:

- по физическому эквиваленту энергии, заключенной в ТЭР, т. Е. в соответствии с первым законом термодинамики;

- по относительной работоспособности (эксергии), т. Е. в соответствии со вторым законом термодинамики;

- по количеству полезной энергии, которая может быть получена из указанных ТЭР в теоретическом плане для заданных условий.

При составлении баланса рассматриваются все виды потребляемой энергии: бензин, дизельное топливо, дрова, электроэнергия, газ, мазут, пар и т. П. Далее производится количественное измерение потребления энергии на все цели, в том числе и потери энергии. Баланс составляется на основании фактического потребления энергии. Для получения данных используются самые различные приборы: счетчики электроэнергии, жидкого топлива, газа, пара, воды, отопления и т. П.

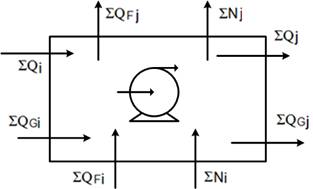
Энергетический баланс состоит из приходной и расходной частей.

Приходная часть энергетического баланса содержит количественный перечень энергии, поступающей посредством различных энергоносителей (жидкое топливо, биотопливо, газ, пар, вода, воздух, электрическая энергия).

Расходная часть энергетического баланса определяет расход энергии всех видов во всевозможных ее проявлениях, потери при преобразовании энергии одного вида в другой при ее транспортировке, и накапливаемую в специальных устройствах, например, солнечных [коллекторах](https://pandia.ru/text/category/koll/).

Приходная и расходная часть энергобаланса должны быть равны. Энерге-тический баланс показывает соответствие суммарной подведенной энергии и суммарной полезно используемой энергии c ее потерями. При составлении энергобаланса предприятия удобно воспользоваться следующей обобщенной моделью, приведенной на рисунке 2.1.

На рисунке 2.1: Qi и Qj потоки теплоты, поступающие и удаляемые из объекта с потоками веществ *Gi* и *Gj*, например, с паром и конденсатом, топли-вом и уходящими газами и т. П.; *Qgi* и *QGj* – потоки теплоты, подведенные к объекту и отведенные от него теплоно­сителями, циркулирующими по замкну-тым контурам, например сетевой или оборотной водой; *Qfi* и *QFj* – потоки теплоты, подведенные и отведенные через ог­раждения (стены, окна, полы, перекрытия зданий и др.); *Ni* и *Nj* – подведенная и отведенная электриче­ская или механическая энергия (через источники освещения или электрические двигатели).

**Рисунок 2.1- Обобщенная схема энергетических потоков объекта**

Вход и выход каждого вида энергии не равны, поскольку в производстве имеют место многочисленные слияния и разделения потоков веществ, химические превращения, преобразования одних видов энергии в другие. Более того, количество различных видов потоков теплоты и энергии, подве­денных к объекту и отведенных от него, как правило, также не совпадает. В соответствии с принятой схемой уравнение энергобаланса объекта может быть представлено в виде:

https://pandia.ru/text/79/169/images/image020.png  (2.15)

Правая часть уравнения включает как полезно используемые в дальнейшем потоки теплоты, так и рассеиваемые в окружающую среду, к которым относятся потоки теплоты через ограждения зданий, наружные поверхности оборудования и трубопроводов, расположен­ных на улице. Кроме того, большая часть электрической и механической энергии, используемой в производстве, затрачивается на электротермические процессы, преодоление сил трения и превращается в теплоту, рассеиваемую в окружающую среду. Потери теплоты в окружающую среду имеют место при выбросе в атмосферу уходящих газов из печей, удалении вытяжного [вентиляционного](https://pandia.ru/text/category/ventilyatciya/) воздуха из помещений, через наружные поверхности трубопроводов и оборудования, находящихся вне помещений, при охлаждении оборотной воды в градирнях, сбросе сточных вод и конденсата в канализацию, хранении продукции и полуфабрикатов на открытых площад­ках вследствие теплопотерь через ограждения помещений. Тепловые потери от наружных поверхностей трубопроводов и оборудования, тепловыделения от персонала, продукции и полуфабрикатов внутри помещений учитываются при расчете тепловых потерь через ограждения зданий.

На предприятии имеются системы или установки с постоянно-периодическим режимом работы. Часть [рабочего времени](https://pandia.ru/text/category/vremya_rabochee/) они эксплуатируются при неполной загрузке, на холостом ходу. Поэтому для предприятия, так же как для аппарата или установки, работающих в периодическом или переменном режимах, энергобаланс составляют не для произвольного момента, а для интервала времени, в течение которого производственный цикл полностью заканчивается. В качестве такого интервала могут быть выбраны технологический цикл, рабочая смена, сутки, месяц, квартал, отопительный или летний сезоны, [календарный год](https://pandia.ru/text/category/kalendarnij_god/).

Схема (см. рисунок 2.1) позволяет рассмотреть основные подходы к составлению энергетических балансов предприятия.

Приходная часть энергобаланса *ΣQ*прих может включать: получение топлива *Q*пт https://pandia.ru/text/79/169/images/image021.pngэлектрической *Q*ээ и тепловой *Q*тэ энергии) со стороны и энергию, выработанную установками, утилизирующими энергию вторичных энергоресурсов, *Q*вэр*.*

Топливо, потребляемое предприятием, может иметь две составляющие: *Q*тт топливо, используемое на технологию, и *Q*мп - топливо, используемое на производство тепловой и электрической энергии, потребляемой предприятием. Тогда на энергообеспечение предприятия потре­буется:

https://pandia.ru/text/79/169/images/image022.png . (2.16)

На всех этапах движения энергии (получение, производство, преобразование, распределение) существуют нерациональные расходы (потери) энергии *ΣQ*пот.

С учетом затрат энергии на собственные нужды в собственном источнике энергии и потерь энергии потребление энергии составит:

https://pandia.ru/text/79/169/images/image023.png , (2.17)

**где: *Q*'ээ, *Q*'тэ – тепловая и электрическая энергия, выработанные собствен-ным источником, *Q*сн – затраты энергии на собственные нужды источника.**

Баланс использованной на предприятии энергии может быть записан с учетом направлений ее использования:

https://pandia.ru/text/79/169/images/image024.png  (2.18)

**где: *Q*тех, *Q*от, *Q*гсв - суммарные затраты энергии на технологию, отопление, вентиляцию, кондици­онирование, горячее**[**водоснабжение**](https://pandia.ru/text/category/vodosnabzhenie_i_kanalizatciya/)**, *Q*ст*-* отпуск энергии на сторону, *Q*пр - прочие затраты энергии.**

Очевидно, что указанные выше составляющие энергобаланса для предприятия составляют суммы затрат энергии по цехам (производствам, участкам, полям, фермам и т. д.) и учитывают как полезно использованную (условно полезную) энергии, так и потери энергии (нормативные и сверхнормативные).

В качестве дополнительного источника энергии для предприятия могут служить вторичные энергоресурсы (ВЭР) Qвэр, которые могут образовываться из всех составляющих использования энергии. Они могут использоваться для удовлетворения потребности в энергии непосредственно, без изменения вида энергоносителя либо с изменением энергоносителя путем выработки теплоэнергии (пар, горячая вода), искусственного холода или электроэнергии. Использование ВЭР, как правило, дает возможность экономить и другие виды ресурсов (сырья, воды, электроэнергии, [вспомогательных материалов](https://pandia.ru/text/category/vspomogatelmznie_materiali/)).

**2.4. Особенности определения энергоемкости продукции**[**сельского хозяйства**](https://pandia.ru/text/category/selmzskoe_hozyajstvo/)

Производство сельскохозяйственной продукции всегда основано на агро-технологии, включающей ряд операций и процессов, в результате которых в из материалов (семян, саженцев, кормов и т. п.) путем использования природных (почвенное плодородие, солнечная энергия, водные осадки), антропогенных и техногенных ресурсов получается [конечный продукт](https://pandia.ru/text/category/konechnij_produkt/).

Каждая отрасль сельского хозяйства имеет свои особенности и специфику определения энергозатрат. Рассмотрим эти особенности в растениеводстве и животноводстве.

Первой особенностью определения энергоемкости **в растениеводстве** яв-ляется тот факт, что на производство сельскохозяйственной продукции используются природные ресурсы: солнечная энергия для фотосинтеза, атмосферное тепло и осадки, почвенная влага и множество других, определяющих такое понятие как почвенное плодородие. Они отличаются не только в рамках почвенно-климатических зон, микрозон, но и колеблются в широком диапазоне в различные годы. Учет этих факторов достаточно сложен и требует создания широкой сети [гидрометеорологической](https://pandia.ru/text/category/gidrometeorologiya/) службы и почвенного аудита.

Начало процесса производства продукции растениеводства во времени начинается после уборки урожая предыдущей культуры, а заканчивается ее уборкой и доставкой или к месту хранения или на предприятие переработки. Продукция формируется только в конце этого цикла, поэтому механический перенос методики расчета энергоемкости из промышленности в сельскохо-зяйственное производство, заключающаяся в переводе на часовую (месячную и т. п.) производительность системы производства по выходу продукции лишена логического смысла. Какая производительность по выпуску зерна может быть с сентября по июль месяц?

Второй особенностью энергетической оценки производства продукции растениеводства является необходимость определения и учета всех ресурсов (кроме природно-климатических), которые были вложены или использованы во время всего технологического цикла, каким бы длительным он не был. Длительность цикла производства может длиться несколько лет, например при выращивании семян овощных культур.

Третьей особенностью энергопотребления в растениеводстве является необходимость учета последействии удобрений, действие которых проявля-ется в течении 3…5 лет. Если затраты энергии, заложенной во внесенных удобрениях, отнести на урожай первого года, то энергоемкость этого урожая будет высока, поэтому энергосодержание внесенных удобрений необходимо распределить пропорционально их эффекту в годы последействия.

Следует также иметь в виду (четвертая особенность), что масса (урожай-ность) и качество продукта сильно зависят не только от условий выращивания (солнечная энергия, минеральное питание, [влажность](https://pandia.ru/text/category/vlazhnostmz/) и т. п.), но и от времени и условий уборки, транспортировки и хранения.

Пятой особенность является расчет энергоемкости на единицу массы продукции и (или) на единицу площади поля (сада, защищенного грунта).

**Животноводство** также имеет ряд специфических особенностей. Производственный цикл связан с физиологией животных – со сроками воспроизводства или возраста сдачи животных на откорм в другое хозяйство или на мясо перерабатывающим предприятиям. Однако это вызывает ряд неудобств из-за различных физиологическо-технологических циклов животных.

В разные сезоны и месяцы года продуктивность животных меняется. Бухгалтерская и статистическая отчетность сельскохозяйственных предприятий по расходованию ресурсов и полученной продукции основана на учете в конце текущего года. Энергоресурсы определяется производством продукции за календарный год. Единицей измерения продукции может быть кг, литр, штук (яйцо), голов (при воспроизводстве стада) и т. д. Однако при производстве нескольких видов продукции [единица измерения](https://pandia.ru/text/category/edinitca_izmereniya/) не определена. Для ликвидации этой неопределенности необходимо вводить единый показатель энергопотребления и энергосодержания.

При ремонте тракторов, автомашин и другой [сельскохозяйственной техники](https://pandia.ru/text/category/selmzskohozyajstvennoe_oborudovanie/) за год необходимо вводить условную единицу ремонта.

При производстве зерновых получается зерно и солома. При определении энергоемкости зерна или исключаются затраты на процессы сбора, транспор-тирования и скирдования соломы, или приводят массу соломы к массе зерна путем добавления энергосодержания соломы к энергосодержанию зерна.

Для производства сельскохозяйственной продукции используется широкая номенклатура материалов. Для каждой технологии и видам продукции возникает необходимость перевода разных по размерности и природе ресурсов, используемых на входе технологического процесса, в энергию. В растениеводстве – это семена, минеральные и органические удобрения, гербициды, средства для защиты растений, поливная вода и др. В животноводстве – корма различного происхождения, ремонтный молодняк, необходимый для воспроизводства стада, подстилочный материал и др. При ремонте тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин – запасные части, материалы для восстановления, металлопрокат и другие, энергетические эквиваленты которых устанавливаются на единицу материала, чаще всего, веса используемого материала. Перечень материалов в сельском хозяйстве достаточно большой и для многих из них пока нет установившегося энергетического эквивалента.

Особенности подсчета энергоемкости в животноводстве заключаются в том, что для кормов энергетические эквиваленты зависят от их происхождения. Корма собственного производства могут быть с меньшими энергозатратами, чем покупные. Коэффициенты перевода на покупные детали при ремонте сельскохозяйственной техники устанавливаются на 1кг веса детали. В зависи-мости от группы сложности эти коэффициенты или увеличиваются (для деталей высокой точности) или уменьшаются для более простых деталей.

*Элементы энергоемкости технологического процесса производства*

Затраты энергии на производство продукции условно можно разделить на природные, прямые и косвенные:

https://pandia.ru/text/79/169/images/image025.png  (2.19)

**где *E* – энергетические**[**затраты на производство**](https://pandia.ru/text/category/zatrati_proizvodstvennie/)**продукции, МДж; *Eэ* – природные затраты энергии, МДж; *E*п – прямые энергетические затраты, МДж; *Eо* - косвенные энергетические затраты, МДж.**

*Природные затраты*- это затраты солнечной энергии, понимаемые как эксергия, т. е. полезно затраченная на производство солнечная энергия.

*Прямые затраты энергии*- энергия, затраченная на производство продукции непосредственно в данной технологии или предприятии:

https://pandia.ru/text/79/169/images/image026.png (2.20)

**где Hт , Hэ, Hк - расход топлива (кг), электроэнергии и тепла, МДж; https://pandia.ru/text/79/169/images/image027.png – энергосодержание топлива, МДж/кг; . αо, αэ, αк - энергетические эквиваленты автотракторного топлива и смазочных масел - МДж/ кг, котельно-печного топлива - МДж/ кг, электроэнергии - МДж/ кВт\*ч,**[**тепловой энергии**](https://pandia.ru/text/category/teployenergetika/)**- МДж/ Мкал и т. д**

*Овеществленные или косвенные* затраты энергии – это энергия, потраченная на изготовление энергоносителей, минеральных удобрений, гербицидов, ядохимикатов и других материалов и веществ, используемые в технологиях возделывания, уборки, послеуборочной обработки и хранения продукции. Перенос овеществленной энергии на конечный продукт осуществляют исходя из нормы использования (внесения) и срока действия вещества:

https://pandia.ru/text/79/169/images/image028.png  (2.21)

**где αо – энергетический эквивалент материала или вещества, МДж/кг; Hо https://pandia.ru/text/79/169/images/image029.png- норма внесения вещества на единицу площади, кг/га; Hо – срок действия вещества (последействия), лет.**

Значения энергетических эквивалентов αо для ТЭР и некоторых видов приведены в Таблице 2.3.

Электрическая и тепловая энергии непосредственно используются на стационарных пунктах, например при сушке зерна, поэтому они определяются расходом на единицу продукции через урожайность. Расход электрической энергии

https://pandia.ru/text/79/169/images/image030.png*,* (2.21а)

и тепловой

https://pandia.ru/text/79/169/images/image031.png*,* (2.21б)

**где αэ, αк - затраты электрической и тепловой энергии, МДж/т ; *H*у-урожайность продукта, т/га.**

*Показатели эффективности энергетических затрат в сельскохозяйственном производстве*

Эффективность энергетических затрат на производство сельскохозяйственной продукции можно оценивать с помощью различных критериев, каждый из которых показывает уровень использования энергии того или иного энерго-носителя или совершенство технологического процесса. Одним из критериев энергетической оценки технологий производства сельскохозяйственной продукции может служить показатель энергетической эффективности, учитывающий прямые и [косвенные затраты](https://pandia.ru/text/category/zatrati_kosvennie/) энергии, а также энергию, содержащуюся в конечном продукте.

Таблица 2.3. **Энергетические эквиваленты оборудования и материалов как энерготоваров по ИСО13600**

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование объекта | Энергетический эквивалент, МДж/кг |
| Тракторы, самолеты, [вертолеты](https://pandia.ru/text/category/vertolet/) | 120 |
| Сельскохозяйственные машины, сцепки | 104 |
| Продукция машиностроения | 144 |
| Кирпич | 8,5 |
| Сталь (прокат) | 45,5 |
| Алюминий (из глинозема) | 343 |
| Медь | 83,7 |
| Цемент | 7,0 |
| Известковые материалы | 3,8 |
| Бетонные конструкции | 8,3 |
| Здания и сооружения (жилые) | 4810 |
| Производственные здания | 5025 |
| Административные и культурно-бытовые здания | 5662 |
| Подсобные помещения | 4180 |
| Ограждения | 383 |

*Энергетическая эффективность* https://pandia.ru/text/79/169/images/image032.png – это отношение энергии, содержащейся в конечном сельскохозяйственном продукте, к энергии, затраченной на его производство:

https://pandia.ru/text/79/169/images/image033.png , (2.22)

**где *E*п- энергия, содержащаяся в конечном сельскохозяйственном про-дукте, МДж; *E*- энергия, затраченная на производство этого продукта, МДж.**

В зависимости от отрасли производства и сельскохозяйственной культу-ры применяют различные модификации этого показателя, которые будут рассмотрены в последующих главах. Иногда этот показатель обозначают как коэффициент энергетической эффективности.

*Энерготехнологическая производительность*https://pandia.ru/text/79/169/images/image034.png – это отношение

количества конечного сельскохозяйственного продукта (масса, объем, пло-щадь, энергия и т. П.), к энергии, затраченной на его производство – величина, обратная энергоемкости производства этого продукта (3.1):

https://pandia.ru/text/79/169/images/image035.png , (2.23)

Энергетическая эффективность технологического процесса, связанного с производством продукции растениеводства, зависит от урожайности последней:

https://pandia.ru/text/79/169/images/image036.png , (2.24)

**где αп – энергетический эквивалент продукции, МДж/т; *Z*п – урожайность продукции, т/га.**

Понятие энергетической эффективности технологий применимо: к энерго-носителям (уголь, нефть, газ, биодизель и т. Д.); к продуктам питания, оценива-емых пищевыми калориями (зерновые, зернобобовые, подсолнечник, кукуруза, картофель, овощи, фрукты, ягоды и т. П.); к кормам для животных с учетом их конверсии в продукты животноводства (мясо, молоко, яйца и др.).

Технологическая энергоемкость https://pandia.ru/text/79/169/images/image037.png на единицу площади определяется суммой разных составляющих:

https://pandia.ru/text/79/169/images/image038.png  (2.25)

**где *E*п –**[**прямые затраты**](https://pandia.ru/text/category/zatrati_pryamie/)**энергии, полученные от сжигания топлива, МДж/га; *E*о https://pandia.ru/text/79/169/images/image029.png- затраты энергии на производство удобрений, ядохимикатов, семян, саженцев, гербицидов, МДж/га; *E*ж – энергетические затраты живого труда, МДж/чел.; *E*м, *E*с, *E*т – затраты энергии на производство машин, сцепок и энергетических средств в единицу сменного времени, МДж/ч.;https://pandia.ru/text/79/169/images/image029.png** ***W*э – эксплуатационная производительность агрегата, га/ч.**

Энергетический анализ нового технологического процесса целесообразно проводить в сравнении с базовым (эталонный) процессом, лучшим по энергоемкости.

Для сравнения нового и базового энергетических процессов вычисляют коэффициент энергоемкости *K*э, представляющий собой отношение энергоем-кости нового процесса *E*н к энергоемкости базового процесса *E*б:

https://pandia.ru/text/79/169/images/image039.png  (2.26)

по величине которого и судят об энергетическом совершенстве нового процесса. При *K*э> 1 энергоемкость нового процесса выше базового и есть потенциальная возможность ее снизить, при *K*э=0 - он соответствует базовому. В том случае, если *K*э> > 1, следует выбрать другой, более совершенный базовый процесс. Если *K*э< 1 то новый процесс имеет лучшие показатели энергоемкости, чем базовый.

Далее необходимо проанализировать энергоемкости по отдельным составляющим:

- прямым энергозатратам

https://pandia.ru/text/79/169/images/image041.png  (2.27а)

- овеществленным энергозатратам

https://pandia.ru/text/79/169/images/image042.png  (2.27б)

- энергоемкости средств механизации и транспортных средств

https://pandia.ru/text/79/169/images/image043.png  (2.27в)

- живого труда

https://pandia.ru/text/79/169/images/image044.png  (2.27г)

**где индекс ‘н’ указывает на соответствующие затраты новой технологии, ‘б’- базовой технологии.**

Та составляющая энергоемкости, которая имеет наибольший коэффициент, требует большего к себе внимания, на ее уменьшение следует направить основные усилия.

*По современным представлениям технология производства продукции имеет право существовать, если энергоемкость единицы продукции снижается*.

**3. Энергосбережение при производстве и распределении тепла**

**3.1. Регулирование работы системы**[**теплоснабжения**](https://pandia.ru/text/category/teplosnabzhenie/)

Котельная установка (котельная) – сооружение, в котором осуществляется нагрев теплоносителя (воды) для системы отопления или пароснабжения. Котельная потребляет для своей работы топливо, электрическую энергию и воду. Котельные соединяются с потребителями при помощи теплотрассы.

Котельная установка представляет собой совокупность котлов и оборудования для подачи и сжигания топлива; очистки, химической подготовки и деаэрации воды; теплообменные аппараты различного назначения; насосы исходной (сырой) воды, сетевые или циркуляционные – для циркуляции воды в системе теплоснабжения, подпиточные – для возмещения воды, расходуемой у потребителя и утечек в сетях, питательные для подачи воды в паровые котлы, рециркуляционные (подмешивающие); баки питательные, конденсационные, баки-аккумуляторы горячей воды; дутьевые [вентиляторы](https://pandia.ru/text/category/ventilyator/); дымососы, газовый тракт и дымовую трубу; устройства вентиляции; системы автоматического регулирования и безопасности сжигания топлива и пульт управления.

Котельные потребителяют жидкое топливо или газ. Основными теплоносителями являются водяной пар и горячая вода с температурой до 150°С, про-изводимые в котельной и по трубопроводам направляемые к потребителям. Регулирование отопления осуществляется по температуре при постоянном расходе теплоносителя - качественное регулирование, или изменением подачи теплоносителя - количественное регулирование.

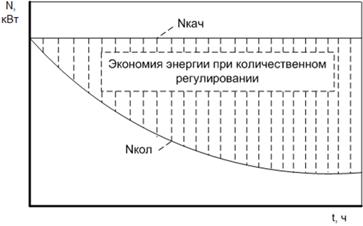
Система качественного регулирования инерционна, изменение темпера-туры в затягивается на несколько часов. В системе большое значение имеет постоянная времени переходных процессов, поэтому плохо отслеживается потребность в тепле при резких колебаниях наружной температуры воздуха. Температура теплоносителя регулируется только несколько раз в сутки.

Используемая мощность привода насоса Nкач при качествеенном регулировании всегда постоянна, рисунок 3.1, а потребляемая им энергия пропорциональна времени работы котельной *t (*площадь под зависимостью *Nкач (t))*.

При количественном регулировании системы теплоснабжения подачей насосом воды, нагретой до заданной постоянной температуры, мощность *Nкол*

привода последнего пропорциональна расходу горячей воды в системе в третьей степени. Поэтому график зависимости потребляемой мощности привода насоса *Nкол*во время отопления *t* соответствует отопительному графику.

Площадь под графиком *Nкол(t)* равна энергии, затраченной на прокачку теплоносителя, которая меньше, чем в первом случае - для зависимости *Nкач (t)* , рису-нок 3.1. Разность между двумя энергиями - экономия затрат электроэнергии при переходе на количественное регулирование. Переход к системе отопления с регулированием по расходу воды в системе позволяет достичь 60% экономии электроэнергии на привод циркуляционных сетевых насосов.

**Рисунок 3.1. Экономия энергии циркуляционного насоса при переходе на количественное регулирование системы теплоснабжения: *N* – мощность, потребляемая циркулярным насосом; *t* – время отопления; *N*кач, *N*кол – потребляемая мощность насосом при качественном и количественном регулировании.**

**3.2. Направления энергосбережения при производстве тепла**

Экономию термодинамического потенциала топлива проводят на всех этапах генерирования и использования тепловой энергии, в системах транспортировки и распределения, у потребителя. В таблице 3.1 приведены примеры энергосберегающих меропритяий и их эффективность.

При обследовании котельных необходимо оценить соответствие характеристик применяемого насосного и вентиляционного оборудования их режимам эксплуатации. Необходимо проверить правильность подборки параметров и количества [котельного оборудования](https://pandia.ru/text/category/kotelmznoe_oborudovanie/), позволяющего его эксплуатировать в режимах близких к номинальным значениям, экономично отслеживать колебания отопительной и горячего водоснабжение нагрузки.Таблица 3.1. **Примеры энергосберегающих мероприятий и их эффективность при эксплуатации котлоагрегатов**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№** | **Мероприятия** | **Топливо (%)** | |
| **п. п.** | **Экономия** | **Перерасход** | |
| 1 | Снижение присосов воздуха по газовому тракту котлоагрегата на 0,1% | 0,5 | **-** | |
| 2 | Увеличение коэффициента избытка воздуха в топке на 0,1% | - | 0,7 | |
| 3 | Установка водяного экономайзера за котлом | 5 - 6 | - | |
| 4 | Применение за котлоагрегатами установок глубокой утилизации тепла, установок использования скрытой теплоты парообразования уходящих дымовых газов (контактный теплообменник) | до 15 |  | |
| 5 | Применение [вакуумного](https://pandia.ru/text/category/vakuum/) деаэратора | 1,0 | - | |
| 6 | Отклонение содержания *СО*2 в уходящих дымовых газах от оптимального значения на 1% |  | 0,6 | |
| 7 | Снижение температуры отходящих дымовых газов на 10°С для сухих и влажных топлив | 0,6 и 0,7 | - | |
| 8 | Повышение температуры питательной воды на входе в барабан котла на 10°С (Р = 13 ата, и КПД = 0,8) | 2,0 | - | |
| 9 | Повышение температуры питательной воды на входе в водяной экономайзер на 10°С | - | 0,23 | |
| 10 | Подогрев питательной воды в водяном экономайзере на 6°С | 1,0 | - | |
| 11 | Увеличение продувки котла свыше нормативных значений на 1% | - | 0,3 | |
| 12 | Установка обдувочного аппарата для очистки наружных поверхностей нагрева | 2,0 | - | |
| 13 | Наличие накипи на внутренней поверхности нагрева котла, толщиной 1 мм | - | 2,0 | |
| 14 | Замена 1 т невозвращенного в тепловую схему котельной конденсата химически [очищенной водой](https://pandia.ru/text/category/voda_pitmzevaya/) | - | 20 кг у. т. | |
| 15 | Перевод работы парового котла на водогрейный режим | 2,0 | - | |
| 16 | Работа котла в режиме пониженного давления (с 13 ата) | - | 6,0 | |
| 17 | Отклонение нагрузки котла от оптимальной на 10%  • в сторону уменьшения  • в сторону увеличения |  | 0,2  0,5 | |
| 18 | Испытания (наладка) оборудования и эксплуатация его в режиме управления КИП | 3,0 | - | |
| 19 | Утечка пара через отверстие 1 мм при Р = 6 ата | - | 3,6 кг у. т. | |
| 20 | Забор воздуха из верхней зоны котельного зала на каждые 1000 м3 газообразного топлива | 17 кг у. т. | - | |
| 21 | Повышение температуры воды на выходе из котла |  | 4 | |

Образующаяся из солей кальция и магния накипь в десятки раз хуже проводит теплоту, чем сталь труб. Хлориды натрия и магния усиливают их коррозию. Вследствие увеличения термического сопротивления слоя накипи уже при ее толщине 0,2 мм температура стенок котла может сильно отличаться от температуры котловой воды. При толщине слоя накипи 0,5 мм перерасход топлива составляет 1%, при 2 мм - 4%. Борьба с отложениями является сложной технической проблемой. Она проводится механическими и химическими способами и требует остановки сетей на ремонт. В системе водоподготовки воды применяются ультразвуковые, электроискровой и магнитные способы обработки, а также присадки комплексонов и других веществ.

Ультразвуковой способ основан на разрыхлении и смывке образующихся отложений при воздействии ультразвукового излучателя. Мощность излучателя составляет несколько кВт и зона воздействия ограничена. Магнитная обработка не требует [постоянных затрат](https://pandia.ru/text/category/zatrati_postoyannie/) энергии, но эффективность действия зависит от состава воды. Электроискровой способ очистки отложений возможен только в период [ремонтных работ](https://pandia.ru/text/category/remontnie_raboti/) при остановке системы. Промывка котлов и тепловых систем с помощью слабых растворов соляной кислоты производится при остановке системы в период ремонтных работ.

Магнитная обработка воды в потоке с постоянным магнитным полем предотвращает образование и ликвидирует уже отложившуюся накипь на стенах трубопроводов и теплообменных элементов. Применяется для снижения образования накипи в трубопроводах горячего и холодного [водоснабжения](https://pandia.ru/text/category/vodosnabzhenie_i_kanalizatciya/) общехозяйственного, технического и бытового назначения, нагревательных элементов [котельного оборудования](https://pandia.ru/text/category/kotelmznoe_oborudovanie/), теплообменников, парогенераторов, охлаждающего оборудования и т. п. Метод магнитной обработки воды не требует подключения к электрической сети и применения каких-либо химических реактивов, поэтому является абсолютно экологически чистым. Основным элементом устройства является многополюсный магнитный элемент цилиндрической формы. Магнитный элемент соосно установлен в корпусе, представляющим собой стандартную трубу из ферромагнитного материала, составляет единую магнитную систему. Вода, проходя через определенным образом выровненное магнитное поле, создаваемое в устройстве постоянными магнитами, претерпевает физические изменения. Метод магнитной обработки воды не требует каких-либо химических реагентов и затрат энергии и является абсолютно экологически чистым. В результате магнитной обработки воды вместо прикипевшего котельного канта образуется мелкокристаллический легко удаляемый шлам. Магнитные преобразователи могут быть особенно эффективны в случае, когда вода содержит значительное количество карбонатов. На эффективность магнитной обработки воды влияет множество факторов: состав обрабатываемой воды, температура воды, давление, скорость потока через устройство, время обработки, величина магнитного поля и многое другое.

Преимущества магнитной обработки:

- не потребляет электроэнергию;

- не требует химических реагентов для работы;

- не нуждается в обслуживании;

- является экологически чистой.

Применение комплексонов, содержащих фосфоновые группировки *PO*(*OH*)2, в системах [теплоснабжения](https://pandia.ru/text/category/teplosnabzhenie/) позволяет избежать отложения накипи в котлоагрегатах и теплообменниках и отмыть контуры систем теплоснабжения и котлоагрегатов от предыдущих отложений. Система теплоснабжения дополняется автоматизированной установкой обработки воды комплексонами, действующей постоянно. При этом себестоимость обработки снижается в несколько раз в сравнении с традиционными методами обработки.

**4. Сбережение электрической энергии**

**4.1. Энергосбережение в электрических сетях**

**4.1.1. Экономия электроэнергии в силовых трансформаторах**

При загрузке силовых трансформаторов на 30% нагрузочные потери примерно равны потерям холостого хода. В среднем на каждой ступени транс-формации тратится до 7% передаваемой мощности. Работа трансформатора в режиме холостого хода или близком к нему вызывает излишние потери электроэнергии не только в нем, но и по всей системе электроснабжения из-за низкого коэффициента мощности. В целях экономии электрической энергии целесообразно отключать мало загруженные трансформаторы при сезонном снижении нагрузки.

Потери активной мощности в двухобмоточных трансформаторах определяют по выражению:

https://pandia.ru/text/79/169/images/image046.png , (4.1)

**где *ΔРх* – активные потери холостого хода при номинальном напряжении, кВт; *ΔРк*– активные нагрузочные потери (активные потери КЗ) при номинальной нагрузке, кВт; *Кз=Sф/SТ. Ном* – коэффициент нагрузки трансформатора; *Sф* – фактическая нагрузка трансформатора, кВА; *SТ. Ном* – номинальная мощность трансформатора, кВА.**

Потери активной энергии в трансформаторе:

https://pandia.ru/text/79/169/images/image047.png , (4.2)

**где *ТП* – годовое (полное) число часов работы трансформатора, ч.; *Траб*– годовое число работы трансформатора с номинальной нагрузкой, ч.**

Приведенные потери активной мощности, то есть потери с учетом потерь как в самом трансформаторе, так и в элементах системы электроснабжения (от генераторов электростанций до рассматриваемого трансформатора) в зависимости от реактивной мощности, потребляемой трансформатором, определяются выражением:

https://pandia.ru/text/79/169/images/image048.png  (4.3)

**где https://pandia.ru/text/79/169/images/image049.png – приведенные активные потери мощности холостого хода, кВт; *Ки. п* – коэффициент изменения потерь или экономический эквивалент реактивной мощности, характеризующий активные потери от источника питания до трансформатора, приходящиеся на 1 кВАр пропускаемой реактивной мощности, кВт/кВАр; *ΔQх=SТ. ном·Iх/100*– реактивные потери мощности холостого хода, кВАр; https://pandia.ru/text/79/169/images/image050.png – приведенные активные потери мощности холостого *хода*, кВт;. *ΔQк=SТ. ном·uк/100*– реактивные потери мощности КЗ, кВАр; *Iх*– ток холостого хода, %; *uк* – напряжение КЗ, %.**

Таблица 4.1. **Коэффициент изменения потерь в трансформаторах**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Характеристика трансформатора и системы электроснабжения** | ***Ки. п*, кВт/кВАр, в часы** | | |
| **минимума нагрузки энергосистемы** | **максимума нагрузки энергосистемы** |
| Трансформаторы, питающиеся непосредственно от шин электростанций | 0,02 | 0,02 |
| Сетевые трансформаторы, питающиеся от электростанций на генераторном напряжении | 0,07 | 0,04 |
| Понижающие трансформаторы 110/35/10 кВ, питающиеся от районных сетей | 0,1 | 0,06 |
| Понижающие трансформаторы 6-10/0,4 кВ, питающиеся от районных сетей | 0,15 | 0,1 |

Приведенные потери электроэнергии:

https://pandia.ru/text/79/169/images/image051.png . (4.4)

Экономически целесообразный режим работы трансформаторов, питающих [производственные объекты](https://pandia.ru/text/category/proizvodstvennaya_nedvizhimostmz/), определяют в зависимости от суммарной нагрузки и числа параллельно включенных трансформаторов, обеспечивающих минимум потерь электроэнергии:

https://pandia.ru/text/79/169/images/image052.png , (4.5)

**где *n*– число включенных трансформаторов одинаковой мощности.**

При использовании в эксплуатации экономически целесообразного режима работы трансформаторов с целью экономии электрической энергии следует исходить из следующих положений:

1) не должна снижаться надежность электроснабжения потребителей;

2) трансформаторы должны снабжаться устройством АВР;

3) целесообразно автоматизировать операции отключения и включения трансформаторов.

**4.1.2. Потери электроэнергии в распредсетях и способы их уменьшения**

Известно, что при передаче электрической энергии от источника к приемнику теряется до15% электроэнергии, отпущенной с шин станции. Рассмотрим некоторые особенности уменьшения потерь электроэнергии в линиях электропередачи. Среди мер, приводящих к уменьшению этих потерь, можно отметить:

– выбор экономически целесообразного сечения проводников линий электропередачи;

– увеличение коэффициента мощности соs φ (для сетей с синусоидальным напряжением);

– равномерная загрузка сети во времени; равномерное распределение нагрузок по фазам и др.

Большинство из этих мер относят к режимным мероприятиям.

Потери электроэнергии при ее доставке потребителям зависят от сопротивления проводников. Наибольшие потери напряжения *ΔUнб* и активной мощности *ΔРΣ* характерны для магистральных сетей, которые имеют провода или кабели с малым сечением проводников. Падение напряжения и потери мощности в проводниках определяются по суммарному току, включающему в себя активную и реактивную составляющие:

https://pandia.ru/text/79/169/images/image053.png  (4.6)

головного участка в соответствии с выражениями:

https://pandia.ru/text/79/169/images/image054.png , (4.7)

https://pandia.ru/text/79/169/images/image055.png , (4.8)

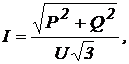
**где *k*Δ*U*, *k*Δ*P* – коэффициенты распределения рассредоточенных *n* нагрузок по линии длиной *L; r*0, *х*0 — активное и реактивное сопротивления линий; φ – сдвиг фаз тока и напряжения, связанный с использованием активных и реактивных элементов нагрузки.**

Таблица 4.2. **Значения коэффициентов распределения *k*Δ*U* , *k*Δ*P* и коэффициента экономической плотности тока *kj* при разном числе нагрузок в магистральных линиях электропередачи**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Коэффициент** | **Число нагрузок, *п*** | | | | | | |
| 1 | **2** | **3** | **4** | **6** | **8** | **10** |
| *k*Δ*U* | 1 | 0,75 | 0,67 | 0,62 | 0,58 | 0,56 | 0,55 |
| *k*Δ*P* | 1 | 0,79 | 0,72 | 0,70 | 0,65 | 0,63 | 0,62 |
| *kj* | 1 | 1,26 | 1,39 | 1,46 | 1,54 | 1,58 | 1,62 |

Уменьшения снижения напряжения потерь и мощности можно достичь вследствие выбора экономически целесообразного сечения жил и компенсации реактивного тока, уравнивая индуктивную и емкостную составляющие реактивного тока и увеличивая коэффициент мощности до единицы. Контроль коэффициента мощности важен для уменьшения потерь при передаче электрической энергии и снижения падения напряжения в подводящих линиях электропередачи.

Ток в линии определяется по формуле:

  (4.9)

**где *Р*и *Q* – активная и реактивная мощности, передаваемые по линии, кВт и кВАр; *U –*фазное напряжение в конце линии, В.**

Поскольку потери в линии Δ*Р*=*I*2 *r*0, где *r*0 – активное сопротивление, они во многом зависят и от реактивной мощности, которая передается по линии.

Учитывая, что коэффициент электрической мощности:

https://pandia.ru/text/79/169/images/image057.png  (4.10)

получаем *ΔР = P2 r0/(3U2* *cos2* *φ)*, т. е. с увеличением коэффициента мощности и при приближении значения *cosφ* к единице уменьшаются потери в линии электропередачи. При этом также снижается падение напряжения, так как оно обратно пропорционально коэффициенту мощности. Таким образом, по линии целесообразно передавать только энергию, соответствующую активной нагрузке потребителя.

Увеличение коэффициента мощности достигается с помощью рациональной работы установленного на предприятии оборудования (правильный выбор электродвигателей, повышение загрузки технологических агрегатов для использования их с большим коэффициентом мощности, применение синхронных двигателей и др.) или использования компенсаторов реактивной мощности.

**4.1.3. Компенсация реактивной нагрузки**

Передача электрической энергии от генераторов к потребителям является сложным физическим процессом многократного преобразования энергии и требует наличия в процессе этого преобразования различных форм поддержания электрических и магнитных полей. Полная мощность, вырабатываемая электрогенератором, складывается из двух составляющих: активной и реактивной, и их соотношение в сетях переменного тока зависит от огромного числа факторов, а их влияние на работу энергосистемы определяется чрезвычайно сложными процессами. Потребитель платит за полную мощность, а реальную работу «выполняет» только ее активная составляющая, и при этом активная мощность «отвечает» за частоту тока, а реактивная - за напряжение.

Чем меньше реактивная составляющая, тем меньше требуется подводимой к электроприемнику полной мощности, а вот повышение потребления реактивной мощности электроприемниками приводит к увеличению потерь активной мощности и перерасходу электроэнергии.

С другой стороны, возникновение дефицита реактивной мощности в узлах нагрузки приводит к снижению напряжения в сети и снижению запаса статической устойчивости нагрузки по напряжению.

Выработка реактивной мощности не требует непосредственного расхода энергии, но для ее передачи по сети требуются дополнительные [затраты на производство](https://pandia.ru/text/category/zatrati_proizvodstvennie/) энергии, необходимой для покрытия возникающих потерь. Кроме этого, передача реактивной мощности от генераторов к потребителям вызывает дополнительную загрузку элементов электрической сети, приводящую к снижению их пропускной способности. В связи с этим, увеличение выдачи реактивной мощности генераторами с целью доставки ее потребителю нецелесообразно.

Большая протяженность [электроэнергетических](https://pandia.ru/text/category/yelektroyenergetika__yelektrotehnika/) сетей России, их переменные графики нагрузки обуславливают значительные возрастания напряжения относительно номинального значения в режиме минимальных нагрузок - из-за избытка реактивной мощности, генерируемой линиями электропередачи. В связи с этим имеют место значительные потери мощности, вынужденные коммутации оборудования и старение его изоляции.

Уменьшение потерь активной электроэнергии, обусловленных перетоками реактивных мощностей, является реальной эксплуатационной технологией энергосбережения в сетях и технологией повышения эффективности использования электроэнергии (мощности) у потребителей.

В связи с тем, что процессы генерирования и потребления электроэнергии совпадают по времени, генерируемая в каждый момент времени мощность жестко определяется ее потреблением, и поэтому должен обеспечиваться баланс активной и реактивной мощности:

https://pandia.ru/text/79/169/images/image058.png , (4.11)

https://pandia.ru/text/79/169/images/image059.png , (4.12)

**где Σ*Р*г, Σ*Q*г – суммарные активная и реактивная нагрузки генераторов электростанций; Σ*Р*n, Σ*Q*n – суммарные потребляемые активная и реактивная нагрузки; ΣΔ*Р*, ΣΔ*Q* – суммарные потери активной и реактивной мощности; Σ*Q*к. у – суммарная мощность компенсирующих устройств; Σ*Q*в. л – реактивная мощность, генерируемая воздушными линиями напряжением 110 кВ и выше; *Р*рез, *Q*рез – резерв активной и реактивной мощности.**

Уравнения (4.11 и 4.12) называются техническим условием компенсации реактивной мощности, что должно соблюдаться для каждого узла энергосистемы. При нарушении баланса реактивной мощности в любом узле энергосистемы будет изменяться напряжение в этом узле. С точки зрения поддержания необходимого режима напряжения, у электроприемников дефицит реактивной мощности является недопустимым.

Кроме технических условий, существуют технико-экономические условия снижения перетоков реактивной мощности, которые заключаются в том, что, компенсируя реактивную мощность непосредственно у потребителей, мы получаем:

1) уменьшение тока в передающих элементах сети, приводящее к уменьшению сечения сетей: https://pandia.ru/text/79/169/images/image060.png

2) уменьшение полной мощности, ведущее к уменьшению мощности

трансформаторов и их количества: https://pandia.ru/text/79/169/images/image061.png

3) уменьшение потерь активной мощности Δ*Р*, в результате чего снижаются мощности генераторов на электростанциях (см. уравнение 5.11);

4) снижение потерь реактивной мощности Δ*Q,*что приводит к снижению мощности компенсирующих устройств (5.12);

5) снижение потерь активной энергии *ΔW = ΔР∙τ*, что дает возможность экономить расход топлива на электростанциях.

Для нормально функционирующего предприятия питающая энергосистема задает экономическое значение реактивной мощности *Q*э, которую она может передать в период максимума нагрузки энергосистемы. Зная реактивную нагрузку предприятия *Qп* или максимум его нагрузки *Р*mах, можно определить мощность компенсирующих устройств, которую необходимо установить на промышленном предприятии:

https://pandia.ru/text/79/169/images/image062.png , (4.13)

**где *tg φп* – фактический коэффициент реактивной нагрузки предприятия; tg *φэ* – коэффициент реактивной нагрузки, соответствующей *Q*э.**

Наибольшее распространение в качестве компенсаторов реактивной мощности получили конденсаторные батареи, применяемые для компенсации индуктивных токов намагничивания магнитопроводов двигателей, дросселей и трансформаторов. Конденсаторные батареи вырабатывают реактивный ток противоположного направления по сравнению с реактивным током индуктивных элементов сети и тем самым уменьшают потребляемую реактивную мощность. Их устанавливают вблизи крупных потребителей. На практике коэффициент мощности после компенсации находится в пределах 0,93-0,99.

Выбор и размещение устройств компенсации реактивной мощности в электрических сетях производится исходя из необходимости обеспечения требуемой их пропускной способности в нормальных и послеаварийных режимах при поддержании необходимых уровней напряжения и запасов устойчивости нагрузки потребителей.

Стимулирование потребителей к поддержанию оптимального для энергосистемы коэффициента реактивной мощности было введено еще в 30-х годах прошлого века, во времена интенсивной индустриализации. Была разработана гибкая система скидок и надбавок к тарифу за электроэнергию. Основной целью снижения величины реактивной мощности тогда было стремление к минимизации расходов на строительство электрических сетей.

Но действующие в настоящее время нормативно-технические документы по компенсации реактивной мощности не распространяются на сельскохозяйственных потребителей. Это привело к тому, что в настоящее время конденсаторные установки в электрических сетях сельскохозяйственного назначения практически отсутствуют. В результате на ряде подстанций в часы максимума нагрузки коэффициент мощности очень низок.

Эффективным и хорошо известным способом решения проблемы нормализации и стабилизации напряжения являются управляемые индуктивно-ёмкостные устройства различных типов (устройства FACTS) с широкой номенклатурой, освоенной мировой и отечественной промышленностью.

В мире налажено производство следующих типов этих устройств:

• нерегулируемые индуктивные (реакторы) и ёмкостные (батареи статических конденсаторов);

• дискретно регулируемые индуктивно-ёмкостные (группы реакторов и (или) батарей конденсаторов);

• плавно регулируемые индуктивно-ёмкостные (электромашинные, полупроводниковые, магнитно-полупроводниковые и прочее).

Для снижения потребления реактивной мощности самими электроприемниками существуют мероприятия, не требующие установки специальных компенсирующих устройств:

1) повышение загрузки технологических агрегатов и использование их по времени, сопровождающееся повышением коэффициента загрузки электродвигателей и *соs* *φ*;

2) применение ограничителей холостого хода асинхронных электродвигателей и сварочных агрегатов;

3) замена, перестановка и отключение трансформаторов, загруженных в среднем менее 30 % от их номинальной мощности. Особое внимание следует уделять автоматизации работы двухтрансформаторных подстанций. При снижении нагрузки трансформаторов ниже 35 % один из них на этот период должен отключаться с сохранением действия автоматического включения резерва;

4) замена малозагруженных двигателей двигателями меньшей мощности. Здесь нужно сравнивать потребление реактивной мощности и потери активной в асинхронном двигателе (АД):

*b1 ΔРн1 + (1 – b1) ΔРн1 k ≠ b2 ΔРн2 + (1 – b2) ΔРн2 + (1 – b2) ΔРн2 k ,  (4.14)*

*где b = ΔРн0/ΔРн — отношение потерь в стали АД (ΔРн0) к суммарным потерям (ΔРн) (индексы 1 и 2 относятся к двигателям разной мощности).*

*5) замена асинхронных двигателей синхронными и применение последних для всех новых установок электропривода там, где это приемлемо по технико-экономическим соображениям.*

***4.1.4. Направления энергосбережения в электрических сетях***

*Вопросы экономии электроэнергии и энергосбережения в электрических сетях означают, прежде всего, уменьшение потерь электроэнергии во всех звеньях системы электроснабжения и в самих электроприемниках. Основными путями снижения потерь электроэнергии являются следующие:*

*1) рациональное построение системы электроснабжения при ее проектировании и реконструкции, включающее в себя применение рациональных напряжений, мощности и числа трансформаторов на подстанциях; общего числа трансформаций; места расположения подстанции; схемы электроснабжения; компенсации реактивной мощности и др.;*

*2) снижение потерь электроэнергии в действующих системах электроснабжения, для чего используются следующие способы: управление режимами электропотребления; регулирование напряжения; ограничение холостого хода электроприемников; модернизация существующего и применение нового, более экономичного и надежного технологического и электротехнического оборудования; повышение качества электроэнергии; применение экономически целесообразного режима работы силовых трансформаторов; автоматическое управление освещением в течении суток; применение рациональных способов регулирования режимов работы насосных и*[*вентиляционных*](https://pandia.ru/text/category/ventilyatciya/)*установок и др.;*

*3) нормирование электропотребления, разработка научно обоснованных норм удельных расходов электроэнергии на единицу продукции; для нормирования электропотребления на предприятиях необходимо иметь современные системы учета и контроля расхода электроэнергии;*

*4) организационно-технические мероприятия, разрабатываемые конкретно на каждом предприятии с учетом его специфики.*

***4.1.5. Мероприятия энергосбережения в электрических сетях***

*В системы электроснабжения предприятия входят электрические сети*

*напряжением 0,4, 6 или 10 кВ, подстанции с понижающими трансформаторами, распределительными устройствами, устройствами защиты и приборами учета электрической энергии. Вопросы сбережения и экономии электроэнергии в этих сетях содержат организационные и технические мероприятия.*

*Организационные мероприятия включают:*

*• разработку планов потребления электроэнергии и удельных норм ее*

*расходования;*

*• упорядочение потребления электроэнергии в электросиловых установках;*

*• поддержание рационального режима пользования электроосвещением;*

*• учет расхода электроэнергии;*

*• правильность*[*взаиморасчетов*](https://pandia.ru/text/category/vzaimnie_rascheti/)*с энергосберегающими организациями и сторонними потребителями;*

*• подведение итогов работы по экономии электроэнергии.*

*Технические мероприятия включают:*

*• снижение потерь электроэнергии в сетях и линиях электропередачи;*

*• реконструкцию сетей без изменения напряжений;*

*• перевод сетей на повышенное напряжение;*

*• включение под нагрузку резервных линий электропередачи;*

*• снижение потерь в силовых трансформаторах;*

*• применение экономически целесообразного режима одновременной*

*работы трансформаторов.*

*Основные энергосберегающие направления в электроэнергетике:*

*• рациональный выбор мощности электродвигателей, приводов механизмов и трансформаторов, при которых обеспечиваются высокие коэффициенты мощности и коэффициенты полезного действия;*

*• автоматизация электроприводов и осветительных сетей, направленных на экономное расходование электроэнергии;*

*• применение частотно-регулируемого электропривода на механизмах с переменной производительностью;*

*• разработка производственно-технологических процессов с учетом норм расхода электроэнергии.*

***4.2. Энергосбережение в электроприводных установках***

*Электропривод преобразует электрическую энергию в механическую и объединяет электродвигатель, пускорегулирующую аппаратуру и механизм для передачи движения к рабочей машине. Электродвигатели являются наиболее распространенными электропотребителями в сельскохозяйственном производстве. Большую долю установленной мощности составляют асинхронные электродвигатели. На их долю приходится до 60% потребляемой электроэнергии на производственные цели.*

*Показателем загрузки электродвигателя может быть величина тока или мощности потребителя из сети, которую можно определить путем замеров или расчетов. Номинальный режим двигателя соответствует данным, указанным на щитке (паспорте) двигателя. При этом основные величины, характеризующие двигатель, связаны формулой*

*https://pandia.ru/text/79/169/images/image065.png, А, (4.15)*

***где Iн - ток двигателя при номинальной нагрузке, А; Pн - номинальная мощность, кВт; Uн - номинальное напряжение, В; cos φн - коэффициент мощности при номинальной нагрузке; ηн - коэффициент полезного действия при номинальной нагрузке.***

Мощность, потребляемая электродвигателем из сети (присоединенная мощность)

https://pandia.ru/text/79/169/images/image066.png, кВт. (4.16)

Для электродвигателей установлены нормы отклонения напряжения от -7,5% до +10%. При снижении величины подводимого напряжения к асинхрон-ному электродвигателю на 10% его вращающий момент уменьшается на 19%, а при снижении его на 30% - 51%. Уменьшение вращающего момента при неизменной нагрузке на валу электродвигателя ведет к возрастанию тока в его обмотках, что может вывести двигатель из строя. С уменьшением степени загрузки двигателя возрастает доля потребляемой реактивной мощности по сравнению с активной мощностью - снижается величина cos j. Установлено, что 1 квар реактивной мощности приводит к дополнительным потерям от 1 до 15% электроэнергии. Это объясняется тем, что реактивный ток, проходя по обмоткам электродвигателя, и не производя полезной работы, затрачивает энергию на их нагрев.

Энергетическая эффективность работы электропривода зависит от типа, мощности, скорости вращения, величины и длительности нагрузки двигателя: для двигателей мощностью 5 кВт при 100% нагрузке КПД = 80%, а при 50% нагрузке КПД = 55%. При снижении нагрузки двигателя до 50% и менее его эффективность начинает быстро падать по причине увеличения потерь в роторе. Для снижения потерь следует рассмотреть целесообразность замены электродвигателя на двигатель меньшей мощности.

Капитальные затраты на замену одного двигателя другим двигателем с соответствующей номинальной мощностью целесообразны при его загрузке менее 45%, при загрузке% - требуется проводить экономиическую оценку мероприятия, а при загрузке более 70% - замена нецелесообразна.

Снижение напряжения питания электродвигателя, с помощью регулятора, позволяет уменьшить магнитное поле, которое избыточно для рассматривае-мого режима нагрузки, снизить потери в стали и уменьшить их долю в общей потребляемой мощности, т. е. повысить КПД двигателя. Сам регулятор напря-жения (обычно в [тиристорном](https://pandia.ru/text/category/tiristori/) исполнении) потребляет мало энергии. Его собственное потребление становится заметным, когда двигатель работает на полной нагрузке. В режиме холостого хода потребляется почти столько же энергии, сколько необходимо для работы при низкой нагрузке.

Автоматическое переключение обмоток со схемы "треугольник" на схему соединения "звезда" в зависимости от нагрузки является простейшей схемой регулирования двигателя, длительное время работающего на малой нагрузке. Необходимо избегать работы двигателя в режиме холостого хода. Например, для двигателя мощностью 7,5 кВт, работающего в номинальном режиме по схеме "треугольник", переключение на схему “звезды” при работе на понижен-ной нагрузке 1 кВт позволяет уменьшить потери с 0,5 кВт до 0,25 кВт.

В установках с регулируемым числом оборотов (насосы, [вентиляторы](https://pandia.ru/text/category/ventilyator/) и др.) широко применяются регулируемые электроприводы. Оценочные значения экономии электроэнергии при применении регулируемого электропривода в [вентиляционных](https://pandia.ru/text/category/ventilyatciya/) системах, работающих в переменных режимах - 50%, в компрессорных системах -%, в воздуходувках и вентиляторах - 30%, в насосных системах - 25%.

Тиристорные регуляторы напряжения дешевле, а диапазон регулирования скорости вращения у них меньше (снижение на% ниже номинальных), чем у частотных (наиболее часто в транзисторном исполнении), которые дороже, но диапазон регулирования скорости у них шире.

Для электроприводов, работающих большую часть [рабочего времени](https://pandia.ru/text/category/vremya_rabochee/) на нагрузку, достигающую 30% и менее от номинальной мощности и в которой регулирование можно осуществлять изменением оборотов электропривода (насосы, вентиляторы, мешалки и др.), эффективно применение частотных регуляторов оборотов электродвигателя.

**Перечень общих мероприятий** **по энергосбережению в установках, использующих электродвигатели:**

• При проектировании силовых установок следует выбирать современные марки электродвигателей с лучшими энергетическими показателями;

• Мощность выбираемого двигателя должна соответствовать нагрузке, т. е. коэффициент запаса по мощности двигателя должен быть минимальным;

• При часто повторяющейся работе в режиме холостого хода двигатель должен легко выключаться;

• Необходимо эффективно защищать крыльчатку обдува двигателя для устранения его возможного перегрева и увеличения доли потерь;

• Качество эксплуатации трансмиссии должно соотвтетствовать норме;

• Своевременно смазывать подшипники и узлы трения;

• Использовать электронные регуляторы скорости вращения в двигателях, работающих на неполной нагрузке;

• Качественно проводить ремонт двигателя, не применять неисправные или плохо отремонтированные двигатели.

Потери электроэнергии уменьшаются от повышения качества ремонта электродвигателей при точном обеспечении номинальных данных. В противном случае из ремонта могут быть выпущены двигатели с повышенным потреблением реактивной мощности, неравномерной нагрузкой отдельных фаз, увеличенным током холостого хода, значительным отклонением от заводских обмоточных данных и другими серьезными недостатками.

Эффективность некоторых мероприятий приведена в таблице 4.3. Конкретную величину ожидаемой экономии электроэнергии (кВт·ч/год) от реализации перечисленных в таблице 4.3 мероприятий можно рассчитать следующим образом.

От сокращения продолжительности холостого хода оборудования:

https://pandia.ru/text/79/169/images/image067.png, (4.17)

**где *Pх* – мощность холостого хода оборудования, кВт; *Δtх* – снижение продолжительности работы оборудования на холостом ходу, ч/год.**

От сокращения продолжительности рабочего периода оборудования:

https://pandia.ru/text/79/169/images/image068.png, (4.18)

**где *P* р - расчетная нагрузка оборудования, кВт; *Δt* р  - сокращение продолжительности рабочего периода оборудования, ч/год.**

Таблица 4.3. **Эффективность энергосберегающих мероприятий при эксплуатации приводов**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Мероприятия** | **Достигаемый результат** | **Получаемая экономия, %** |
| Своевременная смазка подшипников рабочих машин | Снижение нагрузки на машины от уменьшения трения | До 20 |
| Своевременная чистка воздушных фильтров и каналов вентиляционных установок | Снижение нагрузки на вентиляторы | До 20 |
| Плавное регулирование производительности вентиляторов | То же | До 8 |
| Ограничение холостого хода рабочих машин | Снижение потерь энергии холостого хода | 1-5 |
| Переключение обмоток с "треугольника" на "звезду" | Снижение потерь энергии в электродвигателе | 1-5 |
| Замена недогруженных до 45% электродвигателей на двигатели меньшей мощности | То же | 1-5 |
| Применение автоматических устройств отключения электродвигателей на периоды холостого хода более 10 с | То же | 2-5 |
| Применение многоскоростных электродвигателей при частых пусках и остановках, переменных режимах работы | Выработка электроэнергии при рекупиративном торможении | 2-5 |
| Замена устаревшего оборудования новым, имеющим более высокий КПД | Снижение потерь электроэнергии | 2-15 |

От замены мощного электродвигателя:

https://pandia.ru/text/79/169/images/image069.png, (5.19)

**где *ΔP*1 , *ΔP*2 – активные потери мощности у заменяемого и заменяющего электродвигателей, кВт; *ΔQ*1, *ΔQ*2 – то же, но реактивные потери, квар; *k*э – экономический эквивалент реактивной нагрузки (*k*э=1 кВт/квар); *t* – годовое время работы электродвигателя, ч/год.**

От переключения с «треугольника» на «звезду» недогруженных электродвигателей:

https://pandia.ru/text/79/169/images/image070.png, (5.20)

**где *ΔP* , *ΔQ* - уменьшение потерь активной (кВт) и реактивной (квар) мощности;  *Δt* n - годовая продолжительность работы электродвигателя в режиме "звезда", ч.**

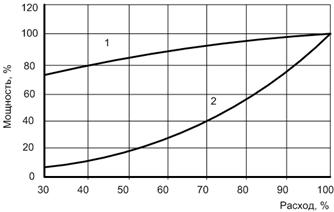
*Применение электроприводов с частотными регуляторами (ЧРП) для оптимизации режимов эксплуатации электропотребляющего оборудования*

Частотно-регулируемый электропривод эффективен в насосных системах, большую часть времени работающих при пониженных подачах, в которых регулирование осуществлялось с помощью регулирующих задвижек.

При снижении с помощью задвижки подачи насосов ниже% от номинального значения возрастают удельные затраты на перекачку жидкости. При этом гидравлическая мощность насоса частично теряется на задвижке, а сам насос работает в зоне рабочей характеристики с низким КПД. Необходимый напор при снижении расхода можно обеспечить снижением оборотов двигателя. При этом уменьшаются потери энергии в регулирующем клапане (задвижке) и насос работает в зоне с более высоким КПД. Обороты двигателя регулируются частотой питания сети, преобразуемой со стандартной частоты 50 Гц [частотным преобразователем](https://pandia.ru/text/category/preobrazovateli_chastoti/).

При использовании для регулирования расхода насоса дросселя потребляемая мощность привода изменяется по характеристике 1, а при регулировании частотой – по характеристике 2, рисунок 4.1. Экономия мощности составляет ~ 60% номинальной мощности.

Насосы и вентиляторы являются основным электропотребляющим обору-дованием объектов сельского и [коммунального хозяйства](https://pandia.ru/text/category/kommunalmznoe_hozyajstvo/). От их правильного подбора, технически грамотной эксплуатации и применения экономичных способов регулирования зависит экономичность работы всей системы. Наибо-льшие потери возникают при неноминальных режимах эксплуатации этого оборудования.

**Рисунок 4.1 - Сравнение мощности привода насоса при регулировании дросселированием (1), частотным регулятором (2)**

**4.3. Энергосбережение в осветительных и облучательных установках**

Существенную долю (40-60 %) в энергопотреблении зданий составляет энергии на освещение. Для освещения и облучения в [сельском хозяйстве](https://pandia.ru/text/category/selmzskoe_hozyajstvo/) используют лампы накаливания (90%), газоразрядные высокого и низкого давления (10%), а также светодиодные источники. Характеристики разных типов ламп приведены в таблице 4.4.

В качестве источников ультрафиолетового излучения (УФ) используют аргоно-ртутные-кварцевые лампы ДРТ, представляющие собой газоразрядные трубки из плавленного кварца, который хорошо пропускает УФ. Трубка заполнена аргоном и парами ртути, по ее торцам впаяны электроды, к которым подводится напряжение. Наиболее распространенными являются лампы с горелками, дающие интегральный ультрафиолетовый поток. Широко используются эритемные увиолевая (ЛЭ), бактерицидные увиолевая(ДБ) и другие облучательные лампы.

Существует множество разнообразных источников инфракрасного излучения, основным рабочим элементом которых является нить накаливания, дающая широкий спектр излучения, основную часть которого занимают инфракрасные, видимые и длинноволновые ультрафиолетовые лучи. Мощным источником инфракрасного излучения является электрические тепловые нагреватели (ТЭНы) и газовые горелки. Для облучения больших помещений (фермы, теплицы) излучатели навешивают над объектами или встраивают в стены и потолки. Существуют также передвижные облучательные установки.

При оценке потребления энергии осветительными и облучательными установками необходимо учитывать их электрическую мощность и время работы.

*Максимальная установленная мощность* системы освещения - это суммарная мощность ламп, а для люминесцентных и других газоразрядных ламп еще и мощность пускорегулирующей аппаратуры.

*Коэффициент средней загрузки* *(коэффициент одновременности)* - отношение фактически потребляемой средней активной мощности [осветительного оборудования](https://pandia.ru/text/category/osvetitelmznoe_oborudovanie/) за время включения нагрузки в течение цикла к его номинальной установленной мощности. Этот коэффициент учитывает мощность и время работы ламп, используемых в режиме регулирования освещенности (например, рабочее и дежурное освещение). На его величину оказывает влияние техническое состояние осветительной установки: в среднем 10-20 % ламп может находиться в неисправном состоянии. В зависимости от технологии производства коэффициент загрузки может находиться в пределах 0,75 - 0,9.

*Время использования* освещения в течение года. Это время оценивается исходя из продолжительности работы, с учетом времени использования естественного освещения и режима работы в помещениях. Необходимо также принимать во внимание, имеющееся автоматическое управление искусственным освещением, например, управляемое от датчиков присутствия или от фотодатчиков уровня естественного освещения.

Таблица 4.4. **Характеристики разных типов ламп, использующихся для освещения**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Показатель** | **ЛН лампа накали-вания** | **Люминисцентные лампы низкого давления** | **Компактные люминисцентные лампы КЛЛ** | **ДРЛ** | **ДРИ** | **ДНАТ низкого давления** | **ДНАТ высокого давления** | **Светодиодный** |
| Стоимость | низкая | высокая | очень высокая | высокая | высокая | высокая | высокая | высокая |
| Цветопередача | отличная | хорошая | Хорошая | плохая | хорошая | плохая | плохая | отличная |
| Светоотдача, Лм/Вт | 15 | 40-80 | 60-100 | 30-60 | 70-95 | До 200 | До 150 | До 150 |
| Яркость | большая | малая | Малая | большая | большая | большая | большая | большая |
| Коэффициент пульсации светового потока | 0,05 | 0,3-0,6 | 0 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0 |
| Срок службы, ч | 1000 | 10000 | 12000 | 12000 | 15000 | 32 000 | 32 000 | 80000 |
| Возможность плавной регулировки мощности | да | нет | нет | нет | нет | нет | нет | да |
| Зажигание, перезажигание | быстрое | несколько секунд | быстрое | длитель-ное | длитель-ное | длитель-ное | длитель-ное | быстрое |
| Наличие ртути | нет | да | Да | да | да | нет | умень-шено или отсутст-вует | нет |
| Область применения | внутрен-нее освещение | внутреннее освещение | внутреннее освещение | [наружное освещение](https://pandia.ru/text/category/osveshenie_naruzhnoe/) | наружное освещение | наружное освещение | наружное освещение | внутрен-нее и наружное освещение |

*Изменение параметров*[*источников света*](https://pandia.ru/text/category/svetotehnika_i_istochniki_sveta/)*от условий эксплуатации*

Увеличение напряжения питания ламп накаливания, газоразрядных и диодных приводит к возрастанию тока потребления и, как следствие этого, светового потока, снижению срока службы. Увеличение напряжения питания на 5% приводит к уменьшению срока службы ламп накаливания в 2 раза, а газоразрядных - в 1,2 раза. Вследствие этого резко возрастают количество необходимых ламп, осветительных установок и эксплуатационные расходы.

Эксплуатация осветительных и облучательных установок основана на соблюдении норм освещенности и облученности. Нормы задаются в регламентах технологических процессов выращивания животных и птицы на фермах и птичниках, а также в теплицах - при выращивании растительной продукции.

В случае снижения или увеличения потока излучения относительно нормы может нарушиться технологический процесс с выходом бракованной продукции. Однако и в случае не выхода брака при повышении напряжения энергоемкость процесса растет. Для устранения этого свойства излучающих ламп необходимо стабилизировать входное напряжение, что при больших мощностях нагрузки представляет не очень простую техническую и дорогую [экономическую задачи](https://pandia.ru/text/category/zadachi_yekonomicheskie/).

В некоторых случаях регламент предусматривает регулирование мощности потока излучения. Например, если в теплице в дневное время достаточно естественного освещения, то надобность в искусственном снижается. В этом случае мощность искусственного излучения следует уменьшить.

Для ламп накаливания и светодиодных светильников эта задача решается путем регулирования величины входного питающего напряжения. Однако, для газоразрядных ламп эта задача решается сложнее - путем отключения части светильников, что увеличивает неравномерность по площади освещаемой поверхности, или регулирования частоты питающего напряжения - решение достаточно сложной технической задачи.

В некоторых случаях, например при управлении уличным освещением, достаточно просто включить его при наступлении ночи и выключить утром. Аналогичная задача возникает при энергосбережении при освещении помещений, когда в них отсутствуют люди и нет необходимости в последнем.

Таким образом для поддержания регламентов технологического процесса, а также для рационального использования энергии необходимо для осветительных и облучательных устройств стабилизировать входное напряжение питания, автоматически регулировать их мощности излучения, а также включать и выключать в зависимости от условий эксплуатации.

Для выполнения вышеуказанных условий эксплуатации источников излу-чения необходима специальная пускорегулирующая аппаратура. Последняя в зависимости от технического совершенства сама потребляет электрическую энергию и вносит соответствующие искажения в питающую электрическую сеть.

Еще одна особенность источников и пускорегулирующей аппаратуры в сильной мере влияет на энергопотребление - это коэффициент мощности. Для газоразрядных ламп и его пускорегулирующей аппаратуры он может быть 0.5 и ниже. Коэффициент мощности снижает пускорегулирующая аппаратура газоразрядных и светотиодных ламп.

*Мероприятия по экономии электроэнергии в осветительных установках*

Сокращение расхода электроэнергии возможно двумя основными путями: снижением установленной мощности [осветительного оборудования](https://pandia.ru/text/category/osvetitelmznoe_oborudovanie/) и уменьшением времени его использования.

Снижение установленной мощности освещения достигается применением более энергоэффективных источников света, дающим нужные световые потоки при существенно меньшем энергопотреблении. Такими источниками могут быть компактные люминесцентные лампы или светодиодные источники.

Уменьшение времени использования светильников достигается использованием систем управления, регулирования и контроля работы осветительных установок. Это позволяет эксплуатировать их при сниженной (по сравнению с номинальной) мощности. А это значит, что при неизменной установленной мощности освещения снижается потребляемая энергия.

Управление осветительной нагрузкой осуществляется двумя основными способами: отключением всех или части светильников (дискретное управление) и плавным изменением мощности светильников (одинаковым для всех или индивидуальным).

К системам дискретного управления относят фотоавтоматы, таймеры и автоматы с датчиком присутствия.

Фотоавтоматы осуществляют включение и отключение осветительной нагрузки по сигналам датчика наружной естественной освещенности, таймеры - в зависимости от времени по предварительно заложенной программе. Автоматы с датчиком присутствия отключают светильники спустя заданное время после того, как из него удаляется последний человек и включает при его появлении. В целях экономии электроэнергии у них есть функция отслеживания естественного освещения - фотореле не дает включать освещение днем при естественном освещении. Это наиболее экономичный вид систем дискретного управления, однако, к побочным эффектам их использования относится возможное сокращение срока службы ламп за счет частых включений.

Система плавного регулирования мощности осуществляет изменение светового потока при изменении естественной освещенности или когда это необходимо. В момент начала обратного снижения уровня дневного света начинается плавное увеличение мощности осветительной установки. Для этого используют диммеры – светорегуляторы. Светорегуляторы снижают расход электроэнергии и продлевают срок службы ламп за счет подачи на них пониженного напряжения или другой частоты (для энергосберегающих люминесцентных ламп).

Экономия электроэнергии в осветительно-облучательных установках в сельскохозяйственном производстве, зависит от типа источников света, его [светотехнических](https://pandia.ru/text/category/svetotehnika_i_istochniki_sveta/) и эксплуатационных параметров, напряжения в сети, распо-ложения светильников и системы их управления. Экономию энергии можно получить за счет применения источников с более высоким энергетическим КПД. Значения энергетических коэффициентов полезного действия при преобразовании электроэнергии в лучистый поток показаны в таблице 4.5.

Экономия электроэнергии от мероприятий в осветительных установках приведена в таблице 4.6.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Виды источников излучения** | **Применяемые типы источников** | **Вид излучения, по которому оценивается** | **Примерное значение, %** |
| **Лампы накаливания** | Осветительные общего назначения (В, Г, Б, БК) | Световой поток | 2-3 |
| Инфракрасные (ИКЗ, ИКЗК) | Инфракрасный поток | 80-90 |  |
| Галогенные (КИ, КГ, КГТ) | Световой поток | 2-3 |  |
|  | Инфракрасный поток | 72-85 |  |
| **Газоразрядные лампы низкого давления** | Люминесцентные | Видимое излучение | 9-12 |
| Эритемные и бактерицидные (ЛЭ, ДБ) | Ультрафиолетовый поток | До 80 |  |
| Осветительные (ДРЛ, ДРН, ДнаТ) | Видимое излучение | 70-80 |  |
| **Газоразрядные лампы высокого давления** | Лампы для облучения растений (ДРЛФ, ДРН, ДнаТ) | Поток фотосинтезный (ФАР) | 10-20 |
| Лампы для ультрафиолетового облучения (ДРТ) | Ультрафиолетовый поток | До 20 |  |
| **«Темные» инфракрасные излучатели** | Металлические, кварцевые, керамические, излучатели | Инфракрасный поток | 45-50 |
| **Светодиодные светители** |  | Видимое излучение | 70 |

Применение электрических газоразрядных и диодных ламп освещения и облучения предполагает достаточно сложную и громоздкую пускорегулирующую аппартатуру, основанную первоначально на использовании электромагнитного дросселя и компенсирующего конденсатора. При этом возникают проблемы энергосбережения и значительных эксплуатационных расходов:

- высокие пусковые и рабочие токи;

- «третья гармоника», связанная с нелинейностью характеристик дросселя;

- значительный вес светильника, влияющий на стоимость несущих конструкций теплицы;

- низкий cosφ ≤ 0,85;

- недостаточный ресурс лампы, увеличивающий эксплуатационные расходы;

- отсутствия управления «световой» мощностью.

Таблица 4.5. **Энергетические коэффициенты полезного действия типов источников при преобразовании электроэнергии в лучистый поток**

Потери в электромагнитной пускорегулирующей аппаратуре составляют до 10% от мощности лампы. Их снижению способствует применение современных систем питания и управления источниками света, т. е. интеллектуальных электронных пускорегулирующих аппаратов - электронных [балластов](https://pandia.ru/text/category/ballast/).

Электронные балласты снижают пусковые и рабочие токи за счет повышения *cos φ*, что уменьшает коэффициент загрузки питающего силового трансформатора. При этом можно использовать кабели меньшего сечения.

Таблица 4.6. **Эффективность основных рекомендуемых мероприятий по экономии электроэнергии в осветительных установках, %**

|  |  |
| --- | --- |
| Мероприятия | Экономия электроэнергии, % |
| Замена ламп  накаливания газоразрядными Люминесцентные | 40 |
| ДРЛ | 50 |  |
| металлогалогенные | 65 |  |
| натриевые высокого давления | 70 |  |
| Применение светодиодных ламп | 80 |  |
| Использование ламп большей единичной мощности | До 10 |  |
| Своевременное включение и выключение осветительной установки в зависимости от естественного освещения | 5-20 |  |
| Применение электронных балластов в газоразрядных лампах | 10 |  |
| Своевременная чистка остекления световых проемов, источников света и светильников | 5-10 |  |

При повышении напряжения сети более 230 В в светильниках с электромагнитным балластом из-за нелинейности характеристик дросселя резко возрастают пусковые и рабочие токи, что ведет к нелинейному увеличению энергопотребления и значительному уменьшению ресурса лампы. При использовании светильников с электронным балластом напряжение в сети может быть в диапазоне от 180 до 250 В, причем энергопотребление не зависит от входного напряжения, что увеличивают ресурс источников не менее чем в два раза и повышает cosφ до 0,98. Это приводит к дополнительной экономии электроэнергии до 10-15%. Электронный балласт позволяет управлять «световой» мощностью, снижая, таким образом, освещенность до требуемого уровня при достаточном солнечном освещении, что позволяет сберечь дополнительно еще 15-20% энергии.

Однако следует учитывать, что использование компактных люминесцентных и светодиодных ламп, электронных пускорегулирующих аппаратов существенно увеличивают [капитальные вложения](https://pandia.ru/text/category/vlozhennij_kapital/) в осветительные установки, не покрываемые стоимостью сэкономленной электроэнергией.

**4.4. Энергосбережение в электронагревательных установках**

В настоящее время в сельскохозяйственном производстве электрическую энергию широко применяют для получения [тепловой энергии](https://pandia.ru/text/category/teployenergetika/), которая необходима для [теплоснабжения](https://pandia.ru/text/category/teplosnabzhenie/) животноводческих ферм и комплексов, [птицефабрик](https://pandia.ru/text/category/ptitcefabriki/), объектов сушки и переработки урожая зерновых и технических культур, тепличных и парниковых хозяйств, подсобных предприятий, бытовых и общественных помещений, и объектов. При этом электроэнергия обеспечивает:

1) выполнение процессов, неосуществимых без электронагрева (инкубация яиц птицы, местный обогрев молодняка животных и птиц и т. п.);

2) совершенствование технологии и тепловых процессов, повышение уровня их автоматизации;

3) увеличение объема производства сельскохозяйственной продукции;

4) повышение производительности труда и технического уровня производства;

5) повышение коэффициента загрузки и равномерности загрузки по времени электрических сетей;

6) снижение теплопотерь по сравнению с топливными нагревательными установками.

Эффективность электротепловых установок определяется снижением затрат на электроэнергию, которое достигается следующими путями:

1) электротепловыми установками для местного обогрева животных, обеспечивающих необходимый тепловой режим только в зоне нахождения животных, а не во всем объеме помещения, как при электрокалориферном подогреве [вентиляционного](https://pandia.ru/text/category/ventilyatciya/) воздуха, что снижает общий расход электроэнергии при том же технологическом эффекте;

2) комплектованием электрокалориферных установок теплообменными аппаратами, что существенно сокращает расход энергии;

3) созданием установок с аккумуляцией тепла, работающих на внепиковой электроэнергии, удельные расчетные затраты на которую ниже чем на энергию, потребляемую по свободному графику.

В сельскохозяйственном производстве электрический нагрев применяется для:

а) нагрева воздуха в системах приточной вентиляции и кондиционирования сельскохозяйственных помещений, при создании оптимального микроклимата с системой автоматического регулирования и программирования технологических процессов, в системах рециркуляции овоще и фруктохранилищ, при различных технологических операциях сушки материалов (сена, зерна, семян);

б) нагрева воды и производства пара для кормоприготовления, санитарно-гигиенической обработки животных, помещений, оборудования, для первичной обработки с. х. продуктов и отходов, отопления и вентиляции, полива растений и различных технологических нужд;

в) местного обогрева при использовании панелей, радиаторов, инфракрасных облучателей.

Сельскохозяйственным предприятиям как объектам теплоснабжения присущи характерные особенности, к которым в первую очередь следует отнести:

– низкую плотность тепловых нагрузок и большая рассредоточённость потребителей, что обуславливает широкое распространение [децентрализованных](https://pandia.ru/text/category/detcentralizatciya/) систем теплоснабжения от топливных котельных, обладающих целым рядом известных недостатков – большие транспортные расходы на доставку топлива, потери топлива при транспортировке и хранении, значительные затраты ручного труда на обслуживание большого количества маломощных топливных установок по причине сложности автоматизации, “перетопы” в связи с недостаточной гибкостью топливных установок и неполным сгоранием топлива из-за плохого состояния оборудования и частым применением низкокалорийного топлива (бурый уголь, дрова и т. п.), что снижает КПД топливных установок до 0,08...0,15 вместо расчетных – 0,35...0,5;

– большую неравномерность нагрузки и малый коэффициент использования её максимума, что сопровождается перерасходом топлива в периоды провалов нагрузки;

– для нормального содержания и развития животных, птиц и растений не допустимость резких колебаний параметров микроклимата.

Из общей потребности [сельского хозяйства](https://pandia.ru/text/category/selmzskoe_hozyajstvo/) страны в различных видах энергии доля тепловой составляет примерно 65%. А удельный вес электронагрева в общем потреблении электроэнергии сельским хозяйством достигает более 30%. При этом повышается продуктивность животноводства и птицеводства, снижение падежа животных и удельного расхода кормов. При технико-экономическом сравнении вариантов теплоснабжения необходимо учитывать эффект, который дает более “гибкий” энергоноситель - электричество. Отечественный и зарубежный опыт эксплуатации электроотопительных установок показывает, что использование электрической энергии позволяет с большой точностью поддерживать необходимые микроклиматические условия в помещениях, на 15...20% увеличить суточные приросты массы при откорме скота, снизить на 20...25% расход кормов, снизить на 10...15% - падеж молодняка и увеличить на 30% яйценоскость кур.

Для нагрева воды промышленность выпускает различные [водонагреватели](https://pandia.ru/text/category/vodonagrevateli/) типов ЭВН, ЭВА, ЭПВ, ВЭТ, ВЭП, УАП, САОС. Для нагрева воздуха – калориферы КЭВ, СФО, СФОЦ. Выпускаются зерносушилки ЗШ, РУС, СК, СП.

Применение электроэнергии для покрытия тепловых потребностей с. х. производства требует ее экономного расходования как наиболее ценного и удобного источника теплоты. При этом экономия энергоресурсов должна осуществляться при уменьшении общих и удельных затрат на продукцию за счет использования следующих рекомендаций:

– применение децентрализованных источников электротеплоты без внешних систем теплоснабжения (теплопроводов), что сокращает потери тепловой энергии на 15-20%;

– применение зонного технологического обогрева молодняка животных и птиц;

– повышение до оптимального уровня теплоизоляции ограждающих конструкций с. х. помещений, зданий, сооружений и теплоаккумуляционного оборудования;

– максимального использования тепловыделений животных, энергетического оборудования путем применения новых способов очистки, обеззараживания и утилизации тепла, отработанного вентиляционного воздуха (сезонный расход электроэнергии сокращается на 40-50%);

– уточнение норм по теплу, воздухообмену, расчетным температурам и длительности отопительного сезона;

– автоматизация тепловых процессов, обеспечивающая более точное поддержание и регулирование параметров производства;

– использование новых способов технологий производства, направленных на уменьшение затрат энергии;

– разработка и использование установок с аккумуляцией тепла, работающих на внепиковой электроэнергии, стоимость которой существенно ниже энергии, потребляемой по свободному графику.

**4.5. Энергосбережение в электрифицированных крестьянских (фермерских) хозяйствах**

Начиная с 90-х годов, за время, так называемых реформ, из-за развала крупных сельскохозяйственных предприятий объем производства их продукции сократился (по оценкам экспертов) более, чем в 5 раз. Особенно это коснулось животноводческой отрасли.

Большие надежды в развитии АПК, вроде бы, возлагались на крестьянские и фермерские хозяйства. Однако нормальных экономических и технических условий для этого до сих пор не создано и ожидаемого результата нет. Одной из причин такого положения является низкая энерго - и электровооруженность крестьянского труда, что в немалой мере определяется постоянно растущими ценами на энергоносители, топливо и электрическую энергию. В этой связи и возникает необходимость разработки рекомендаций по энергосбережению в уже электрифицированных крестьянских и фермерских хозяйствах.

В соответствии с существующим законодательством все граждане страны обязаны экономно расходовать электрическую энергию и всеми возможностями способствовать этому. Но при этом не должны ухудшаться условия труда и быта населения, особенно сельского.

В [Волгоградской области](https://pandia.ru/text/category/volgogradskaya_obl_/) потребление электроэнергии на производство с. х. продукции в [крупных предприятиях](https://pandia.ru/text/category/krupnoe_predpriyatie/) и организациях за последние годы сократилось в 5,25 раза. Одновременно возросло потребление в крестьянских усадьбах на производственные и бытовые нужды благодаря возрастающему их насыщению электрическими бытовыми приборами и механизмами для мелких приусадебных хозяйств.

При использовании и эксплуатации этих технических средств необходимо выполнять ряд рекомендаций:

– использовать электронагреватели только аккумуляционного типа с высококачественной теплоизоляцией и включением их в работу во время ночных провалов суточных графиков нагрузок и не допускать перегрева воды;

– электрические плиты и плитки должны иметь бесступенчатые [терморегуляторы](https://pandia.ru/text/category/termoregulyatori/), обеспечивающие самый экономичный режим приготовления пищи в посуде с утолщенным ровным дном и диаметром, равным диаметру конфорки или немного больше нее;

– постоянно следить за состоянием теплоизоляции дверок и стекол жарочных шкафов и духовок;

– для сокращения потерь теплоты через окружающие конструкции жилых помещений и помещений для животных и птицы устраивать хорошую теплоизоляцию стен, потолков, пола, окон, дверей;

– в электроосветительных установках применять светорегуляторы, светильники местного освещения, правильно рассчитывать и выбирать мощность и тип источников света;

– правильно устанавливать и эксплуатировать в соответствии с инструкцией холодильные и морозильные камеры;

– использовать стиральные машины автоматические, с программным управлением при условии полного выполнения рекомендаций инструкции;

– регулярно проверять герметичность воздушного тракта и своевременно очищать пылесборник и фильтры пылесосов;

– для [водоснабжения](https://pandia.ru/text/category/vodosnabzhenie_i_kanalizatciya/) усадьбы использовать водоподъемные автоматизированные установки типа ВУ, укомплектованные трубами и шлангами оптимальных размеров, исключать засорение элементов и участков трубопроводов, не допускать подсоса воздуха во всасывающем трубопроводе;

– в электрообогреваемых теплицах необходимо применять двойное пленочное покрытие, не допускать инфильтрации воздуха элементами конструкции ограждения;

– электрические ручные машины, инструменты для строительных и хозяйственных работ по уходу за животными, приусадебным участком использовать при строгом соблюдении правил и инструкций монтажа, ухода и периодического обслуживания;

– периодически сравнивать фактические расходы электроэнергии при выполнении хозяйственных работ со средними рекомендуемыми нормами потребления с целью принятия мер по устранению обнаруженных различий.