

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬ-  
НОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ФТД.В.02 Энергосбережение в электроэнергетике**

**Направление подготовки (специальность) 35.04.06 – Агроинженерия**

**Профиль образовательной программы «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве»**

**Форма обучения заочная**

## **СОДЕРЖАНИЕ**

### **1. Конспект лекций**

- 1.1 Лекция № 1** Современное состояние вопроса и постановка проблемы энерго- и ресурсосбережения 3
- 1.2 Лекция №2** Понятие энергетического аудита. Основные этапы энергетического аудита 10
- 1.3 Лекция № 3** Нормативно -правовая и нормативно -техническая база энергосбережения 19
- 1.4 Лекция № 4** Энергосбережение и экология. Структура энергетического паспорта предприятия 20

### **2. Методические указания по выполнению практических работ**

- 2.1 Практическая работа №1** Нормативно-техническая и законодательная база по энергосбережению и энергоаудиту. ГОСТ 51387-99 «Энергосбережение. Нормативно-техническое обеспечение»; ГОСТ 51379-99 «Энергосбережение. Энергетический паспорт промышленного потребителя ТЭР»; ГОСТ 51380-99 «Энергосбережение. Методы подтверждения соответствия показателей энергетической эффективности 22
- 2.2 Практическая работа №2** Расчет экономии электроэнергии в действующих осветительных установках помещений при проведении энергетического аудита 29
- 2.3 Практическая работа №3** Составление энергетического паспорта (энергоаудит) 35

# 1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

## 1. 1 Лекция №1 (2 часа).

**Тема:** «Современное состояние вопроса и постановка проблемы энерго- и ресурсосбережения»

### 1.1.1 Вопросы лекции:

- 1) Энергоресурсы. Виды энергоресурсов.
- 2) Закономерности потребления энергии.
- 3) Современное состояние вопроса по энергосбережению в России.

### 1.1.2 Краткое содержание вопросов:

- 1) *Энергоресурсы. Виды энергоресурсов.*

**Энергоресурсы** — все доступные для промышленного и бытового использования источники разнообразных видов энергии: механической, тепловой, химической, электрической, ядерной.

Темпы научно-технического прогресса, интенсификация общественного производства, улучшение условий труда и решение многих социальных проблем в значительной мере определяются уровнем использования энергетических ресурсов. Развитие топливно-энергетического комплекса и энергетики является одной из важнейших основ развития всего современного материального производства.

Среди первичных энергоресурсов различают невозобновляемые (невоспроизводимые) и возобновляемые (воспроизводимые) **энергоресурсы**. К числу невозобновляемых энергетических ресурсов относятся в первую очередь органические виды минерального топлива, добываемые из земных недр: нефть, природный газ, уголь, горючие сланцы, другие битуминозные горные породы, торф. Они используются в современном мировом хозяйстве в качестве топливно-энергетического сырья особенно широко и, поэтому, нередко называется традиционными энергетическими ресурсами.

К возобновляемым (воспроизводимым и практически неисчерпаемым) энергетическим ресурсам относятся гидроэнергия (гидравлическая энергия рек), а также так называемые нетрадиционные (или альтернативные) источники энергии: солнечная, ветровая, энергия внутреннего тепла Земли (в том числе геотермальная), тепловая энергия океанов, энергия приливов и отливов. Особо должна быть выделена ядерная или атомная энергия, относимая к невозобновляемым энергетическими ресурсами, так как её источником являются радиоактивные (преимущественно урановые) руды. Однако со временем, с постепенной заменой атомных электростанций (АЭС), работающих на тепловых нейтронах, атомными электростанциями, использующими реакторы-размножители на быстрых нейтронах, а в будущем термоядерную энергию, ресурсы ядерной энергетики станут практически неисчерпаемыми.

Важным первичным энергоресурсом для электроэнергетики становится в конце 20 века и в перспективе ядерная энергетика. В середине 80-х годов на атомных электростанциях мира было выработано свыше 12% всей электроэнергии, произведённой на планете, а в начале 21 века её доля в мировом электробалансе увеличится ещё в 2-2,5 раза. Большая роль в производстве электроэнергии принадлежит гидроэнергетическим ресурсам, источником которых является постоянное те-

чение рек; в середине 80-х гг. на долю гидроэлектростанций приходилось 23% всей электроэнергии, выработанной в мире.

Значительно возрастает роль и такие возобновляемые **энергоресурсы**, как солнечная энергия (энергия солнечной радиации, поступающей на поверхность Земли), энергия внутреннего тепла самой Земли (в первую очередь геотермальная энергия), тепловая энергия Мирового океана (обусловленная большими перепадами температур между поверхностными и глубинными слоями воды), энергия морских и океанических приливов и энергия волн, ветровая энергия, энергия биомассы, основой которой является механизм фотосинтеза (биоотходы сельского хозяйства и животноводства, промышленные органические отходы, использование древесины и древесного угля). По имеющимся прогнозам, доля возобновляемых энергетических ресурсов (гидроэнергетических и перечисленных нетрадиционных) достигнет в 1-й четверти 21 века примерно 7-9% в мировом суммарном использовании всех видов первичных энергоресурсов (свыше 20-23% будет приходиться на атомную ядерную энергию и около 70% сохранится за органическим топливом — углём, газом и нефтью).

Первичные энергетические ресурсы — это нефть, природный газ, каменный и бурый уголь, горючие сланцы, торф (невозобновляемые ресурсы литосферы); древесина (возобновляемый ресурс), гидроэнергия — это неисчерпаемый ресурс гидросферы и др.

Запасы энергии атомного распада и ядерного синтеза являются физически неисчерпаемыми.

До начала XX в. основным энергетическим ресурсом на планете была древесина, позже ее значение уменьшилось. Произошел первый «энергетический переход» — широкое использование угля, на смену ему пришли потребление и добыча прочих видов топлива (нефти и природного газа), использование ядерной энергии.

«Эра нефти» дала толчок интенсивному развитию экономики, в связи с этим увеличились производство и потребление ископаемого топлива, а также количество потребляемой на планете энергии.

Согласно данным Мирового энергетического совета (МИРЭС) доказанные извлекаемые запасы органического топлива в мире составляют 1220 млрд т «условного» топлива (у.т.), а общие извлекаемые ресурсы приблизительно в 4,5 раза больше. Доказанные запасы органического топлива достаточны для удовлетворения ожидаемого увеличения мирового спроса на них в течение многих десятилетий.

Общемировые запасы органического топлива складываются из запасов угля (до 60 %), нефти и газа (около 27 %), все это пересчитывается в эквиваленте «условного» топлива. В совокупной мировой их добыче (производстве) формируется иная ситуация по удельному весу энергоносителей: на уголь приходится свыше 30 %, а на нефть и газ — более 67 % от общей добычи топливных ресурсов.

В общемировых разведанных запасах выделяют еще достоверные.

На долю стран, входящих в экономическую группировку ОПЕК, приходится приблизительно 77 % мировых запасов нефти и 41 % мировых запасов природного газа.

В странах — крупнейших производителях нефти обеспеченность запасами выше среднего уровня.

Наиболее крупными запасами угля обладают США, Россия, КНР, ЮАР, Австралия, ФРГ, Индия.

Известные ресурсы урана в мире на сегодняшний день оцениваются в 2,4 млн т.

Использование энергетических ресурсов – это основной показатель уровня развития цивилизации. Потребление разных видов первичных энергоносителей (нефти, газа, угля) промышленно развитыми государствами значительно превосходит соответствующие показатели стран развивающегося мира.

Энергетическая ситуация, складывающаяся в результате этой тенденции, для большинства стран третьего мира чревата сложными экологическими проблемами.

Понятие «энергетический кризис» можно определить как напряженное состояние, сложившееся в результате несовпадения между потребностями современного общества в энергии и запасами энергоресурсов, в том числе вследствие нерациональной структуры их потребления.

Вторичные энергетические ресурсы (ВЭР) — это энергия различных видов, покидающая технологический процесс или установку, использование которой не является обязательным для осуществления основного технологического процесса. Экономически она представляет собой побочную продукцию, которая при соответствующем уровне развития техники может быть частично или полностью использована для нужд новой технологии или энергоснабжения других агрегатов (процессов) на самом предприятии или за его пределами.

Экономика стала бы значительно менее энергоемкой и менее загрязняющей окружающую среду за счет вторичного использования отходов. Большая часть используемых сегодня материалов выбрасывается после одноразового применения. Это примерно 2/3 всего алюминия, 3/4 стали и бумаги и еще большая часть пластмасс. Всего лишь 5% энергии, затрачиваемой на добычу алюминия из бокситов, требуется для его регенерации. Для стали, изготавливаемой только из лома, экономия энергозатрат составляет примерно 65%. Производство газетной бумаги из макулатуры требует на 25 - 60% меньше энергии, чем ее изготовление из древесной массы. Получение стекла из вторсырья экономит до 33% энергии, необходимой для его изготовления из первичного сырья.

В настоящее время особенно велики потери теплоты на электростанциях, в металлургической, химической, нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности, в сельском хозяйстве.

Теплота уносится также с вентиляционным воздухом, с канализационными и бытовыми стоками. Согласно расчетам, из 1,7 млрд. т у. т., расходуемого в стране за год, полезно используется примерно 700 млн. т. Утилизация ВЭР позволит получить большую экономию топлива и существенно уменьшить капитальные затраты на создание соответствующих энергоснабжающих установок, так как при одинаковом эффекте затраты на улучшение использования энергоресурсов в 1,5-2 раза ниже затрат на добычу топлива. Рациональное и возможно более полное использование вторичных энергоресурсов дает большую экономию материальных, денежных и трудовых затрат, обеспечивает снижение выбросов вредных веществ, в том числе и тепловых.

ВЭР разделяются на три основные группы: избыточного давления, горючие и тепловые.

*2) Закономерности потребления энергии.*

Между биологическими системами и окружающей средой непрерывно происходит самопроизвольный обмен веществом и энергией. Обмен, происходящий между человеком и природой в процессе его трудовой деятельности, материального производства и потребления, переходит на другой уровень: от самопроизвольного обмена к осознанной трудовой деятельности человека, направленной на видоизменение и приспособление предметов природы для удовлетворения своих потребностей. Если говорить

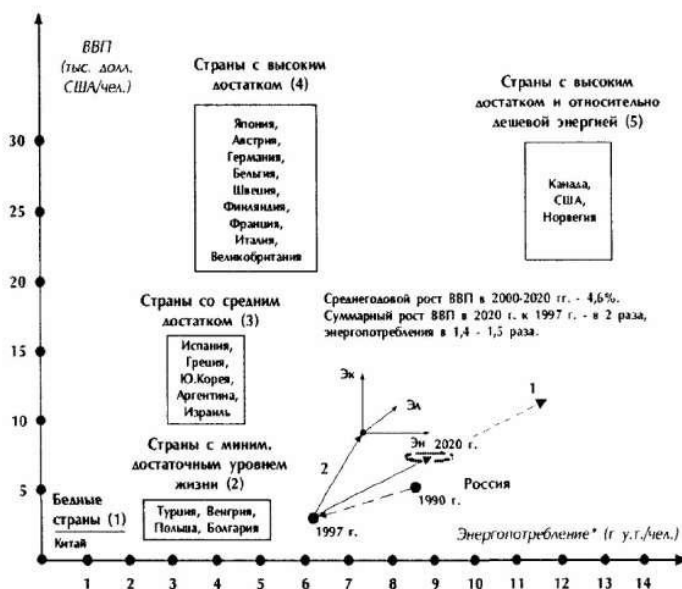


Рис. 1. Соотношение удельного ВВП и удельной энергоемкости различных стран

об энергетической сущности этих процессов, то впервые на них обратил внимание наш соотечественник С.А. Подолинский, который в 1880 г. дал определение: «труд есть такое потребление механической и психической работы, накопленной в организме, которое имеет результатом увеличения количества превратимой энергии на земной поверхности» [1]. Исследуя различные виды труда, С.А. Подолинский показал, что все они подчиняются *закону накопления энергии трудом*. Например, шитье одежды, постройку жилья С.А. Подолинский считал полезным трудом, потому что их конечная цель та же самая - сберечь часть превратимой энергии, накопленной в человеческом теле, защищая его от холода, ветра, дождя и т.п.

При этом он подчеркивал, что одежда и жилище точно так же ведут к сбережению и наивыгоднейшему распределению энергии в теле человека, как, например, обучение ведет к наивыгоднейшему потреблению энергии во время работы. Следует от себя добавить – осознанной работы.

Вместе с тем С.А. Подолинский не упускает из виду, что такой, казалось бы, самый энергетически выгодный труд, как добыча угля и торфа, позволяющий получить в те времена в 20 раз больше энергии, чем затрачивалось, лишь относительно выгоден. «Не следует забывать, – писал он, – что каменный уголь есть запас солнечной энергии, собранный за громадный период времени, и что, потребляя его в большом количестве, мы вводим в наш бюджет случайно собравшиеся доходы прежних лет, а расчет ведем так, как будто мы действительно сводим концы с концами. Если бы мы посредством того труда, который идет на добывание каменного угля, умели фиксировать ежегодно такое количество солнечной энергии на земной

поверхности, которое равняется добычи каменного угля, тогда действительно весь этот труд мог бы считаться полезным» [2].

Здесь даны определения истощаемости невозобновляемых источников и обязательности перехода на возобновляемые источники энергии, что и является основной целью энергосберегающей деятельности человека.

С.А. Подолинский отмечал также, что человеческая деятельность, противоположная труду, например войны, есть расхищение энергии, рассеиваемой в пространстве. Согласно современным научным представлениям, мерой рассеяния энергии является энтропия. В пределах любой замкнутой системы количественный рост энтропии ведет к качественному обесцениванию энергии этой системы.

Таким образом, можно утверждать, что примерно 125 лет назад С.А. Подолинский обосновал энергоэнтропийную сущность трудовой деятельности, которую можно свести к следующему выводу: «усовершенствование» человеческой жизни должно заключаться главным образом в количественном увеличении энергетического бюджета каждого человека, а не только в качественном превращении низшей энергии в высшую, так как последнее возможно только в очень ограниченной степени, значительно меньшей, чем количественное накопление.

Именно через реализацию энергетического потенциала на свое развитие человечество обеспечило появление промышленности, науки, культуры, что и обуславливает определенное качество нашей жизни. Все это было бы невозможно без активного использования энергетических ресурсов Земли, к сожалению, пока в основном за счет их невозобновляемой части. Основным показателем качества жизни человека на Земле большинством специалистов признается длительность жизни одного индивида. Эта характеристика, несмотря на значительные колебания, связанные с климатическими, политическими (войны), историческими особенностями развития различных стран, зависит от энергетического потенциала человечества. На рис. 2.2 показано изменение средней длительности жизни человека в зависимости от среднего (по всем странам мира) потребления первичной энергии.

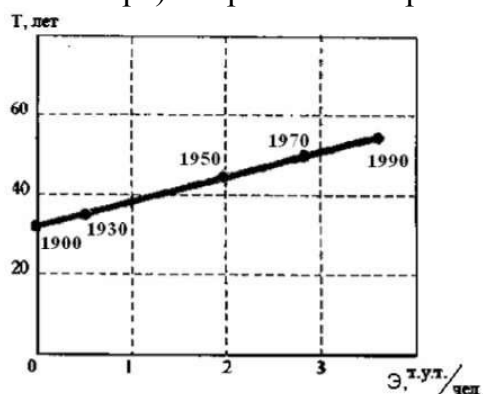


Рис. 2 Изменение средней длительности жизни на планете в зависимости от потребления первичной энергии в 1900 – 1990 гг.

В настоящее время, несмотря на улучшение энергетического обеспечения человечества в целом, условия жизни в разных странах далеко не одинаковы. Длительность жизни и доходы населения как показатели жизненного уровня зависят от энергообеспеченности каждой конкретной страны (табл. 2.2). Наблюдается определенная устойчивая связь высокого уровня энергообеспечения в развитых странах с высшими показателями качества жизни. Разрыв между развитыми и слаборазвиты-

ми странами, в которых проживает 2/3 населения Земли, достигает десятикратных размеров.

Графическая зависимость изменения средней длительности жизни для условий России в зависимости от изменения уровня энергообеспеченности приведена на рис. 2.3. Здесь также наблюдается очевидный рост средней продолжительности жизни по мере увеличения показателей энергообеспечения, а именно за период с 1900 г. по 1990 г., средняя длительность жизни человека в России более чем удвоилась.

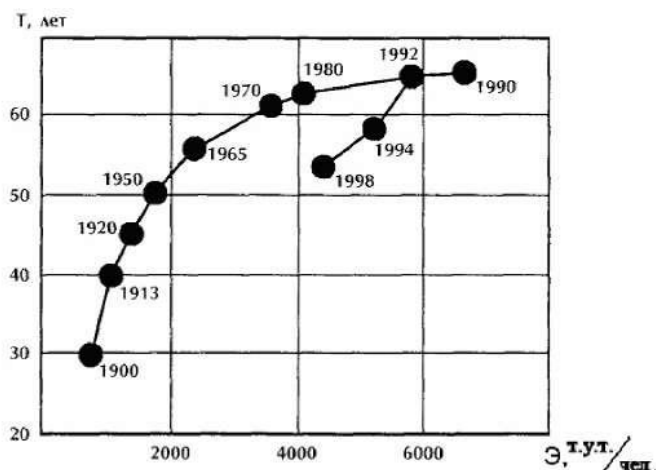


Рис. 3 Изменение средней длительности жизни для условий России в 1900 – 1999 гг.

Длительность жизни человека и объем производства пищи, несомненно, находятся в прямой связи. Приведем данные академика Н.Н. Семенова, согласно которым в 1972 г. мировой урожай составлял  $7,5 \cdot 10^9$  т, а добыча горючего  $6 \cdot 10^9$  т. Если считать, что калорийность пищи и кормов в сухом виде составляет около  $4 \cdot 10^6$  ккал/т против  $7 \cdot 10^6$  ккал/т у.т., то окажется, что энергоёмкость пищи и кормов, производимых в год, составляет около 70 % энергоёмкости добываемого за это же время горючего.

Хотелось бы еще обратить внимание читателя на наличие значительного теоретического задела, касающегося зависимости между расходом энергии и валовым внутренним продуктом (ВВП). Сейчас широко используется такой показатель, как темпы изменения суммарного расхода энергии в тепловых единицах на ВВП в неизменных долларах – темпы изменения отношения расхода энергии к ВВП, для того, чтобы определить зависимость между реальным экономическим ростом и ростом расхода энергетических ресурсов. За истекшее столетие количество энергии, требующейся для единицы прироста ВВП, в целом уменьшилось. Это объясняется главным образом влиянием новых технологий, особенностями изменения видов продукции и др. Например, в США в 1947 г. удельный расход энергии на 1 доллар прироста ВВП составлял 4,16 кг у.т. К 1960 г. этот показатель в расчете на 1 доллар снизился до 3,34 кг у.т., в 1974 г. составил 2,87 кг у.т., а в конце 90-х годов приблизился к 2,3 кг у.т. в расчете на 1 доллар прироста ВВП [10, 74].

Следовательно, снижение удельного расхода энергии на единицу прироста ВВП является обязательным условием устойчивого развития экономики страны, в том числе и за счет повышения эффективности использования энергии.

### 3) Современное состояние вопроса по энергосбережению в России.

Потребление электроэнергии в России после спада 1992-2000 гг., в 2000-2007 гг. неуклонно росло и в 2007 г. достигло уровня 1995 г. При этом пиковая нагрузка в единой энергетической системе России зимой 2006 года превысила показатели 1993 г. и составила 153,1 ГВт [4].

В соответствии с основными параметрами прогнозного баланса электроэнергетики на 2008-2012 гг., энергопотребление в России к 2012 году вырастет до 1045 млрд кВтч по сравнению с показателем 2007 г. – 939 млрд кВтч. Соответственно, ежегодные темпы роста электропотребления прогнозируются на уровне 2,2 %. Среднегодовые темпы увеличения зимнего максимума нагрузки прогнозируются на уровне 2,5 %. В результате к 2012 г. этот показатель может вырасти на 18 ГВт – с 143,5 ГВт в 2007 году до 160 ГВт в 2012 году. Таким образом, общая потребность в установленной мощности электростанций в России к 2012 г. возрастет на 24,9 ГВт до 221,2 ГВт. При этом увеличение потребности в резерве мощности в период с 2007 до 2012 г. составит 3 ГВт, а потребность в мощности электростанций для обеспечения экспортных поставок в 2012 г. вырастет на 3,4 ГВт – до 5,6 ГВт [11].

Проблемы энергосбережения относятся к актуальнейшим проблемам глобальной постиндустриальной экономики. Для России они являются особенно важными потому, что расход энергии на единицу валового внутреннего продукта в стране в среднем на 30% выше, чем в остальных индустриально развитых странах. Из стран, входящих в десятку крупнейших потребителей энергии в мире, ни одна не потребляет больше энергии на единицу ВВП, чем Россия.

Объем неэффективного использования энергии в России в настоящее время равен годовому потреблению первичной энергии во Франции.

С одной стороны, нельзя не учитывать тот факт, что более высокий уровень энергоемкости российской экономики может быть объяснен объективными, существенными причинами такими как: высокая доля энергоемких отраслей в промышленном производстве, суровые климатические условия, огромные масштабы территории страны и другие. С другой стороны, можно действительно говорить о наличии неэффективного, расточительного расходования энергетических ресурсов. Доля энергетических затрат в себестоимости российской продукции составляет 10-25%.

Уровень развития экономики, географические размеры, температуры воздуха и структура промышленности объясняют, конечно, некоторую долю российского энергетического «аппетита», но не весь масштаб энергопотребления.

Подобные объяснения, безусловно, заслуживают внимания, поскольку в России сложились уникальные условия: она занимает второе место в мире по показателю самых низких средних температур воздуха, первое место в мире по величине территории, и первое место среди республик бывшего Советского Союза по уровню индустриального развития. Однако совокупность этих факторов не объясняет в полной мере существующий уровень высокой энергоемкости в России.

В целом, чем выше ВВП какого-либо государства, чем больше его территория, ниже средние температуры воздуха и выше доля промышленной продукции в общем объеме производства, тем выше его энергопотребление. Вкупе эти факторы объясняют большинство различий между уровнями потребления энергии в разных странах. Однако они объясняют только около 80% объема энергопотребления в России.

Оценка степени влияния разнообразных факторов на различия в уровнях энергопотребления между странами, а также степени, в которой эти факторы объясняют уровень энергопотребления в России выявила что, по меньшей мере, некоторая часть энергопотребления в России обусловлена не доходами, размером, температурой воздуха и структурой промышленности, а другими факторами.

Так, например, энергосбережение в ЖКХ намного отстает от промышленного и коммерческого секторов, где четко определена роль хозяина – рачительного владельца, который умеет считать свои затраты. Энергосберегающие технологии фрагментарно вводятся на строящихся объектах ЖКХ, но они не стали еще системообразующей основой для энергокомплекса ЖКХ. Не закончен даже первый этап его реконструкции – повсеместно не проведена установка приборов учета тепловой энергии. В виду недостаточного финансирования ЖКХ, проблема учёта и регулирования расхода энергоресурсов второстепенна в сравнении, например, с ремонтом кровли, заменой обветшавших коммуникаций или санацией жилых домов в целом. Даже в крупных городах состояние коммунальной энергетики можно оценить как неудовлетворительное. В регионах оно еще хуже – теплоснабжение работает аварийно и малоэффективно.

Анализ показывает, что крупнейшей угрозой надежному, устойчивому энергоснабжению промышленности и особенно ЖКХ является неудовлетворительное состояние энергоисточников, магистральных и распределительных тепловых сетей. Участвовавшие в последние годы сбои в тепло- и электро-снабжении, аварии и техногенные катастрофы в ТЭК приводят к огромным экономическим потерям в народном хозяйстве и даже к человеческим жертвам.

Рост неплатежей за энергоносители, несовершенство налоговой и тарифной политики являются причиной убыточности многих предприятий ТЭК, что не позволяет проводить активную инвестиционную политику.

Управляющие организации не заинтересованы в проведении энергосберегающих мероприятий в связи с тем, что достигнутая экономия, в соответствии с Постановлением Правительства РФ № 307 «О порядке предоставления коммунальных услуг гражданам» от 23 мая 2006 г. подлежит перерасчету и возврату гражданам в течение года. Это ограничение не позволяет вернуть кредитные средства, поскольку сэкономленных за год денежных средств не хватает на покрытие затрат по установке узлов учета и регулирования.

Однако, в результате неуклонного роста издержек на энергоснабжение и мощнейшего государственного давления на потребителей ТЭР, **предприятия вы-**

**нуждены принимать срочные меры по повышению энергетической эффективности.** Этот же путь предстоит пройти **и населению страны** для снижения оплаты коммунальных услуг.

## **1.2 Лекция №2 (2 часа).**

**Тема:** «Понятие энергетического аудита. Основные этапы энергетического аудита»

### **1.2.1 Вопросы лекции:**

- 1) Основные термины и определения энергетического аудита.
- 2) Получение информации об объекте энергоаудита.
- 3) Изучение топливно-энергетических потоков по объекту в целом и отдельным подразделениям.
- 4) Анализ эффективности использования топливно-энергетических ресурсов объектом.

### **1.2.2 Краткое содержание вопросов:**

*1) Основные термины и определения энергетического аудита.*

Под энергетическим аудитом будем понимать обследование предприятий, организаций и отдельных производств по их инициативе с целью определения возможностей экономии потребляемой энергии и помощи предприятию в осуществлении экономии на практике путем внедрения механизмов энергетической эффективности, а так же с целью внедрения на предприятии системы энергетического менеджмента.

Предметом энергетического аудита является система обследования потребления топлива и энергии, анализа и выдачи рекомендаций по эффективному использованию энергоресурсов.

Главной целью энергетического аудита является поиск возможностей энергосбережения и помощи субъектам хозяйствования в определении направлений эффективного энергоиспользования.

Объектом энергетического аудита может быть любое предприятие, энергетическая установка, здание, агрегат, потребляющий или вырабатывающий энергию.

Назначением энергетического аудита является решение следующих задач:

- составление карты использования объектом топливно-энергетических ресурсов;
- разработка организационных и технических мероприятий, направленных на снижение потерь энергии;
- определение потенциала энергосбережения;
- финансовая оценка энергосберегающих мероприятий.

Энергетический аудит проводится энергосервисными компаниями или независимыми экспертами (энергоаудиторами), которые уполномочены субъектами хозяйствования на его проведение.

Энергоаудитором может быть гражданин России, который получил профессиональную подготовку и имеет соответствующий документ. Эффективность и полнота энергетического обследования зависят от квалификации и опыта энергоаудитора.

Философия энергоаудита основывается на следующих основных посылах:

1. Энергоаудиторы должны обнаруживать факты, а не просто фиксировать ошибки;

2. Энергетические аудиты не должны проводиться скрытно (секретно).

Другие подходы не только устарели и маскируют плохую профессиональную подготовку, но и приносят в работу элементы фискального менталитета

Результаты, предоставляемые заказчику - это прежде всего отчет об энергетическом аудите, в котором определяются конкретные пути повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов.

*2) Получение информации об объекте энергоаудита.*

I этап. Получение информации об объекте энергоаудита

- Сбор первичных данных о потреблении топлива, воды и электроэнергии за предыдущий и текущий годы.

Это дает возможность судить о направлениях в использовании топлива и энергии, определить тенденции в использовании топливно-энергетических ресурсов, что является базой для определения технико-экономических показателей по объекту в целом.

- Анализ структуры энергопотребления.

Это позволяет определить структуру энергоиспользования по объекту. Анализ структуры позволяет сформулировать стратегию энергоиспользования на перспективу.

- Анализ структуры затрат на энергию.

Анализ долевых затрат различных видов энергии в общих затратах позволяет наметить предварительное направление энергетического аудита, обратив внимание на виды энергии с наибольшими долевыми затратами.

- Определение расхода энергоносителей на единицу выпускаемой продукции по предприятию и отдельным подразделениям.

Это позволяет оценить удельный расход энергии на единицу выпускаемой продукции основного и вспомогательных производств в сравнении с аналогичными передовыми производствами, позволяет оценить долю стоимости энергоносителей в себестоимости продукции.

II этап. Изучение топливно-энергетических потоков по объекту в целом и отдельным подразделениям

- Изучение схемы технологического производства основного и процессов.

В состав схемы входит исходная сырьевая база, последовательность отдельных технологических операций, их взаимосвязь для получения основной и вспомогательной продукции. Схема необходима для последующего учета на каждом уровне энергетических ресурсов и дальнейшей оценки правильности принятых технологических операций.

- Составление схемы потребления энергетических ресурсов объектом.

На технологическую схему наносятся места потребления и передачи на разные уровни схемы различных топливно-энергетических ресурсов.

- Составление карты и пользования энергетических ресурсов.

Карта использования энергетических ресурсов представляет собой нанесение на план объекта в соответствующем масштабе потребление различных видов энергии по отдельным подразделениям. Позволяет оценить транспортные потоки разных видов энергии и оценить наиболее энергоемкие подразделения .

- Составление баланса предприятия по отдельным видам энергоресурсов.

Баланс по отдельным энергоресурсам объекта позволяет в целом оценить эффективность использования различных энергоносителей, акцентировать внимание на отдельных потребителях энергии для углубленного их изучения .

- Составление топливно-энергетического баланса предприятия.

Топливо-энергетический баланс объекта является основной для оценки правильности выбора энергоносителей, прогнозной оценки потребления энергоносителей.

- Выявление наиболее энергоемких потребителей и сбор данных по ним.

Определение наиболее энергоемких потребителей объекта, для которых устанавливаются как исходные данные каталожного характера, схемы энергоиспользования, а так же определяются с помощью соответствующих измерений режимные параметры их работы для последующей оценки эффективности использования энергоносителей.

- Определение удельных норм потребления энергии по отдельным потребителям.

Удельные нормы потребления энергии по отдельным потребителям и объекту в целом дают возможность сравнения с аналогичными нормами высокопроизводительных производств и выявить отдельные потребители с низкими нормами для дальнейшего обследования.

- Составление энергетического баланса по отдельным энергоемким потребителям.

Энергетический баланс по отдельным энергоемким потребителям позволяет оценить эффективность использования при различных видах энергии, выявить участки нерационального использования энергии, наметить пути экономии энергии.

III этап. Анализ эффективности использования топливно -энергетических ресурсов объектом

- Анализ эффективности использования отдельных технологических процессов.

На основании анализа дается заключение в правильности принятых в условиях действующего объекта отдельных технологических решений или о замене некоторых из них на более прогрессивные, при этом определяются затраты на изменение технологии и дается заключение о целесообразности инвестиций.

- Анализ эффективности использования топливно-энергетических ресурсов подразделениями объекта.

На основании анализа дается заключение о целесообразности использования того или иного энергоносителя на различных уровнях технологического процесса в подразделениях объекта, в случае замены энергоносителя дается соответствующее технико-экономическое обоснование. Особое внимание должно быть уделено также вопросам транспорта энергоносителей в условиях объекта. Это касается в первую очередь сети теплоснабжения и пневматической сети. Также должно быть уделено внимание специфическим вопросам, например, обоснования использования того, или иного вида тарифа на электроэнергию в условиях объекта.

- Анализ энергоиспользования отдельными потребителями.

Данный подраздел является наиболее объемным, и большинство организаций, проводящих энергетический аудит, ограничиваются лишь рассмотрением данного вопроса, при этом рассмотрение ведется не всесторонне, а при ограниченном времени энергоаудита принимаются к рассмотрению лишь те потребители энергии, которые дают явновидимый эффект.

- Определение сверх нормативных потерь топлива и энергии.
- Определение приоритетов для углубленного энергетического аудита.

На отдельных объектах имеют место специфические энергопотребители, эффективность работы которых сложно определить без дополнительного энергетического аудита. Дополнительный энергетический аудит включает специальные обследования с использованием специфического измерительного оборудования или проведения научных исследований. Что касается специфических энергопотребителей, то к ним можно отнести холодильные, компрессорные установки, электрические печи нагрева и др. Исследовательские разработки проводятся при решении специфических вопросов, отмеченных в договоре на энергетический аудит.

IV этап. Углубленный энергетический аудит отдельных технологических процессов и энергопотребителей

- Проведение дополнительных замеров промежуточных параметров и определения рабочих режимов;
- Выявление эффективности работы потребителей;
- Решение специфических вопросов по договоренности с руководством.

V этап. Подведение итогов энергетического аудита

- Разработка энергосберегающих мероприятий;
- Технико-экономический анализ эффективности внедрения мероприятий;
- Сравнительный анализ полученных результатов;
- Выбор новых приоритетов и постановки задач на дальнейшее снижение энергоёмкости продукции и потребления энергоресурсов;
- Составление отчета по энергетическому аудиту.

*3) Изучение топливно-энергетических потоков по объекту в целом и отдельным подразделениям.*

В зависимости от того, для какого периода времени разрабатывается энергобаланс, он может быть проектным, плановым, отчетным, перспективным. Объектами энергопотребления могут быть: установка, агрегат, участок, цех, производство, предприятие, отрасль. Энергобаланс по своему целевому назначению обеспечивает анализ различных технологий, производств, отопления, освещения, вентиляции и других направлений энергопотребления. По совокупности видов энергетических потоков составляют частные энергобалансы, составными элементами которого являются отдельные виды и параметры потребляемых энергоносителей, сводный баланс суммарного потребления топливно-энергетических ресурсов, включая вторичные и выработку собственных энергетических ресурсов. По способам разработки балансы могут быть опытными, расчетными, опытно-расчетными.

Формы энергобаланса: синтетический, показывающий распределение подведенных (покупных) и произведенных энергоносителей внутри предприятия; аналитический, определяющий глубину и характер использования энергоносителей с распределением общего расхода энергии на полезный расход и потери.

Основные виды энергетических балансов предприятия

Для решения комплекса задач по контролю, анализу и управлению энергопотреблением используются различные виды балансов.

#### *1. Сводный баланс энергозатрат*

Сводный баланс предназначен для определения величины энергозатрат на производство сырой стали за определенный период времени: месяц, год и является универсальным способом оценки совокупных энергозатрат на производство продукции. Объективность оценки затрат на производство достигается благодаря двум факторам:

- приведение объемов производства к тонне сырой стали за определенный период времени независимо от технологических особенностей производства как стали, так и проката;
- определение объемов реализации энергоресурсов и других продуктов производства с энергоэквивалентом затрат на их производство.

Энергобаланс состоит из трех основных составляющих:

- покупки энергоресурсов и сырья с его энергоэквивалентом энергозатрат;

- производства продукции в виде сырой стали;
- продажи энергии и продукции с их энергоэквивалентом затрат до производства стали (например агломерат, чугун, кокс и т.д.).

Итоговый результат - удельный показатель энергозатрат на тонну сырой стали. Рассмотрим состав сводного энергобаланса на конкретном примере:

#### 1. Покупка энергоресурсов.

Все закупаемые энергетические ресурсы для металлургического предприятия, как правило, состоят из коксующихся углей, природного газа, электроэнергии и ряда других в зависимости от состава энергетических объектов и структуры производства. Они сводятся в единый реестр покупных энергоресурсов. Кроме того, отдельные сырьевые ресурсы, закупаемые для производства, уже несут в себе энергетические затраты, например, окатыши или агломерат (кроме металлического лома), поэтому для оценки суммарных энергозатрат они должны учитываться в виде их энергоэквивалентов, равных величине энергозатрат на их добычу и переработку. Подобный подход позволяет учесть специфику отдельных металлургических предприятий, имеющих различные технологии и обеспечить сопоставимость показателей.

#### 2. Месячное производство продукции.

Для металлургии - это объем производства сырой стали. Все другие переделы металлургического производства через установленные расходные коэффициенты возвращаются к производству сырой стали.

#### 3. Продажа энергоресурсов.

Металлургические предприятия реализуют не только продукцию металлургических переделов - чугун, сталь, прокат, но и другую продукцию с достаточно высоким энергетическим содержанием - кокс, бензол, кислород, тепловую энергию и т.д. Поэтому при оценке энергозатрат только на продукцию металлургических переделов, энергозатраты на производство прочей продукции должны быть исключены из общего объема энергопотребления.

#### *2. Аналитический энергобаланс предприятия*

Полный аналитический энергобаланс предприятия, как универсальный способ оценки совокупных энергозатрат на производство продукции включает:

- показатели потребления энергии основными структурными подразделениями предприятия;
- показатели выработки и утилизации энергии;
- определение объемов энергетических затрат на производство продукции как по каждому энергоемкому подразделению, так и по предприятию в целом, включая объекты энергетики;
- аналитический материал с оценкой эффективности принимаемых решений.

Аналитический энергобаланс составляется за месяц, год и формируется следующим образом: по вертикали размещаются законченные по технологии самостоятельные подразделения - цехи и производства, имеющие бухгалтерский учет

материальных, сырьевых, энергетических ресурсов; по горизонтали все виды энергетических ресурсов, используемые на предприятии (покупные, вырабатываемые, утилизируемые). Выработка и утилизация энергоресурсов формируется отдельно от общей группы «потребление энергии» для удобства анализа общих затрат на потребление и оценки эффективности использования собственных энергоресурсов. При этом все виды энергоресурсов приводятся к единому показателю энергосодержания – ГДж, Гкал

4) *Анализ эффективности использования топливно-энергетических ресурсов объектом.*

Конкретный способ улучшения энергетических и эксергетических показателей для разных производств и процессов различны, но есть и общие приемы снижения энергозатрат.

Наиболее распространенным и эффективным способом является регенерация энергии. Сущность регенерации заключается в передаче энергии от выходящих из агрегата потоков к входящим. Например, многие крупные нагревательные и плавильные печи оборудованы теплообменниками, в которых воздушное дутье (а иногда и газообразное топливо) подогревается уходящими газами (рис. 24.2).

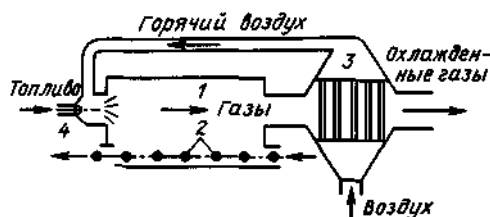


Рис. 24.2. Схема нагревательной печи с регенерацией теплоты уходящих газов:  
1 — рабочий объем печи, 2 — нагреваемые детали;  
3 — воздухоподогреватель; 4 — горелка

Очень важно, что регенерация позволяет не просто утилизировать теплоту отходящих газов, но снижает расход топлива и, кроме того, улучшает работу самой печи, поскольку температура горения при использовании подогретого воздуха возрастает. Улучшаются условия, а соответственно и полнота горения топлива, резко усиливается теплообмен излучением между потоком газа и нагреваемыми изделиями.

В ряде случаев регенерацию теплоты целесообразно использовать и на низкотемпературных потоках. Например, теплотой вентиляционных выбросов можно подогреть поток воздуха, подаваемого в помещение, уменьшив, таким образом, расход энергии на отопление.

Весьма эффективно регенерировать и холод. Например, для пневмотранспорта цемента и в ряде других случаев требуется сухой воздух (без водяных паров). Сушку воздуха можно осуществить за счет его охлаждения (рис. 24.3), при этом влага сконденсируется или вымерзнет, если в вымораживателе  $t < 0^{\circ}\text{C}$ . Использование при этом теплообменника 1 резко сокращает мощность холодильной машины 3 и расход энергии на ее привод.

Регенерировать можно не только тепловую энергию, но и энергию избыточного давления. Например, если в реакционной камере 1 (рис. 24.4) по условиям технологии необходимо избыточное давление, то исходные продукты 2 приходится сжимать компрессором 3, затрачивая на это электроэнергию. Однако часть этой энергии, а иногда даже больше энергии, чем затрачено (если, например, в реакторе / увеличивается объем газов), можно вернуть (регенерировать) за счет расширения получающихся продуктов 4 в турбине 5. Электромашина 6 при этом играет роль пускового двигателя, а также источника недостающей или потребителя избыточной мощности (в последнем случае электромашина работает в режиме генератора). Хорошим примером использования энергии давления является турбина-расширитель, устанавливаемая за доменной печью для сбрасывания избыточного давления доменного газа. Причем в этом случае удобнее всю вырабатываемую турбиной энергию превращать в электроэнергию с помощью генератора, а компрессоры, нагнетающие воздух в печь, приводить в движение от электродвигателей, т. е. осуществлять энергетическую связь через электрическую сеть.

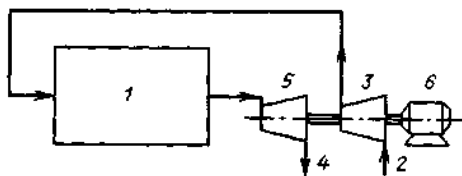


Рис. 24.4 Принцип регенерации энергии из избыточного давления

Регенерация теплоты наиболее эффективно работает совместно с принципом противотока, в соответствии с которым нагреваемые продукты или детали должны двигаться навстречу охлаждаемым, от которых они получают энергию. На рис. 24.2 специально допущена неточность и принцип противотока использован только в самой печи (горячие газы и детали), а воздухоподогреватель взят с перекрестным движением сред. Противоточный теплообменник, как, например, изображенный на рис. 24.3, позволил бы сильнее снизить температуру отходящих из печи газов, а следовательно, и в большей степени уменьшить потерю теплоты вместе с ними.

В целом нужно стремиться, используя принципы регенерации и противотока, приблизить параметры всех выходящих потоков к параметрам входящих, уменьшая, таким образом, внешний подвод энергии. Как уже было показано, это не противоречит требованиям технологического процесса нагревать, охлаждать или сжимать среды или материалы на промежуточных стадиях. Создавая энергосберегающие технологии (или энерготехнологии), как, впрочем, и любое безотходное производство, целесообразно подходить к нему комплексно, объединяя промежуточные этапы.

Не надо забывать, что принятые оценки эффективности использования энергии в значительной мере отражают технический уровень сегодняшнего (а иногда и вчерашнего) дня. Например, КПД печи для нагрева металла оценивается как отно-

шение количества теплоты, воспринятой металлом, к теплоте сожженного топлива. Но в народном хозяйстве нагретый металл не нужен. И если, охладив его, использовать эту теплоту (такие установки имеются), то КПД печи по современным представлениям может оказаться выше 100 %.

В ряде случаев вообще удастся при лучшей организации производства исключить некоторые технологические процессы, в том числе и процессы нагрева. Например, начинает практиковаться термообработка непосредственно с прокатного нагрева вместо традиционного двойного нагрева перед прокаткой и перед термообработкой, осуществляемой обычно в другом цехе. Естественно, что во время транспортировки из цеха в цех прокат остывает и его вновь приходится нагревать.

#### Утилизация вторичных (побочных) энергоресурсов (ВЭР)

Если в данном производстве за счет регенерации не удастся полностью использовать всю энергию, нужно попытаться не сбрасывать ее в окружающую среду, а продать эти ненужные вторичные (побочные) для данного производства энергоресурсы другим потребителям либо организовать у себя специальное производство, потребляющее эту энергию. Такой подход не дает экономии топлива в самом технологическом процессе, но может существенно улучшать экономические показатели производства за счет средств, полученных от реализации ВЭР.

Главная трудность при решении проблемы утилизации ВЭР обычно состоит в поиске потребителя. Приходится анализировать уже не только свое производство, но и в первую очередь сопутствующие, а иногда и совершенно не связанные. Нередко для утилизации ВЭР создают тепличные хозяйства, рыбоводные пруды и т. д. Способ утилизации ВЭР выбирают в зависимости от требований потребителя и вида вторичной энергии.

### **1.3 Лекция №3 ( 2 часа).**

Тема: «Нормативно -правовая и нормативно -техническая база энергосбережения»

#### 1.3.1 Вопросы лекции:

Нормативно -правовая и нормативно -техническая база энергосбережения

#### 1.3.2 Краткое содержание вопросов:

Программы по энергосбережению и повышению энергоэффективности (далее - программы энергосбережения) составляются всеми бюджетными учреждениями. Содержание, требования и инвестиционные составляющие программ энергосбережения организаций с участием государства или муниципального образования определены в ст. 25 Закона об энергосбережении [2]. Согласно п. 9 ст. 2 указанного закона, государственные или муниципальные учреждения входят в группу организаций с участием государства или муниципального образования.

Как следует из ч. 1 ст. 25 Закона об энергосбережении, программы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности организации должны включать:

- целевые показатели энергосбережения и повышения энергетической эффективности, достижение которых должно быть обеспечено в результате реализации этих программ, и их значения;

- мероприятия по энергосбережению и повышению энергетической эффективности, ожидаемые результаты (в натуральном и стоимостном выражении), включая экономический эффект от проведения этих мероприятий;

Предлагаем вашему вниманию примерный перечень разделов, которые могут войти в программу энергосбережения бюджетного учреждения:

1. Паспорт программы энергосбережения.

2. Краткая характеристика объекта, анализ потребления энергоресурсов за предыдущий период.

3. Значение целевых показателей, достижение которых обязательно для бюджетных учреждений в соответствии с требованиями законодательства РФ.

4. План мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности, направленный на достижение значений целевых показателей.

5. Значения целевых индикаторов и показателей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности для (наименование бюджетного учреждения) по итогам реализации программы.

6. Система мониторинга, управления и контроля за ходом выполнения программы.

Рассмотрим более подробно каждый из пунктов.

#### Паспорт программы энергосбережения

Не следует путать данный раздел программы с энергетическим паспортом организации как потребителя энергетических ресурсов, который составляется по результатам энергетического обследования. Энергетический паспорт обязателен, поскольку бюджетные учреждения должны минимум раз в 5 лет проводить энергетическое обследование.[3] Энергетический паспорт может быть взят за основу для составления программы энергосбережения.

### **1.4 Лекция №4 ( 2 часа).**

**Тема:** «Энергосбережение и экология»

#### **1.4.1 Вопросы лекции:**

Энергосбережение и экология

#### **1.4.2 Краткое содержание вопросов:**

Любая производственная деятельность человека оказывает негативное влияние на окружающую природную среду, ее ресурсы и процессы. Промышленные предприятия подразделяют на добывающие и перерабатывающие. Последние делят на тяжелую и легкую промышленность.

Высоким уровнем антропогенного воздействия на природную среду характеризуются предприятия по добыче полезных ископаемых, предприятия черной и

цветной металлургии, химической и нефтеперерабатывающей промышленности, целлюлозно-бумажные комбинаты, все виды электростанций, транспорт.

Проблемы всех промышленных предприятий - образование большого количества отходов:

- 1) выбросов в атмосферный воздух;
- 2) сточных вод и твердых отходов производства.

Сокращение площадей лесов, саванн, степей в связи с бурным строительством городов, крупных промышленных предприятий и автомагистралей влечет за собой уменьшение поступления кислорода в атмосферу. Ежегодно в атмосферу попадают миллионы тонн диоксида серы, сероводорода, диоксида азота, углеводородов, озона, аммиака, оксида углерода и пыли. Транспортные средства с выхлопными газами выбрасывают свинец и его соединения.

Добывающими и перерабатывающими предприятиями для промышленных целей используется большое количество воды. Такое обстоятельство влечет за собой образование сточных вод, загрязненных самыми разными веществами, попадание которых в водные объекты чревато губительными последствиями для их обитателей. В поверхностные воды сбрасываются нефтепродукты, соединения меди, железа, цинка, ПАВ, фосфор, фенол, аммонийный и нитритный азот. Очень часто эти и другие вредные вещества оказываются в составе подземных вод, куда они просачиваются с мест захоронения отходов производства и сельского хозяйства.

Разработка крупных месторождений полезных ископаемых, а также добыча строительных материалов разрушают естественные природные ландшафты, уничтожают почвенный покров, вносят нарушения в гидрологический баланс грунтовых вод.

Промышленные предприятия загрязняют природную среду радиоактивными веществами. Особым видом загрязнения являются шум и вибрация, создаваемые промышленными установками и транспортом.

Снизить уровень антропогенного воздействия на природную среду возможно, если четко соблюдать природоохранное законодательство, вкладывать финансовые средства в развитие отрасли переработки и утилизации отходов производства, совершенствование технологий.

## **2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

### **2.1 Практическая работа №1 (2 часа).**

**Тема:** «Нормативно-техническая и законодательная база по энергосбережению и энергоаудиту. ГОСТ 51387-99 «Энергосбережение. Нормативно-техническое обеспечение»; ГОСТ 51379-99 «Энергосбережение. Энергетический паспорт промышленного потребителя ТЭР»; ГОСТ 51380-99 «Энергосбережение. Методы подтверждения соответствия показателей энергетической эффективности»

**2.1.1 Цель работы:** Изучить нормативно-техническую и законодательную документацию по энергосбережению.

#### **2.1.2 Задачи работы:**

1. Рассмотреть общие положения по практической работе.
2. Изучить основные материалы по ГОСТ 51387-99, ГОСТ 51379-99 и ГОСТ 51380-99.

**2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в практической работе:**

#### **2.1.4 Описание (ход) работы:**

### **ГОСТ 51387-99**

**Основные цели, направления использования и принципы нормативно-методического обеспечения энергосбережения**

1.1 Энергосбережение осуществляют путем реализации правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, направленных на эффективное использование ТЭР и на вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии (Закон «Об энергосбережении»).

1.2 Целями нормативно-методического обеспечения энергосбережения являются установление в отечественных государственных стандартах, технологических регламентах, технических и методических документах:

- требований эффективного использования и сокращения потерь ТЭР при их добыче, производстве, переработке, транспортировании, хранении, потреблении, утилизации;

- нормативных значений показателей энергетической эффективности энергопотребляющих объектов и процессов, ограничивающих образование загрязняющих окружающую среду биосферозагрязнителей (твердых отходов, жидких сбросов, газообразных выбросов, шламов, смесей; шумов, полей, излучений), как результат использования ТЭР;

- правил проверки соответствия (в т.ч. путем сертификации) энергопотребляющих объектов и процессов нормативным показателям энергетической эффективности;

- порядка осуществления государственного надзора за эффективным использованием ТЭР путем проведения энергетических обследований потребителей ТЭР;

- требований обеспечения точности и единства измерений при учете ТЭР на стадиях добычи, производства, переработки, транспортирования, хранения и потребления;

- правил обеспечения соответствия стандартов, норм и нормативов в области энергосбережения и энергетической эффективности международным, межгосударственным, региональным, зарубежным стандартам, признанным в России;

- ограничения и (или) недопущения разработки, производства, закупки и применения энергопотребляющих объектов с расходами энергоресурсов, превышающими установленные стандартами и регламентами уровни.

1.3 Основные направления использования нормативных и методических документов в области энергосбережения:

- совершенствование федерального и регионального законодательства по обеспечению энергосбережения;

- разработка программ энергосбережения, планирование и реализация энергосберегающих проектов, организация работ по энергосбережению при создании энергопотребляющих объектов и реализации процессов;

## **2 Состав и назначение комплекса нормативных и методических документов по обеспечению энергосбережения**

2.1 Нормативные и методические документы профиля «Энергосбережение» в совокупности должны реализовать системное единство нормативно-методического обеспечения рационального использования и экономного расходования ТЭР энергопотребляющими объектами и процессами.

2.2 Результатами нормативно-методического обеспечения энергосбережения являются:

- нормативные документы в области энергосбережения на межгосударственном (ТОСТ), государственном (ГОСТ Р), отраслевом (ОСТ) уровнях, а также на уровнях стандартов научно-технических обществ (СТО) и предприятий (СТП);

- технические регламенты, правила, руководства и другие нормативные документы по энергосбережению, принятые органами исполнительной государственной власти;

- методические документы по расчетам экономии энергоносителей и обоснованию экономической эффективности энергосберегающих проектов;

- методические документы, в которых изложены полностью или со ссылками на первоисточники рекомендации, методы, способы, схемы, алгоритмы, модели энергосбережения за счет повышения эффективности использования и снижения потерь первичных ТЭР, использования вторичных ТЭР, возобновляемой энергии и альтернативных топлив;

- методические документы, регламентирующие требования к точности методов измерений, обеспечение единства измерений, метрологического контроля и надзора при учете ТЭР на стадиях добычи, производства, переработки, транспортирования, хранения и потребления.

2.3 Нормативные и методические документы профиля «Энергосбережение» устанавливаются:

- основные термины и понятия в области энергосбережения;
- требования к составу и содержанию нормативных и методических документов по обеспечению энергосбережения, основные принципы и методические основы деятельности в области нормативно-методического обеспечения энергосбережения;
- номенклатурный состав и классификацию показателей эффективности использования ТЭР;
- порядок выбора и внесения показателей в техническую документацию;
- методы расчета энергобалансов потребителей энергоресурсов с последующей их паспортизацией (ГОСТ Р 51379);
- порядок проведения обязательной и добровольной сертификации энергопотребляющей продукции (ГОСТ Р 51380);
- методы испытаний и сертификации объектов по требованиям энергосбережения (ГОСТ Р 51380);
- порядок маркирования энергопотребляющей продукции (ГОСТ Р 51388);

### **ГОСТ 51379-99**

В настоящем стандарте используют следующие термины с соответствующими определениями:

**энергосбережение:** Реализация правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, направленных на эффективное использование энергетических ресурсов.

**топливно-энергетические ресурсы:** Совокупность природных и произведенных энергоносителей, запасенная энергия которых при существующем уровне развития техники и технологии доступна для использования в хозяйственной деятельности.

**эффективное использование энергетических ресурсов:** Достижение экономически оправданной эффективности использования энергетических ресурсов при существующем уровне развития техники и технологий и соблюдении требований к охране окружающей природной среды.

**потребитель топливно-энергетических ресурсов:** Физическое или юридическое лицо, осуществляющее пользование топливом, электрической энергией (мощностью) и (или) тепловой энергией (мощностью).

**энергетический паспорт промышленного потребителя топливно-энергетических ресурсов:** Нормативный документ, отражающий баланс потребления и содержащий показатели эффективности использования ТЭР в процессе хозяйственной деятельности объектами производственного назначения, а также содержащий энергосберегающие мероприятия.

**организация-энергоаудитор:** Юридическое лицо (организация, кроме государственных надзорных органов), осуществляющее энергетическое обследование потребителей ТЭР и имеющее лицензию на выполнение этих работ.

### **3 Общие положения**

3.1 Энергетический паспорт потребителя ТЭР разрабатывают на основе энергетического обследования, проводимого с целью оценки эффективности использования ТЭР, разработки и реализации энергосберегающих мероприятий.

3.2 Разработку и ведение паспорта обеспечивает потребитель ТЭР.

Методические рекомендации по заполнению и ведению энергетического паспорта разрабатывают энергоаудиторы и согласовывают с федеральными органами исполнительной власти, уполномоченными для государственного надзора за эффективным использованием ТЭР.

3.3 Энергетические обследования эффективности использования ТЭР проводят:

- потребители ТЭР (собственные внутренние обследования);
- энергоаудиторские организации, работающие по контракту;
- органы, осуществляющие надзор и контроль за эффективностью использования ТЭР.

Правила проведения энергетических обследований потребителей ТЭР устанавливает федеральный орган исполнительной власти, уполномоченный для государственного надзора за эффективностью использованием ТЭР.

3.4 Объектами энергетического обследования являются:

- производственное оборудование, машины, установки, агрегаты, потребляющие ТЭР, преобразующие энергию из одного вида в другой для производства продукции, выполнения работ (услуг);
- технологические процессы, связанные с преобразованием и потреблением топлива, энергии и энергоносителей;
- процессы, связанные с расходом ТЭР на вспомогательные нужды (освещение, отопление, вентиляцию).

3.5 Обновление информации в энергетическом паспорте проводят в соответствии с действующими нормативными правовыми актами в области контроля за эффективностью использования ТЭР.

3.6 Ответственность за достоверность данных энергетического паспорта несут лица, проводившие энергетические обследования, административное руководство потребителя ТЭР.

3.7 Энергетический паспорт потребителя ТЭР должен храниться на предприятии, в территориальном органе государственного энергетического надзора и в организации, проводившей энергоаудит.

3.8 Гриф энергетического паспорта определяет руководство потребителя ТЭР в установленном порядке.

#### **4 Структура и содержание энергетического паспорта промышленного потребителя ТЭР**

4.1 Энергетический паспорт состоит из следующих разделов.

4.1.1 общие сведения о потребителе ТЭР;

4.1.2 сведения о потреблении ТЭР:

- общее потребление энергоносителей,
- потребление электроэнергии,
- потребление тепловой энергии,
- потребление котельно-печного топлива,
- потребление моторного топлива;

4.1.3 сведения об эффективности использования ТЭР;

4.1.4 мероприятия по энергосбережению и повышению эффективности использования ТЭР;

4.1.5 выводы.

Заключительный раздел энергетического паспорта потребителя ТЭР должен включать:

- перечень зафиксированных при обследовании потребителя фактов непроизводительных расходов ТЭР с указанием их величины в стоимостном и натуральном выражении;
- предлагаемые направления повышения эффективности использования ТЭР с оценкой экономии последних в стоимостном и натуральном выражении с указанием затрат, сроков внедрения и окупаемости;
- количественную оценку снижения уровня непроизводительных расходов ТЭР за счет внедрения энергосберегающих мероприятий:
  - беззатратных и низкозатратных;
  - средnezатратных;
  - высокозатратных.

4.2 Типовые формы энергетического паспорта промышленного потребителя ТЭР включают:

4.2.1 титульный лист энергетического паспорта потребителя ТЭР;

4.2.2 общие сведения о потребителе ТЭР, приведенные в форме, содержащей информацию о наименовании, реквизитах предприятия, объеме производства основной и вспомогательной продукции, численности персонала и другие сведения о предприятии;

4.2.3 сведения об общем потреблении энергоносителей, приведенные в форме, содержащей информацию о годовом потреблении и коммерческом учете потребления всех видов энергоносителей, используемых потребителем ТЭР;

4.2.4 сведения о потреблении электроэнергии, приведенные в формах, содержащих информацию о трансформаторных подстанциях, установленной мощности электроприемников по направлениям использования с краткой энергетической характеристикой энергоемкого оборудования, содержащих информацию о собственном производстве электрической и тепловой энергии (собственной теплоэлектростанции), а также годовой баланс потребления электроэнергии;

4.2.5 сведения о потреблении (производстве) тепловой энергии, приведенные в формах, содержащих информацию о составе и работе котельных (котельных агрегатов, входящих в состав собственной ТЭС), сведения о технологическом оборудовании, использующем тепловую энергию, расчетно-нормативном потреблении теплоэнергии, а также годовой баланс потребления теплоэнергии;

4.2.6 сведения о потреблении котельно-печного и моторного топлива, об использовании вторичных энергоресурсов, альтернативных топлив, возобновляемых источников энергии, приведенные в формах, содержащих информацию о характеристиках топливоиспользующих агрегатов, об использовании моторных топлив транспортными средствами и др., а также балансы потребления котельно-печного и моторного топлива;

4.2.7 сведения о показателях эффективности использования ТЭР, приведенные в форме, содержащей информацию об удельных расходах ТЭР;

4.2.8 сведения об энергосберегающих мероприятиях, приведенные в форме, содержащей информацию об энергоэффективных мероприятиях по каждому виду ТЭР.

Представленные в стандарте типовые формы энергетического паспорта используют в качестве базовых. В зависимости от принадлежности потребителя к той

или иной отрасли экономики, особенностей и специфики производственного оборудования и технологических процессов типовые формы энергетического паспорта по рекомендациям Федерального органа исполнительной власти, осуществляющего государственный надзор за эффективным использованием ТЭР, могут быть дополнены и утверждены в составе соответствующего нормативного документа.

4.3 При заполнении энергетического паспорта промышленного потребителя ТЭР могут быть использованы нормативные и методические материалы, представленные.

## ГОСТ 51380-99

В настоящем стандарте применяют следующие термины с соответствующими определениями:

**энергосбережение:** Реализация правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, направленных на эффективное использование энергетических ресурсов.

**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.

**топливно-энергетические ресурсы:** Совокупность природных и произведенных энергоносителей, запасенная энергия которых при существующем уровне развития техники и технологии доступна для использования в хозяйственной деятельности.

**энергопотребляющая продукция:** Продукция, которая потребляет топливно-энергетические ресурсы при использовании ее по прямому функциональному назначению.

**эффективное использование энергетических ресурсов:** Достижение экономически оправданной эффективности использования энергетических ресурсов при существующем уровне развития техники и технологий и соблюдении требований к охране окружающей природной среды.

**показатель энергетической эффективности:** Абсолютная, удельная или относительная величина потребления или потерь энергетических ресурсов для продукции любого назначения или технологического процесса.

**показатель экономичности энергопотребления продукции:** Количественная характеристика эксплуатационных свойств продукции (изделия), отражающая ее техническое совершенство, определяемое совершенством конструкции и качеством изготовления, уровнем или степенью потребления ею топливно-энергетических ресурсов при использовании ее по прямому функциональному назначению.

**сертификация энергопотребляющей продукции по показателям энергетической эффективности:** Процедура подтверждения соответствия, посредством которой независимая от изготовителя и потребителя организация удостоверяет в письменной форме соответствие показателей энергетической эффективности продукции установленным требованиям.

**класс энергетической эффективности продукции:** Обозначение установленного нормативным документом уровня энергоэффективности, характеризуемого интервалом значений показателей экономичности энергопотребления для группы однородной (энергопотребляющей) продукции.

#### **4 Общие положения**

4.1 Вновь изготовленная энергопотребляющая продукция подлежит процедуре подтверждения соответствия показателей энергоэффективности (экономичности энергопотребления) нормативным значениям показателей, установленным в государственных стандартах на эту продукцию.

4.2 Необходимость проведения процедуры подтверждения определяется требованиями законодательных, нормативных правовых актов, а также условиями поставки вновь изготовленной продукции (условиями контракта), требованиями федеральных органов исполнительной власти в области надзора за эффективностью использования топливно-энергетических ресурсов.

4.3 Подтверждение соответствия показателей энергетической эффективности (экономичности энергопотребления) вновь изготовленной энергопотребляющей продукции нормативным значениям, установленным в государственных стандартах на эту продукцию, является результатом процедуры оценки соответствия (сертификации), осуществляемой согласно установленному порядку и правилам оценки соответствия, или результатом самодекларации производителя продукции.

Рекомендуемый перечень продукции, подлежащей сертификации по показателям энергетической эффективности, приведен в приложении [А](#).

4.4 По результатам оценки соответствия вновь изготовленную энергопотребляющую продукцию относят к определенному классу энергетической эффективности соответствующей группы однородной продукции.

Диапазоны показателей экономичности энергопотребления, соответствующие определенным классам энергоэффективности, устанавливаются для групп однородной (энергопотребляющей) продукции нормативными правовыми актами уполномоченных федеральных органов исполнительной власти.

4.5 При необходимости (по требованиям органов надзора за эффективным использованием энергоресурсов) подтверждение соответствия показателей энергетической эффективности энергопотребляющей продукции производственно-технического назначения, находящейся в эксплуатации (использовании), значениям, установленным в технической документации, осуществляют методом испытаний продукции (у пользователя) в регламентированных условиях, а также на основе обработки статистических данных по энергопотреблению (энергоэффективности), полученных в ходе эксплуатации продукции, в т.ч. по данным энергетических обследований предприятий (организаций) - потребителей энергоресурсов.

4.6 Нормативные значения показателей экономичности энергопотребления продукции основываются на достижении экономически оправданной эффективности использования топливно-энергетических ресурсов, учета практически достижимого научно-технического уровня, выполнения нормативных требований энергетической эффективности и охраны окружающей среды.

4.7 Номенклатуру показателей энергоэффективности энергопотребляющей продукции устанавливают в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51541.

#### **5 Требования к методам подтверждения показателей энергетической эффективности энергопотребляющей продукции**

5.1 К методам подтверждения показателей энергетической эффективности энергопотребляющей продукции относят:

- декларацию производителя продукции;
- сертификационные испытания продукции;

- сбор и обработку статистических данных по показателям энергоэффективности.

5.2 Декларация производителя основывается на данных внутренних (производителя) испытаний продукции в регламентированных условиях в соответствии с методом, определяемым нормативным документом.

5.2.1 По положительным результатам испытаний производитель декларирует соответствие продукции нормативным показателям энергоэффективности, внося подтвержденные значения показателей и данные об использованном методе испытаний в техническую (эксплуатационную) документацию на продукцию.

5.2.2 Производитель продукции несет ответственность за достоверность информации о показателях энергетической эффективности продукции, представленной в декларации, в установленном законом порядке.

5.3 Работы по сертификации энергопотребляющей продукции осуществляют в соответствии с «Порядком проведения сертификации продукции в Российской Федерации», а также в соответствии с разработанными и утвержденными в установленном порядке положением и правилами сертификации продукции по показателям энергоэффективности (экономичности энергопотребления).

5.3.1 Методы сертификационных испытаний продукции устанавливают государственными стандартами.

5.3.2 Номенклатуру энергопотребляющей продукции, подлежащей обязательной сертификации, и перечень соответствующих нормативных документов (государственных стандартов), применяемых при этом, определяет федеральный орган исполнительной власти; уполномоченный по вопросам стандартизации, сертификации и метрологии, по предложениям федерального органа исполнительной власти, уполномоченного в области топлива и энергетики.

5.3.3 Общие требования к органам по сертификации продукции по показателям энергоэффективности - согласно ГОСТ Р ИСО/МЭК 65-2000.

5.3.4 Аккредитация органов по сертификации, испытательных и измерительных лабораторий - согласно нормативному документу.

5.3.5 Общие требования к испытательным лабораториям - по ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025-2000.

5.3.6 Методики выполнения измерений при испытаниях должны соответствовать ГОСТ Р 8.563.

5.4 Подтверждение показателей энергоэффективности используемой (эксплуатируемой) продукции производственно-технического назначения нормативным значениям, приведенным в нормативной, технической документации, осуществляют путем сбора и обработки статистических данных о потреблении (потерях) энергии в рамках работ по энергетическому обследованию и энергетической паспортизации предприятия-потребителя энергоресурсов.

5.4.1 По результатам обработки статистических данных оценивают соответствие показателей энергетической эффективности их нормативным значениям.

5.4.2 Состав информации, включаемой в энергетический паспорт потребителя топливно-энергетических ресурсов, определяют согласно ГОСТ Р 51379.

## **2.2 Практическая работа №2 (2 часа).**

**Тема:** «Расчет экономии электроэнергии в действующих осветительных установках помещений при проведении энергетического аудита»

**2.2.1 Цель работы:** Разобраться с методикой расчета экономии электроэнергии в действующих осветительных установках помещений при проведении энергетического аудита.

**2.2.2 Задачи работы:**

1. Рассмотреть основные мероприятия по энергосберегающим технологиям.
2. Провести расчет экономии электроэнергии в действующих осветительных установках помещений при проведении энергетического аудита по вариантам.
3. Защитить лабораторную работу.

**2.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в практической работе:**

1. Методические указания для практической работы;
2. Справочная книга по светотехнике / Под редакцией Ю. Б. Айзенберга. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1995. - 528 с. : ил.

**2.3.4 Описание (ход) работы:**

В последнее время, в связи с ростом цен на энергоносители, актуальной становится их экономия. Первым этапом процесса экономии энергии является проведение комплексного энергетического обследования объекта (энергоаудит) и разработка на его основе экономически целесообразных мероприятий по экономии энергии. Данные мероприятия разрабатываются для каждого отдельного типа потребителя энергии: отопление, технология, освещение, вентиляция и т.п. Сначала приводится анализ состояния систем энергопотребления, а затем - расчет экономии энергии по определенным методикам.

Система освещения является весомым потребителем электроэнергии, особенно в административных зданиях (до 80%). Поэтому применение предлагаемой методики приобретает большое значение при энергоаудите.

*Для анализа состояния системы освещения обследуемого объекта необходимо собрать следующую информацию:*

- тип и количество существующих светильников;
- тип, количество и мощность используемых ламп;
- режим работы системы искусственного освещения;
- характеристики поверхностей помещений (коэффициенты отражения);
- год установки светильников;
- периодичность чистки светильников;
- фактический и нормированный уровень освещенности;
- значения напряжения электросети освещения в начале и в конце измерений освещенности;
- размеры помещения;
- средний фактический срок службы ламп;
- фактическое и нормированное значение коэффициента естественной освещенности.

Затем, производится расчет показателей энергопотребления на основании вышеперечисленных данных полученных в результате инструментального обследования объекта.

**Установленная мощность:**

$$P_i = P_{\text{л}} \cdot K_{\text{пра}} \cdot N \quad [\text{Вт}] \quad (1)$$

где  $P_i$  - мощность осветительной установки  $i$ -го помещения в обследуемом объекте;  $K_{\text{пра}}$  - коэффициент потерь в пускорегулирующей аппаратуре осветительных приборов;  $P_{\text{л}}$  - мощность лампы;  $N$  - количество однотипных ламп в осветительной установке  $i$ -го помещения.

**Годовое и удельное энергопотребление:**

$$W_{\Gamma} = \sum_{i=1}^n W_{\Gamma_i} = \sum_{i=1}^n P_i \cdot T_{\Gamma_i} \cdot k_{\text{И}} \quad [\text{кВт ч}] \quad (2)$$

где  $W_{\Gamma}$  - суммарное годовое потребление электроэнергии;  $W_{\Gamma_i}$  - годовое потребление ОУ  $i$ -го помещения;  $T_{\Gamma_i}$  - годовое число часов работы системы  $i$ -го помещения;  $k_{\text{И}}$  - коэффициент использования установленной электрической мощности в ОУ  $i$ -го помещения ( $k_{\text{И}}=1$ ).

$$W_{\Gamma_{\text{уд}}} = \frac{W_{\Gamma}}{\sum_{i=1}^n S_i} \quad [\text{кВт ч/м}^2] \quad (3)$$

где  $W_{\Gamma_{\text{уд}}}$  - годовое удельное потребление электроэнергии;  $S_i$  - площадь  $i$ -го помещения в исследуемом объекте.

Удельные показатели энергопотребления или установленной мощности ( $\text{Вт/м}^2$ ) позволяют на основе норм приближенно ( $\pm 20\%$ ) оценить общий потенциал экономии энергии.

Для более точной оценки по каждому мероприятию необходимо выполнить расчет экономии электроэнергии по нижеприведенной методике.

Сначала необходимо определить фактическое среднее значение освещенности с учетом отклонения напряжения в сети от номинального по формуле:

$$E_{\phi} = \frac{E'_{\phi} \cdot U_{\text{н}}}{U_{\text{н}} - k(U_{\text{н}} - U_{\text{ср}})} \quad [\text{лк}] \quad (4)$$

где  $E'_{\phi}$  - измеренная фактическая освещенность, лк;  $k$  - коэффициент учитывающий изменения светового потока лампы при отклонении напряжения питающей сети ( $k=4$  для ламп накаливания,  $k=2$  для газоразрядных ламп);  $U_{\text{н}}$  - номинальное напряжение сети, В;  $U_{\text{ср}}$  - среднее фактическое значение напряжения  $U_{\text{ср}}=(U_1+U_2)/2$  [В] ( $U_1$  и  $U_2$  - значения напряжения сети в начале и конце измерения).

Для учета отклонения фактической освещенности от нормативных значений определяем коэффициент приведения:

$$k_{\text{ни}} = E_{\phi i} / E_{\text{ни}} \quad (5)$$

где  $k_{\text{ни}}$  - коэффициент приведения освещенности  $i$ -го помещения;  $E_{\phi i}$  - нормируемое значение освещенности в  $i$ -ом помещении;  $E_{\text{ни}}$  - фактическое значение освещенности в  $i$ -ом помещении.

Потенциал годовой экономии электроэнергии в ОУ обследуемого помещения рассчитывается по формуле:

$$\Delta W_{\Gamma} = \sum_{i=1}^n k_{n_i} \cdot \sum_{k=1}^f \Delta W_i^k \quad [\text{кВт ч/год}] \quad (6)$$

где  $\Delta W_i^k$  - потенциал экономии электроэнергии в кВт ч/год для  $i$ -го помещения и  $k$ -го мероприятия.

***К основным мероприятиям относятся:***

1. Переход на другой тип источника света с более высокой светоотдачей (лм/вт). Экономия электроэнергии в результате данного мероприятия определяется по формуле:

$$\Delta W_i = W_{\Gamma i} (1 - k_{uci} k_{zni}) \quad [\text{кВт ч/год}] \quad (7)$$

где  $k_{uci}$  - коэффициент эффективности замены типа источника света;  $k_{zni}$  - коэффициент запаса учитывающий снижение светового потока лампы в течение срока службы [1] (при замене ламп с близким по значению  $k_{zn}$  но с разной эффективностью  $k_{zn}$  исключается или корректируется, кроме случая когда обследование проводилось после групповой замены источников света).

$$k_{uci} = h / h_N \quad (8)$$

где  $h$  - светоотдача существующего источника света [лм/вт];  $h_N$  - светоотдача предлагаемого к установке источника света [лм/вт].

2. Повышение КПД существующих осветительных приборов вследствие их чистки. Экономия электроэнергии в результате данного мероприятия определяется по формуле:

$$\Delta W_i = W_{\Gamma i} k_{qi} \quad [\text{кВт ч/год}] \quad (9)$$

где  $k_{qi}$  - коэффициент эффективности чистки светильников.

$$k_{qi} = 1 - (g_c + b_c e^{-(t/t_c)}) \quad (10)$$

где  $g_c$ ,  $b_c$ ,  $t_c$  - постоянные для заданных условий эксплуатации светильников [1];  $t$  - продолжительность эксплуатации светильников между двумя ближайшими чистками.

3. Повышение эффективности использования отражённого света. Увеличение коэффициентов отражения поверхностей помещений на 20% и более (покраска в более светлые тона, побелка, мойка) позволяет экономить 5-15% электроэнергии, вследствие увеличения уровня освещенности от естественного и искусственного освещения. Эффективность данного мероприятия зависит от большого числа факторов: размеры помещения, коэффициенты отражения поверхностей помещения, расположение светопроемов, коэффициент естественной освещенности (КЕО), режим работы людей в помещении, светораспределение и расположение светильников. Поэтому более точное значение экономии электроэнергии можно получить на основании светотехнического расчета методом коэффициента использования [1].

**4. Повышение эффективности использования электроэнергии при автоматизации управления освещением.**

Эффективность данного мероприятия является многофакторной, методика расчета экономии электроэнергии, представленная в [2], сложна для использования при энергообследовании, но может быть рекомендована при необходимости точной оценки.

На основании опыта внедрения систем автоматизации и экономии от данного мероприятия можно определить по следующей формуле:

$$DW_i = W_{Gi}(k_{эai} - 1) \text{ [кВт ч/год]} \quad (11)$$

где  $k_{эai}$  - коэффициент эффективности автоматизации управления освещением, который зависит от уровня сложности системы управления.

В таблице 1 представлены значения  $k_{эai}$  для предприятий и организаций с обычным режимом работы (1 смена).

Таблица 1.

№ п.п.	Уровень сложности системы автоматического управления освещением	$k_{эai}$
1	Контроль уровня освещенности и автоматическое включение и отключение системы освещения при критическом значении Е	1,1 - 1,15
2	Зонное управление освещением (включение и отключение освещения дискретно, в зависимости от зонного распределения естественной освещенности)	1,2 - 1,25
3	Плавное управление мощностью и световым потоком светильников в зависимости от распределения естественной освещенности	1,3 - 1,4

#### 5. Установка энергоэффективной пускорегулирующей аппаратуры (ПРА).

$$DW_i = W_{Gi}(1 - K_{npai}^N / K_{npai}) \text{ [кВт ч/год]} \quad (12)$$

где  $K_{npai}$  - коэффициент потерь в ПРА существующих светильников системы освещения  $i$ -го помещения;  $K_{npai}^N$  - коэффициент потерь в устанавливаемых ПРА.

6. Замена светильников является наиболее эффективным комплексным мероприятием, так как включает в себя замену ламп, повышение КПД светильника, оптимизацию светораспределения светильника и его расположения. Для точной оценки экономии электроэнергии необходимо производить светотехнический расчет освещенности для предполагаемых к установке светильников методом коэффициента использования или точечным методом [1]. По расчетному значению установленной мощности (из светотехнического расчета) экономия электроэнергии определяется по формуле:

$$DW_i = W_{Gi} - P_i^N T_{Gi} \text{ [кВт ч/год]} \quad (13)$$

где  $P_i^N$  - установленная мощность после замены светильников;  $T_{Гi}$  - годовое число часов работы системы искусственного освещения  $i$ -го помещения.

При упрощенной оценке (при замене светильников на аналогичные по светораспределению и расположению) расчет производится по следующей формуле:

$$DW_i = W_{Гi}(1 - k_{uci} k_{zni} k_{chi} k_{cvi} K_{npai}^N / K_{npai}) \quad [\text{кВт ч/год}] \quad (14)$$

где  $k_{cvi}$  - коэффициент учитывающий повышение КПД светильника.

$$k_{cvi} = q_i / q_i^N \quad [\text{кВт ч/год}] \quad (15)$$

где  $q_i$  - паспортный КПД существующих светильников;  $q_i^N$  - паспортный КПД предполагаемых к установке светильников.

Расчет экономии электроэнергии при замене светильников учитывает мероприятия № 1, 2, 5, поэтому их следует исключать при расчете общей экономии электроэнергии в  $i$ -ом помещении.

В случае большого числа однотипных помещений в обследуемом здании со схожими по параметрам, состоянию, и мероприятиям ОУ расчет производится с помощью удельных показателей экономии электроэнергии.

$$DW_{y\partial}^j = DW_i^j / S_i^j \quad [\text{кВт ч/год}] \quad (16)$$

где  $DW_{y\partial}^j$  - удельная экономия электроэнергии для  $j$  - типа помещения;  $DW_i^j$  - расчетная экономия электроэнергии для  $i$ -го помещения;  $S_i^j$  - площадь  $i$ -го помещения.

Общая экономия электроэнергии в системах освещения обследуемого объекта определяется по формуле:

$$\Delta W_{Г} = \sum_{j=1}^N \Delta W_{y\partial}^j \cdot S^j \quad [\text{кВт ч}] \quad (17)$$

где  $S^j$  - общая площадь помещений  $j$ -го типа;  $N$  - количество типов помещений.

По представленной выше методике сотрудниками НГТУ произведен расчет экономии электроэнергии на объектах где проводился энергоаудит (ВУЗы и НИИ г. Нижний Новгород). В среднем экономически реальный потенциал экономии электроэнергии в системах освещения составил 15-20%.

### Пример:

Административное здание 1986 года постройки; система освещения финансового отдела выполнена светильниками типа ЛПО 02 2x40 с КПД = 52%; используемые лампы типа ЛБ 40 с  $h = 75$  лм/Вт; режим работы - 1 смена (с 8 до 17 часов); количество светильников 15 штук; размеры помещения 5x15x3 метра; средневзвешенный коэффициент отражения поверхностей помещения  $\rho = 0,3$ ; нормированная освещенность 300 лк; фактическая освещенность 250 лк; количество часов работы искусственного освещения в год  $T_{Г} = 1300$  часов; напряжение сети во время измерений  $U_c = 220$  В; коэффициент естественной освещенности соответствует норме, коэффициент использования 0,92; на момент измерений прошло 360 дней со дня последней чистки.

### Расчет:

1. Установленная мощность
2.  $P = P_{л} K_{npa} N = 40 * 1,2 * 30 = 1440$  Вт;

3. Годовое энергопотребление
  4.  $W_{\Gamma} = P T_{\Gamma} k_u = 1440 * 1300 * 0,92 = 1872 \text{ кВт ч/год};$
  5. Экономия за счет перехода на люминесцентные лампы пониженной мощности типа TL-D 36/84, с  $h_N = 93 \text{ лм/Вт}.$
  6.  $D W^1 = W_{\Gamma} (1 - k_{uc}) = 1872 * (1 - 0,81) = 356 \text{ кВт*ч/год};$
  7. Экономия за счет чистки светильников
  8.  $k_{ci} = 1 - (g_c + b_c e^{-(t/t_c)}) = 1 - (0,95 + 0,02) = 0,03;$
  9.  $D W^2 = W_{\Gamma} k_c = 1872 * 0,03 = 56 \text{ кВт ч/год};$
  10. Экономия энергии при повышении коэффициента отражения поверхностей помещения до  $r = 0,5$  (покраска, побелка) составит 10% или
  11.  $D W^3 = 187 \text{ кВт ч/год};$
  12. Экономия энергии в результате внедрения системы автоматического включения и отключения освещения
  13.  $D W^4 = W_{\Gamma} (k_{\text{за}} - 1) = 1872 * (1,1 - 1) = 187 \text{ кВт ч/год};$
  14. Экономия энергии вследствие установки электронных ПРА с  $K_{nra}^N = 1,1$
  15.  $D W^5 = W_{\Gamma} (1 - K_{nra}^N / K_{nra}) = 1872 * (1 - 0,92) = 150 \text{ кВт ч/год};$
  16. Экономия за счет установки новых светильников с более высоким КПД = 75%, но с аналогичным светораспределением
  17.  $D W^6 = W_{\Gamma} (1 - k_{ce}) = 1872 * (1 - 0,52/0,75) = 580 \text{ кВт ч/год};$
  18. Общий резерв экономии энергии составит
- $$\Delta W_{\Sigma} = k_{\Pi} \sum_{k=1}^f \Delta W_i^k = 250/300 * 1516 = 1263 \text{ кВт ч/год}.$$

### 2.3 Практическая работа №3 (2 часа).

**Тема: «Составление энергетического паспорта (энергоаудит)»**

#### 2.3.1 Цель работы:

#### 2.3.2 Задачи работы:

- 1.
- 2.
- 3.

#### 2.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в практической работе:

1. Методические указания для практической работы;
2. Справочные материалы по теплотехническим расчетам.

#### 2.3.4 Описание (ход) работы: