

Лекция 8. Особенности энергетического обследования, обусловленные сферами деятельности объектов

Проанализированы причины, определяющие сложность проведения энергоаудита на промышленных предприятиях: большие объёмы потребления энергоресурсов и тесная технологическая взаимосвязанность различных энергетических систем; определены группы наиболее энергоёмких потребителей для бюджетных учреждений различного профиля.

8.1. Промышленные предприятия

Повышение эффективности использования энергетических ресурсов особенно актуально для промышленных предприятий России. В первую очередь, это связано с наблюдаемым в течение последних десятилетий непрерывным ростом доли затрат на энергоресурсы в себестоимости продукции. Анализ причин сложившейся ситуации позволяет сформулировать перечень актуальных задач в сфере энергоэффективности российских промышленных предприятий: снижение энергоемкости готовой продукции; повышение надежности и качества энергоснабжения; актуализация информации о работе энергоинфраструктуры; минимизация потерь энергоресурсов; инновационная модернизация энергетического и технологического оборудования. Решение вышеперечисленных задач возможно лишь при реализации комплексного подхода к повышению энергоэффективности производства, который включает в себя сбор информации о текущем состоянии системы, анализ информации, выработку энергосберегающих рекомендаций, реализацию предложенных рекомендаций, повторный сбор данных и анализ результатов выполненных работ по повышению энергоэффективности. Таким образом, первым этапом работ по повышению энергоэффективности является проведение энергетического обследования.

Особенности энергетического обследования промышленных предприятий определяются сферой их деятельности, используемым оборудованием, энергопотребляющими и транспортирующими сетями. Энергоаудит на крупных производствах приобретает особую сложность из-за взаимосвязанности и больших объемов производства и потребления энергоресурсов, из-за того, что все системы предприятия – тепловые, гидравлические, пневматические, электрофизические, электрохимические – не разрознены, а представляют собой единый комплекс [33]. Эту техническую взаимосвязь энергоаудитор должен учитывать. Например, реализация непродуманных предложений по экономии одного из энергоресурсов может повлечь за собой увеличение потребления другого или негативно отразиться на выпуске продукции. Основная задача, которую решает энергетическое обследование промышленных предприятий, – это локализация мест потерь энергии, ее неоправданного или нерационального использования и разработка энергосберегающих рекомендаций. Решению этой задачи способствует тесное сотрудничество энергоаудиторов со штатом квалифицированных специалистов службы главного энергетика предприятия, наличие которой можно отнести к специфике промышленных предприятий, облегчающей проведение энергетического обследования. С помощью этих специалистов целесообразно, например, составить энерготехнологическую схему предприятия или его отдельных производств, показывающую основные этапы, через которые последовательно проходят материалы от первоначального состояния до готовой продукции. На схеме должны быть показаны места подачи и использования энергоресурсов, отмечены переработка материалов, утилизация отходов в технологическом процессе.

Наиболее общими для промышленных предприятий различных отраслей являются следующие типовые объекты и работы, выполняемые при энергоаудите и необходимые для составления энергетического паспорта предприятия [34].

Здания и сооружения. Оценка технического состояния стен, оконных и дверных заполнений, чердачных и подвальных перекрытий. Выявление зон максимальных тепловых потерь методами тепловизионного обследования. Определение с помощью средств инструментального контроля и расчетными методами значений термических сопротивлений по зонам зданий.

Системы электроснабжения. В системы электроснабжения предприятия обычно входят электрические подстанции и электрические сети напряжением 6/10/0,4 кВ. По результатам инструментального обследования этих систем составляется реальный баланс электроэнергии. Для этого, во-первых, проверяется соответствие имеющейся в составе документации предприятия однолинейной схемы фактической схеме системы электроснабжения. Проверка проводится от точки раздела балансовой принадлежности с энергоснабжающей организацией до энергоприемников. Во-вторых, уточняются параметры трансформаторного оборудования, проводов, кабелей и т.п. Далее на уточнённой схеме электроснабжения намечаются точки, в которых нужно проводить инструментальное обследование. Для составления баланса электроэнергии и получения общей картины электропотребления проводятся обследования каждой из подстанций и наиболее крупных потребителей с использованием анализатора электропотребления и измерительных микропроцессорных клещей. При составлении баланса необходимо сопоставлять, значения электроэнергии, полученные суммированием по отдельным подстанциям и нагрузкам с общим электропотреблением, определяемым по показаниям счётчиков на вводах. Это позволяет подтвердить корректность полученных данных и убедиться, что вся нагрузка была учтена. Для силовых трансформаторов через каждый час в течение суток регистрируются показания счётчиков активной и реактивной энергии. Для фидеров производятся периодические измерения токов, напряжений, активных и неактивных составляющих полной мощности. По результатам измерений строятся суточные и недельные графики изменения электрических величин, формируется баланс электроэнергии. Для более полного анализа состояния системы электроснабжения и разработки энергосберегающих программ в соответствии с ГОСТ [35] периодически в течение суток определяются значения наиболее важных показателей качества электроэнергии, к которым относятся: отклонение, колебания, несинусоидальность и несимметрия напряжения.

Отклонение напряжения от номинального значения в соответствии с определяется формулой: $\delta U_y = \frac{U_y - U_{ном}}{U_{ном}} 100\%$, где $U_{ном}$ и U_y , соответственно, номинальное действующее и установившееся усреднённое действующее значения напряжения. Для этого показателя интервал усреднения составляет 60с, а число наблюдений – не менее 18. В электрических сетях однофазного тока действующее значение напряжения определяется без учета высших гармоник, т.е. как действующее значение первой гармоники. В трехфазных сетях – как действующее значение напряжения первой гармоники прямой последовательности. ГОСТ нормирует отклонения напряжения на выводах приемников: предельно допустимое значение – 10%.

Колебания, т.е. кратковременные изменения напряжения, определяется либо по размаху, либо по кратковременной и длительной дозам фликера. В соответствии с ГОСТ предельно допустимые значения этих параметров для точек общего присоединения в сетях 0,38 кВ составляют, соответственно, 10% от номинального значения, 1,38 и 1,0. При наличии у

потребителя ламп накаливания предельные дозы фликера снижаются до значений 1,0 и 0,74.

Несинусоидальность при энергетическом обследовании целесообразно определять по коэффициенту искажений напряжения, значение которого определяется по формуле

$$K_u = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n U_{(i)}^2}}{U_{(1)}} 100\%$$
, где $U_{(1)}$, $U_{(i)}$ - действующие значения, соответственно, первой и i-ой гармоник напряжения; N=9 – количество учитываемых гармоник (установлено ГОСТ). Предельно допустимое значение коэффициента искажений для сети 0,38 кВ – 12%.

Несимметрия характеризуется коэффициентами несимметрии по обратной и нулевой последовательностям. Коэффициент несимметрии напряжения по обратной последовательности определяется формулой $K_{2u} = \frac{U_{2(1)}}{U_{1(1)}} 100\%$, где $U_{2(1)}$ и $U_{1(1)}$ - соответственно, действующие значения первых гармоник напряжения прямой и обратной последовательностей.

Коэффициент несимметрии по нулевой последовательности определяется выражением $K_{0u} = \frac{\sqrt{3}U_{0(1)}}{U_{1(1)}} 100\%$, где $U_{0(1)}$ - действующее значение первой гармоники напряжения нулевой последовательности. Измерение коэффициента несимметрии по нулевой последовательности проводят в четырехпроводной сети. Предельно допустимые значения обоих коэффициентов составляют 4%.

Для измерений могут быть использованы имеющиеся в системах электроснабжения измерительные приборы или приборы организации, проводящей обследование. Погрешность измерения электрических величин и параметров должна составлять не более:

- при измерении потребляемой электроэнергии - 1,5 %;
- при измерении токов и напряжений - 5 %;
- по показателям качества электроэнергии: отклонение и колебания напряжения - 0,5%; доза фликера - 5 %; коэффициент искажения – 10%; коэффициент несимметрии напряжения по обратной последовательности – 0,3%; коэффициент несимметрии напряжения по нулевой последовательности – 0,5%.

Системы освещения. В ходе инструментально обследования этих систем на нормируемых поверхностях измеряется освещенность от искусственных и естественных источников света; проводится проверка соответствия уровня освещенности категориям помещений и рабочих мест; регистрируются суточные и недельные графики осветительной электрической нагрузки; анализируется работа систем управления освещением и состояние окон и осветительных приборов; проверяется эффективность использования естественного и местного освещения.

Системы холодного и горячего водоснабжения. Инструментальное обследование включает в себя снятие графиков водопотребления; тестирование утечек и непроизводительных потерь; анализ соответствия качества воды технологическим требованиям; проверку насосов, градиентов, фильтров, систем регулирования расходов и давления и другой арматуры; определение значений термического сопротивления изоляции трубопроводов горячего водоснабжения; оценку коррозионного состояния

систем горячего и холодного водоснабжения, обследование тепловых пунктов, трубопроводов, отопительных приборов, запорной и регулирующей арматуры.

Для измерения расходов могут быть использованы стационарные приборы, например, входящие в состав теплосчетчиков и позволяющие определить мгновенные значения расходов воды. К ним относятся:

- измерительные диафрагмы;
- приборы турбинного или крыльчатого типа;
- электромагнитные, вихревые и ультразвуковые расходомеры.

При отсутствии стационарных расходомеров могут быть использованы переносные ультразвуковые расходомеры с накладными датчиками отечественного или зарубежного производства серий "Portaflow" с накопителем информации "Squirrel 1003" (Англия), "Sonoflo" и "Sonocal" (Дания) и др., имеющие аттестацию Госстандарта РФ. Измерения следует проводить в интервале не менее одних суток. Необходимо также провести измерения рабочих характеристик насосов: коэффициентов включения и коэффициентов загрузки, изучить их.

Для измерения давления применяются образцовые пружинные манометры. При организации автоматизированной системы измерений в качестве датчиков давления или перепада давлений могут использоваться датчики МТ-100 или датчики давления концерна "Метран", а также аппаратура аналогичного типа зарубежного производства, например, цифровые манометры серии С 95 фирмы "COMARK".

Для измерения температуры могут быть использованы ртутные термометры с ценой деления $0,1^{\circ}\text{C}$, устанавливаемые в имеющихся на трубопроводах термометрических гильзах, или термометры, входящие в состав теплосчетчиков узлов учета при наличии вторичной показывающей аппаратуры. Для измерения температуры при отсутствии измерительной аппаратуры на тепловом пункте следует использовать стандартные термоэлектрические преобразователи и термометры сопротивления с вторичными показывающими и регистрирующими приборами. При отсутствии в точках измерения термометрических гильз измерения могут быть проведены с использованием датчиков поверхностного типа или инфракрасных бесконтактных термометров. При применении датчиков поверхностного типа необходимо обеспечить плотный контакт датчика с очищенной от краски и ржавчины поверхностью трубопровода. Проведение обследования с помощью обычных показывающих или записывающих приборов неэффективно и очень трудоемко, поскольку требуется одновременная регистрации большого количества параметров в течение продолжительного времени. Поэтому для энергоаудита следует в первую очередь использовать портативные расходомеры.

Погрешность измерения не должна превышать:

- для расходов – 2,5 %;
- для давлений – $0,1\text{ кгс/см}^2$
- для температур – $0,1^{\circ}\text{C}$

Системы отопления. При энергетическом обследовании измеряются следующие параметры: расходы сетевой воды и воды в квартальной сети при независимой схеме; температуры сетевой воды и воды в квартальной сети; давления сетевой воды и воды в квартальной сети при независимой схеме; температуры и влажности воздуха в

помещениях и снаружи. По результатам измерений определяются графики нагрузок, формируются тепловой и водяной балансы, тестируются системы регулирования и учета. Кроме того, при обследовании уточняются характеристики электроприводов насосов, кратности воздухообмена, рециркуляции, выявляются места инфильтрации тепла. Следует отметить, что для обеспечения стабильности результатов измерений вторую ступень подогревателя горячего водоснабжения целесообразно перевести на смешанную схему, если в обычном режиме она включена по последовательной схеме.

Системы вентиляции и кондиционирования. Основными параметрами, которые должны измеряться при инструментальном исследовании систем кондиционирования зданий, являются:

- размеры помещений,
- относительная влажность воздуха,
- температура воздуха в помещении,
- скорость воздухообмена,
- температура подаваемого летом и зимой воздуха,
- температура наружного воздуха,
- инфильтрация воздуха.

Для измерения влажности и температуры можно применять прибор типа КМ 8004 (Великобритания) или аналогичные приборы других фирм.

Промышленные котлы. Проводятся измерения режимных параметров, состава дымовых газов в различных точках, давления в топке и тракте котла, температуры воды в различных точках, температуры воздуха и параметров пара, температуры наружных поверхностей по всему тракту, определяется качество питательной и продувочной воды, уточняются характеристики электропривода насосов, вентиляторов и дымососов. Исследуются состояние термоизоляции, потери тепла излучением, с дымовыми газами и продувочной водой, присосы по тракту, уровень атмосферных выбросов. Составляется общий тепловой баланс.

Промышленные печи. Для газовых печей проводится измерение режимных параметров, состава дымовых газов в различных точках, давления в топке и тракте печи. Для электрических (резистивных) печей формируется график изменения активной нагрузки. Для индуктивных и дуговых печей дополнительно измеряются реактивная мощность и параметры качества электроэнергии. Кроме того, проводятся измерения массы, теплоемкости, скорости или частоты загрузки. температур наружных поверхностей по всему тракту, уточняются характеристики электропривода вытяжных вентиляторов и дымососов. Исследуется состояние изоляции и потери тепла излучением, с дымовыми газами, уровень атмосферных выбросов. Составляется общий тепловой баланс.

Бойлеры, теплообменники. Определяются параметры теплопередачи, гидросопротивления, состояния и качества изоляции, герметичности контуров.

Паровые системы. Определяются параметры пара, исследуется состояние конденсатоотводчиков, изоляции, выявляется наличие утечек, неконденсируемых газов, пролетного пара, возврата конденсата.

Системы сжатого воздуха. Проводится тестирование электропривода, систем охлаждения компрессоров, и систем регулирования давления, очистки и осушки воздуха.

Составляются графики нагрузки компрессоров, выявляются причины утечек и потерь давления у потребителя.

Промышленные холодильные установки. Составляются графики нагрузок, электроприводов компрессоров, вентиляторов и насосов, уточняются характеристик холодильного цикла и вторичного контура. Проводится тестирование систем регулирования охлаждения.

Электроприводы. Уточняются значения рабочих и пусковых параметров электродвигателей, проверяется из соответствие номинальным значениям. Составляются графики нагрузок. Анализируется эффективность компенсации реактивной мощности.

Системы газоснабжения. Обследуется техническое состояние трубопроводов, газопотребляющих установок и газораспределительной арматуры. Составляются графики фактического уровня потребления газа. Определяются показатели неполноты сгорания и утечек газа.

Основные технологические процессы. Изучается и сравнивается с передовыми тенденциями уровень технологической оснащенности предприятия, состояние механизации и автоматизации процессов. Составляется схема технологического процесса, показывающая основные этапы, через которые последовательно проходят материалы от первоначального состояния до готовой продукции. На схеме должны быть стадии переработки материалов и утилизации отходов в технологическом процессе. Особое внимание должно быть уделено анализу возможностей использования вторичных энергетических ресурсов, т. е, ресурсов, полученных в виде отходов производства и потребления или побочных продуктов в результате осуществления технологического процесса или использования оборудования, функциональное назначение которого не связано с производством соответствующего вида энергетического ресурса.

Котельные. В организациях и предприятиях, имеющих собственные котельные, одним из основных этапов энергетического обследования являются инструментальные обследование котельных. Для проведения инструментального обследования применяются стационарные и (или) переносные специализированные приборы. Все применяемые приборы должны иметь аттестацию органов Госстандарта. В [таблица 8.1](#) приведен ориентировочный перечень приборов для проведения энергетического обследования котельных.

Таблица 8.1.

№	Измеряемый параметр	Наименование прибора, тип
1	O ₂ , CO ₂ , CO, NO _x , NO ₂ , SO ₂ , коэффициент избытка воздуха	Анализатор горения электронный КМ 9006 "Quintox"
2	Расход жидкостей с температурой до 200°С	Ультразвуковой расходомер жидкости "Portaflow 300"
3	Измерение толщины стенок металлических труб	Ультразвуковой толщинометр "SONAGAGE"
4	Измерение температуры поверхностей	Термометр инфракрасный бесконтактный "Raytek Rayst"

Допустимые погрешности приборов для измерений характеристик котлоагрегатов приведены в [таблица 8.2](#)

Таблица 8.2.				
№	Вид измерений	Измеряемые физические величины	Обеспечиваемые предельные значения Диапазон измерений	Погрешность
1	Измерения расхода	Скорость потока жидкости Скорость потока воздуха	(0...10) м/с (0...30) м/с	$< \pm 3$ $< \pm 3$
2	Измерения температуры	Температура	$-199 \dots 1300^{\circ}\text{C}$	$< \pm 1^{\circ}\text{C}$
3	Измерения состава и газов свойств веществ	Концентрация отходящих - топливопотребляющих установок: - окись углерода (CO) - диоксид углерода (CO₂) - окись азота (NO) - диоксид азота (NO₂) - диоксид серы - (SO₂) - кислород (O₂) - углеводороды (C_xH_y) Состав производственной воды: - Ph - жесткость - содержание железа - нефтепродукты	100...10000 ppm 0,3...20% 25...5000 ppm 50...1000 ppm 25...5000 ppm 0,25...25% 0,25...5% (по метану) 0,01...14 pH 0,01...4,7 мг/л 10...400 мкг/л 0,005...50 мг/л	± 10 $\pm 1,5$ ± 5 ± 5 ± 5 ± 1 ± 5 - $\pm 0,01\text{pH}$ $\pm 0,01\text{мг/л}$ $\pm 10\text{мкг/л}$ ± 40

8.2. Учреждения и организации бюджетной сферы

В этом разделе рассматриваются особенности проведения энергоаудита в наиболее многочисленной группе бюджетных организаций, в которую входят:

- учреждения здравоохранения;
- детские дошкольные учреждения;
- учебные заведения (высшие, средние и специальные);
- учреждения культуры и искусства;
- физкультурные и спортивные учреждения;
- административные учреждения.

На первом этапе энергоаудита целесообразно выделить наиболее энергоёмкие группы потребителей [36]. В медицинских учреждениях к наиболее мощным потребителям электроэнергии относятся электротермические установки для дезинфекции и

стерилизации. Автоклавы, сушильные шкафы, стерилизаторы и дистилляторы потребляют от 20 до 30 % общего количества необходимой электроэнергии. На холодильное оборудование приходится 5-10 % общего потребления, на освещение - 30-40 %, на устройства вентиляции и кондиционирования - 10-20 %. В последние годы наблюдается рост электропотребления современными приборами диагностики и физиолечения (до 20-30%) и снижение доли осветительной нагрузки. По тепловой энергии в медицинских учреждениях можно выделить три группы потребителей тепла: отопление, горячее водоснабжение и вентиляция. На отопление и горячее водоснабжение приходится 55-70 % общего потребления, а на вентиляцию - 30-45 % в зависимости от типа здания.

К числу наиболее важных потребителей электроэнергии учреждений среднего и высшего образования относятся освещение (50-60 %), различные нагревательные установки, потребляющие от 10 до 20 % электроэнергии, компьютеры и орг. техника (до 15 %) [37]. В технических вузах лабораторное оборудование, потребляет до четверти общего количества электроэнергии. В дошкольных учреждениях образования наиболее мощными потребителями электроэнергии являются электротермические установки пищеблоков. На освещение расходуется от 15 до 25 % от общего электропотребления.

По тепловой энергии в учреждениях образования можно выделить три группы потребителей тепла: отопление 53-70 %; горячее водоснабжение 16-30 %; вентиляция 10-25 %.

По холодной воде наиболее важными потребителями являются общежития (55-70 %) и учебные корпуса (45-30 %).

Административные учреждения имеют 4 группы потребителей электроэнергии: освещение (40-60 %), потребители с электродвигателями (10-30 %), различные нагревательные установки (электрические плиты, кипятильники, электрокамины и т.д.), потребляющие от 20 до 40 % электроэнергии, компьютеры и орг. техника (от 10-20 %). По тепловой энергии выделяются две группы потребителей тепла: отопление 70-85 %, вентиляция 15-30 %.

Ключевые термины:

Промышленные предприятия— предприятия (заводы, фабрики, рудники, шахты, электростанции), занятые производством орудий труда, добычей сырья, материалов, топлива, производством энергии и дальнейшей обработкой продуктов, полученных в промышленности или произведённых в сельском хозяйстве.

Бюджетное учреждение— по российскому законодательству это государственное (муниципальное) учреждение, финансовое обеспечение выполнения функций которого, в том числе по оказанию государственных (муниципальных) услуг физическим и юридическим лицам в соответствии с государственным (муниципальным) заданием, осуществляется за счет средств соответствующего бюджета на основе бюджетной сметы.

Краткие итоги лекции:

1. Повышение эффективности использования энергетических ресурсов особенно актуально для промышленных предприятий России. В первую очередь, это связано с наблюдаемым в течение последних десятилетий непрерывным ростом доли затрат на энергоресурсы в себестоимости продукции.

2. Анализ причин сложившейся ситуации позволяет сформулировать перечень актуальных задач в сфере энергоэффективности российских промышленных предприятий: снижение энергоемкости готовой продукции; повышение надежности и качества энергоснабжения; актуализация информации о работе энергоинфраструктуры; минимизация потерь энергоресурсов; инновационная модернизация энергетического и технологического оборудования.
3. Энергоаудит на крупных производствах приобретает особую сложность из-за взаимосвязанности и больших объемов производства и потребления энергоресурсов, из-за того, что все системы предприятия – тепловые, гидравлические, пневматические, электрофизические, электрохимические – не разрознены, а представляют собой единый комплекс.
4. В группу бюджетных учреждений, обязанных провести первое энергетическое обследование в период до 31 декабря 2012 года, входят:
 - учреждения здравоохранения;
 - детские дошкольные учреждения;
 - учебные заведения (высшие, средние и специальные);
 - учреждения культуры и искусства;
 - физкультурные и спортивные учреждения;
 - административные учреждения.

Литература

33. Самойлов М.В., Паневчик В.В., Ковалёв А.Н. , Основы энергосбережения. , Минск: Изд-во БГЭУ, 2008. – 198 с
34. , ГОСТ Р 51379-99. Энергосбережение. Энергетический паспорт промышленного потребителя топливно-энергетических ресурсов. , М.: Изд-во стандартов, 1999. – 17 с
35. , ГОСТ 13109-97 Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. , М.: Изд-во стандартов, 1999. – 19 с
36. , ГОСТ Р 51387-99 Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение., М.: Изд-во стандартов, 2000. – 11 с
37. С.И.Сергеев, Методика проведения энергетических обследований (энергоаудита) бюджетных учреждений, Н.Новгород: НГТУ, НИЦЭ, 2000 г. – 198 с