

СОГЛАСОВАНО

Департамент по энергоэффективности
Госстандарта Республики Беларусь



2009 г.

СОГЛАСОВАНО

ГПО «Белэнерго»



2009 г.

УТВЕРЖДЕНО

Министерство энергетики
Республики Беларусь



2009 г.

Методические указания
по определению и учёту показателей использования
вторичных энергетических ресурсов
на предприятиях ГПО «Белэнерго»

МИНСК – 2009 г.

Содержание

Введение	3
1 Область применения	4
2 Нормативные ссылки	4
3 Основные положения и понятия о ВЭР	4
4 Определение выхода и использования ВЭР	8
4.1 Общие положения	8
4.2 Определение выхода ВЭР	9
4.3 Определение показателей использования ВЭР	12
Приложение А – Перечень (номенклатура) ВЭР, образующихся на ТЭС, РК и в СТЭ	16
Приложение Б – Перечень типовых мероприятий по использованию ВЭР	18
Приложение В – Примеры расчёта экономии топлива на ТЭС и в энергосистеме и выработки энергии за счёт использования ВЭР	19

Введение

Постановлением Госстандарта РБ с 01.04.2006 г. введён в действие непосредственно в качестве государственного стандарта РБ «Межгосударственный стандарт ГОСТ 31188-2003 «Энергосбережение. Ресурсы энергетические вторичные. Методика определения показателей выхода и использования». В документе даны общие определения и принципы расчёта таких показателей, как выход вторичных энергетических ресурсов (ВЭР), выработка энергии и экономия энергии за счёт использования ВЭР. Представленные в ГОСТ материалы ориентированы на применение преимущественно в таких отраслях промышленности, как чёрная металлургия, нефтепереработка, производство строительных материалов, машиностроение и других, где производственные процессы сопровождаются образованием значительного количества ВЭР высокого и среднего потенциала, которые в силу ряда причин не востребованы вообще или утилизируются явно недостаточно. Специфика предприятий электроэнергетики и связанные с ней особенности процессов образования и использования ВЭР в технологическом цикле не нашли чёткого отражения в этом документе, что затрудняет его применение для определения показателей эффективности использования ВЭР в отрасли. В связи с этим, возникла необходимость конкретизации отдельных приведённых в ГОСТ понятий и определений применительно к производственным процессам, осуществляемым на тепловых электрических станциях (ТЭС), районных котельных (РК) и в системах транспорта энергии (СТЭ), с определением единых для энергопредприятий отрасли методических принципов расчёта и учёта показателей эффективности использования ВЭР и представления их в действующих формах отчётности. Решение этих задач является целью настоящих методических указаний, которые предназначены для работников предприятий, учреждений и организаций отрасли, занимающихся планированием, расчётом и анализом технико-экономических показателей ТЭС, РК и СТЭ, вопросами совершенствования работы по энергосбережению.

Приведённые в настоящих методических указаниях понятия не противоречат представленным в действующих стандартах и других ТНПА в части терминов и определений, но увязывают их со спецификой производственных процессов предприятий электроэнергетики.

1 Область применения

Настоящие методические указания (МУ):

- устанавливают единые для энергопредприятий ГПО «Белэнерго» подходы к применению положений ГОСТ 31188-2003 на ТЭС, РК и в СТЭ при расчёте и учёте показателей эффективности использования ВЭР;
- обязательны для предприятий, учреждений и организаций, входящих в состав ГПО «Белэнерго».

2 Нормативные ссылки

В настоящих МУ использованы ссылки на следующие нормативные акты в области энергосбережения, учёта, расчёта и нормирования расхода энергоресурсов на ТЭС, РК и в СТЭ:

ГОСТ 31188-2003 «Энергосбережение. Ресурсы энергетические вторичные. Методика определения показателей выхода и использования».

СТП 09110.09.117-06. Положение по нормированию расхода топливно-энергетических ресурсов на предприятиях, в учреждениях и организациях ГПО «Белэнерго».

СТП 09110.09.154-06. Положение о разработке, согласовании и утверждении нормативно-технических документов по топливоиспользованию.

СТП 09110.09.155-06. Методические указания по составлению и содержанию энергетических характеристик оборудования энергопредприятий ГПО «Белэнерго».

СТП 09110.09.300-05. «Порядок расчёта экономии топливно-энергетических ресурсов от внедрения основных энергосберегающих мероприятий на электростанциях, котельных, тепловых и электрических сетях».

3 Основные положения и понятия о ВЭР

Экономия топливно-энергетических ресурсов в промышленности и, в частности в электроэнергетике, может осуществляться двумя путями:

- повышением энергетического к.п.д. технологических агрегатов за счёт улучшения организации технологических процессов и режимов работы агрегатов, сокращения непроизводительных потерь энергоресурсов, совершенствования процесса сжигания

топлива, применения рекуперации, регенерации, промежуточного подогрева, улучшения тепловой изоляции и т.п. Осуществление этих мероприятий приводит к снижению расхода энергоресурсов в самом технологическом агрегате (установке, процессе);

– использованием ВЭР для удовлетворения потребностей в топливе, тепле, электрической и механической энергии других агрегатов и процессов (утилизация ВЭР). При утилизации ВЭР расход энергоресурсов в технологическом агрегате-источнике практически не меняется, а их экономия достигается в замещаемых энергетических установках.

Как правило, первый путь характеризуется более высоким энергетическим и экономическим эффектом, поэтому вопросы экономии топлива за счёт утилизации ВЭР должны рассматриваться только после реализации мероприятий первого пути, которые снижают выход ВЭР.

ВЭР - определённый запас энергии, образующийся в виде неизбежных потерь энергии в агрегатах (установках, процессах) при существующей технологической схеме производства и транспорта электрической и тепловой энергии, который может быть частично или полностью использован для отпуска тепла и электроэнергии сторонним потребителям и/или удовлетворения собственных нужд в энергии.

Под агрегатами-источниками ВЭР на ТЭС и РК подразумеваются котлы, паровые и газовые турбины, турбогенераторы, газопоршневые агрегаты, турбодетандеры, а также часть установок, входящих в состав узлов вспомогательного оборудования (мазутного хозяйства, химводоочистки и др.). В СТЭ источниками ВЭР могут являться отдельные установки перекачивающих насосных станций, трансформаторных подстанций, распределительных устройств, кабельных сооружений.

Перечень (номенклатура) ВЭР, образующихся на ТЭС, РК и в СТЭ, приведен в Приложении А.

Принципиальная схема использования энергетических ресурсов и распределения энергетических потоков при утилизации ВЭР с указанием принятых названий отдельных потоков и сечений, по которым определяются количественные значения соответствующих показателей, представлена на рисунке 1.

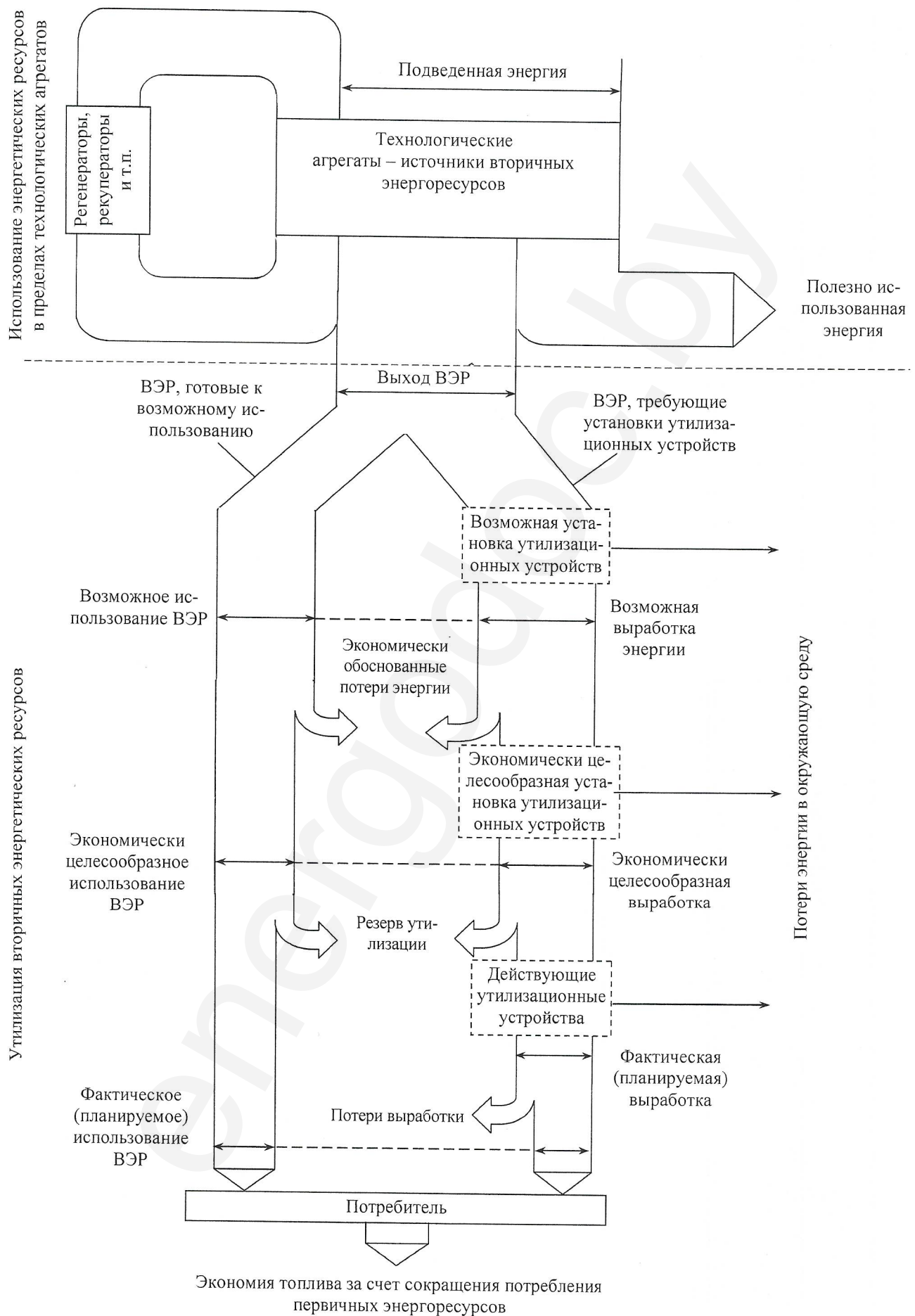


Рисунок 1 – Принципиальная схема использования энергетических ресурсов

Как видно из рисунка 1 при утилизации ВЭР необходимо различать следующие понятия:

Выход ВЭР – количество вторичных энергоресурсов, образующихся в процессе производства в данном технологическом агрегате.

Выработка за счёт ВЭР – количество тепла, электроэнергии или механической работы, получаемой за счёт ВЭР в утилизационном устройстве.

Различают возможную, экономически целесообразную, планируемую и фактическую выработку за счёт ВЭР.

Возможная выработка – максимальное количество тепла, электроэнергии или механической работы, которое может быть практически получено за счёт данного вида ВЭР, с учётом режимов работы агрегата-источника и утилизационного устройства.

Экономически целесообразная выработка – максимальное количество тепла, электроэнергии или механической работы, целесообразность получения которого в утилизационном устройстве (в течение рассматриваемого периода) подтверждается экономическими расчётами.

Для проектируемых энергетических агрегатов и/или ТЭС, РК и СТЭ в целом экономически целесообразная выработка – это такое количество тепла, электроэнергии или механической работы, получение которого за счёт ВЭР и использование его потребителями даёт наибольший экономический эффект. Так как параметры утилизационных устройств выбираются из условия их наибольшей эффективности, то возможная выработка энергии в данном утилизационном устройстве равна экономически целесообразной.

Планируемая выработка – количество тепла, электроэнергии или механической работы, которое предполагается получить за счёт ВЭР при осуществлении планов развития ТЭС, РК и СТЭ в рассматриваемый период с учётом ввода новых, модернизации действующих и вывода устаревших утилизационных устройств.

Фактическая выработка – фактически полученное количество тепла, электроэнергии или механической работы на действующих утилизационных устройствах за отчётный период.

Использование ВЭР – количество используемой у потребителей энергии, вырабатываемой за счёт ВЭР в утилизационных устройствах.

Использование ВЭР, так же как и выработка за счёт ВЭР, может быть возможным, экономически целесообразным, планируемым и фактическим. При определении воз-

возможного и экономически целесообразного использования ВЭР необходимо учитывать наличие технически разработанных и проверенных методов и конструкций по утилизации ВЭР, наличие места для размещения утилизационных устройств, наличие потребителей энергии и пр.

Как следует из рисунка 1, при использовании ВЭР с преобразованием энергоносителя в утилизационном устройстве возможное использование ВЭР равнозначно возможной выработке за счёт ВЭР и численно равно ей. Важным расчётным показателем является также коэффициент выработки за счёт ВЭР - отношение фактической выработки к возможной. Коэффициент выработки за счёт ВЭР может определяться для одного агрегата, для группы однотипных агрегатов, цеха, предприятия в целом.

Показатель экономии топлива за счёт ВЭР – количество первичного топлива (первичного энергоресурса), которое экономится за счёт использования ВЭР. По аналогии с использованием ВЭР экономия топлива также может быть возможной, экономически целесообразной, планируемой и фактической. Отношение фактической экономии топлива за счёт ВЭР к возможной определяет коэффициент утилизации ВЭР. Этот коэффициент также может определяться для одного агрегата, группы агрегатов, предприятия в целом.

4 Определение выхода и использования ВЭР

4.1 Общие положения

4.1.1 Выработка энергии и экономия топлива за счёт использования ВЭР должны определяться и учитываться при наличии более совершенных отработанных технических решений (мероприятий) по энергосбережению, чем использованные в проекте строительства (реконструкции) ТЭС, РК и СТЭ, а также необходимых условий для экономически оправданной их реализации. Считается, что потери энергетического потенциала топлива (первичного энергоресурса), определённые прошедшим экспертизу проектом строительства (реконструкции) конкретной ТЭС, РК и СТЭ, являлись в период проектирования технологически неизбежными и/или технически и экономически обоснованными (экономически целесообразными) и, как правило, не содержали в тот период энергетического потенциала, который мог быть использован в производственном процессе как ВЭР.

4.1.2 Учёт показателей использования ВЭР на ТЭС, РК и в СТЭ, а также в РУП-облэнерго, должен осуществляться, начиная с момента внедрения мероприятий по утилизации ВЭР.

4.1.3 Расчёты показателей выхода и использования ВЭР на ТЭС и РК выполняются на заданные (планируемые, фактические) условия производства по алгоритмам расчёта технико-экономических показателей (ТЭП) ТЭС или РК и энергетическим характеристикам оборудования, составленным в соответствии с требованиями СТП 09110.09.117-06, СТП 09110.09.154-06 и СТП 09110.09.155-06. Конечные результаты расчётов показателей использования ВЭР должны учитывать эффект как непосредственно на ТЭС или РК, так и в энергосистеме и отражаться в действующих формах статистической отчётности.

4.2 Определение выхода ВЭР

4.2.1 Выход ВЭР определяют для каждого агрегата (установки) – источника ВЭР, исходя из удельного выхода ВЭР на единицу продукции **И** (1 МВт·ч, выработанный турбоагрегатом; 1 МВт·ч, переданный в системах транспорта электрической энергии; 1 Гкал, произведённая котлом; 1 т химочищенной, обессоленной воды на водоподготовительной установке; 1 т подготовленного к сжиганию мазута, 1 Гкал транспортируемой сетевой воды и т.п.) или исходя из часового выхода и количества часов работы агрегата (установки) - источника ВЭР за рассматриваемый период.

Выход ВЭР указывается по каждому из реализуемых мероприятий. Количество выхода ВЭР различных видов должно подтверждаться данными технического учёта и отчётности.

4.2.2 Удельный (часовой) выход ВЭР определяют как произведение удельного (часового) количества энергоносителя на его энергетический потенциал. Единицами количества энергоносителя принимаются единицы массы (килограмм, тонна); для газообразных энергоносителей применяют также единицы объёма (кубический метр при стандартных условиях). Энергетический потенциал энергоносителей определяется:

- для горючих ВЭР – низшей теплотой сгорания;
- для тепловых ВЭР – перепадом энтальпий;
- для ВЭР избыточного давления – работой изохронного расширения единицы объёма энергоносителя.

Единицами энергетического потенциала принимаются единицы энергии – кДж (ккал, кВт·ч).

4.2.3 Выход горючих ВЭР измеряют в единицах энергии или выражают через массу условного топлива. Количество горючих отходов производства определяют по данным учёта, организованного в соответствии с действующими в отрасли ТНПА.

4.2.4 Удельный $q_{уд}^T$ или часовой q_t^T выход тепловых ВЭР в агрегатах (установках) – источниках ВЭР в общем случае вычисляют по формулам:

$$q_{уд}^T = m_{уд} \cdot \Delta h, \quad q_t^T = m_t^T \cdot \Delta h, \quad (1)$$

где $m_{уд}$ – удельное количество энергоносителя, кг/ед. продукции, м³/ед. продукции;

m_t^T – часовое количество энергоносителя, кг/ч, м³/ч;

Δh – перепад энтальпий энергоносителя, кДж/кг или кДж/м³.

Перепад энтальпий определяют по формуле:

$$\Delta h = h_1 - h_2, \quad (2)$$

где h_1, h_2 – энтальпии энергоносителя на выходе из агрегата (установки) – источника ВЭР до и после возможного использования ВЭР в утилизирующих устройствах.

Удельное (часовое) количество и энтальпию энергоносителя на выходе из агрегата (установки) – источника ВЭР определяют в порядке, представленном в энергетических характеристиках оборудования и/или из расчета теплового и материального баланса агрегата (установки).

4.2.5 Выход тепловых ВЭР (Q_B^T , ГДж) за рассматриваемый период вычисляют, исходя из удельного или часового выхода, по формуле:

$$Q_B^T = q_{уд}^T \cdot \Pi \cdot 10^{-6}, \quad (3)$$

или

$$Q_B^T = q_t^T \cdot \tau \cdot 10^{-6}, \quad (4)$$

где τ – длительность работы агрегата – источника ВЭР за рассматриваемый промежуток времени, ч.

4.2.6 Удельный $q_{уд}^H$ или часовой q_t^H выход ВЭР избыточного давления для газообразных энергоносителей в кДж на единицу продукции или в час в общем случае вычисляют по формулам:

$$q_{уд}^H = V_{уд}^H \cdot A, \quad q_t^H = V_{удt}^H \cdot A, \quad (5)$$

где $V_{уд}^H$ – удельный объем, $V_{удt}^H$ – удельный часовой объем образовавшихся ВЭР избыточного давления на единицу продукции, м³/ед. прод., м³/ч;

A – работа изоэнтروпного расширения единицы массы или единицы объема газообразных энергоносителей, кДж/кг или кДж/м³, которая равна перепаду энтальпий:

$$A = \Delta h = h_1 - h_2, \quad (6)$$

где h_1, h_2 – энтальпии газа перед утилизационной установкой (паровой турбиной, турбодетандерной установкой) и после изоэнтропного расширения в турбине соответственно, кДж/кг или кДж/м³.

Термодинамическую температуру газа после изоэнтропного расширения T_2 в Кельвинах вычисляют по формуле:

$$T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}, \quad (7)$$

где T_1 – температура энергоносителя перед паровой турбиной или турбодетандерной установкой, К;

P_1 и P_2 – давление энергоносителя до и после паровой турбины или турбодетандерной установки, МПа;

κ – средний показатель изоэнтروпы в интервале температур T_1 и T_2 .

Выход ВЭР избыточного давления Q_B^H (ГДж) за рассматриваемый период определяют по формулам, аналогичным для тепловых ВЭР (3) и (4):

$$Q_B^H = q_{уд}^H \cdot \Pi \cdot 10^{-6}, \quad (8)$$

или

$$Q_B^H = q_t^H \cdot \tau \cdot 10^{-6}, \quad (9)$$

Выход ВЭР для каждого агрегата (установки) – источника ВЭР устанавливается в результате выполнения сопоставительных расчётов по алгоритмам определения их ТЭП и/или из расчета теплового и материального баланса агрегата (установки).

4.2.7 Исходными данными для расчётов должны служить фактические параметры работы агрегатов (установок) до реализации мероприятий по использованию ВЭР и возможные после их реализации при сопоставимых условиях производства.

4.3 Определение показателей использования ВЭР

4.3.1 Определение экономии топлива за счёт ВЭР и разработка мероприятий по использованию ВЭР в планируемом периоде должны проводиться на основании анализа результатов расчёта выхода ВЭР каждого вида в агрегатах (установках) и суммарного выхода ВЭР при планируемых условиях производства. В результате анализа определяются:

- количество образующихся ВЭР;
- возможности использования ВЭР для организации отпуска энергии непосредственно от агрегата (установки) - источника ВЭР сторонним потребителям за счёт установки утилизирующих устройств;
- возможности использования ВЭР агрегата (установки) - источника ВЭР в других агрегатах (установках) общего технологического цикла ТЭС или РК за счёт установки новых или замены существующих утилизирующих устройств на более совершенные;
- состав возможных мероприятий по использованию ВЭР и порядок их проведения;
- возможная и экономически целесообразная выработка электрической и тепловой энергии и экономия топлива на ТЭС, РК, СТЭ и в энергосистеме за счёт использования ВЭР.

4.3.2 Возможная экономия топлива на ТЭС, РК и/или в энергосистеме за счёт проведения планируемых мероприятий по использованию ВЭР определяется результатами сопоставительных расчётов, выполненных по алгоритмам определения ТЭП агрегатов (установок) и ТЭС или РК в целом с учётом возможного эффекта по энергосистеме. Исходными данными для расчётов должны служить параметры работы агрегатов (установок), представленные в их действующих энергетических характеристиках, и

ожидаемые после реализации планируемых мероприятий по использованию ВЭР при сопоставимых условиях производства.

4.3.3 Фактическая экономия топлива за счёт ВЭР, полученная в отчётном периоде в результате реализации мероприятий по использованию ВЭР при фактических условиях производства, устанавливается в результате сопоставительных расчётов, выполненных по алгоритмам определения ТЭП агрегатов (установок) и ТЭС или РК в целом с учётом эффекта по энергосистеме. Исходными данными для расчётов являются фактически достигнутые показатели работы агрегатов (установок) после реализации мероприятий по использованию ВЭР и показатели, представленные в энергетических характеристиках этих агрегатов (установок), действовавших до реализации мероприятий.

4.3.4 Расчёты по определению доли произведённой РУП-облэнерго за счёт использования ВЭР электрической и тепловой энергии в общем объёме их производства выполняются в РУП-облэнерго на основании представленных ТЭС, РК и СТЭ данных о фактической экономии топлива за счёт ВЭР с учётом эффекта по энергосистеме.

Доля произведённой в РУП-облэнерго за счёт ВЭР энергии определяется отношением суммарной величины экономии топлива ($\Delta B_{ВЭР}$, т у.т.), достигнутой на ТЭС, РК и в СТЭ за счёт использования ВЭР, к общему расходу топлива по РУП-облэнерго на производство электрической и тепловой энергии ($B_{э} + B_{тэ}$, т у.т.):

$$k_{ВЭР} = \frac{\Delta B_{ВЭР}}{B_{э} + B_{тэ}}, \quad (10)$$

Количества произведённых в РУП-облэнерго за счёт использования ВЭР электрической ($\mathcal{E}_{ВЭР}$, тыс. кВт·ч) и тепловой энергии ($Q_{ВЭР}$, Гкал) определяются отношениями:

$$\mathcal{E}_{ВЭР} = k_{ВЭР} \cdot \frac{B_{э}}{b_{э}}, \quad (11)$$

и

$$Q_{ВЭР} = k_{ВЭР} \cdot \frac{B_{тэ}}{b_{тэ}}, \quad (12)$$

где $b_{э}$ и $b_{тэ}$ — соответственно, удельный расход топлива на отпуск электроэнергии и тепла по РУП-облэнерго за рассматриваемый период.

Расчёты значений $k_{ВЭР}$, $\mathcal{E}_{ВЭР}$ и $Q_{ВЭР}$ для ТЭС и РК производятся по формулам, аналогичным (10, 11 и 12), в которых значения расходов и экономии топлива ($B_{э}$, $B_{тэ}$ и $\Delta B_{ВЭР}$) представляются отчётными величинами этих показателей по ТЭС и РК, а значе-

ния удельных расходов топлива на отпуск электроэнергии и тепла ($b_{э}$ и $b_{тэ}$) - отчётными величинами этих показателей по РУП-облэнерго.

4.3.5 Учёт выработанной за счёт ВЭР энергии как непосредственно на ТЭС и РК, так и в РУП-облэнерго, ведётся нарастающим итогом, начиная с периода реализации мероприятий по использованию ВЭР после ввода ТЭС, РК, СТЭ и/или отдельных агрегатов (установок) в эксплуатацию. В случае замены агрегатов (установок) на более совершенные или их реконструкции (модернизации), следствием которых стало существенное изменение технологического процесса и энергоэффективности производства, учёт показателей использования ВЭР на этих агрегатах (установках) организуется заново, начиная с периода проведения мероприятий по использованию ВЭР после реконструкции (модернизации) или замены агрегатов (установок). Данные учёта выработанной за счёт ВЭР энергии представляются в отчётных документах по форме государственной статистической отчётности 12-тэк «Отчёт о расходе топливно-энергетических ресурсов» (утв. Минстатом РБ 14.08.2008 № 109).

Данные учёта экономии топлива (первичного энергоресурса) за счёт проведения мероприятий по использованию ВЭР отражаются в отчётных документах по форме государственной статистической отчётности 4-энергосбережение (Госстандарт) «Отчёт о выполнении мероприятий по энергосбережению и увеличению использования местных видов топлива, отходов производства, вторичных, нетрадиционных и возобновляемых энергоресурсов» (утв. Белстатом РБ 14.10.2008 № 274) в течение одного года с даты внедрения мероприятия.

4.3.6 Перечень типовых мероприятий по использованию ВЭР на ТЭС, РК и в СТЭ приведен в Приложении Б.

4.3.7 Примеры расчёта экономии топлива на ТЭС и в энергосистеме и выработки энергии за счёт использования ВЭР представлены в Приложении В.

4.3.8 Для предварительной оценки экономии топлива за счёт использования ВЭР на ТЭС, РК и в энергосистеме могут применяться отдельные методические материалы и примеры расчёта, представленные в следующих разделах СТП 09110.09.300-05 «Порядок расчёта экономии топливно-энергетических ресурсов от внедрения основных энергосберегающих мероприятий на электростанциях, котельных, тепловых и электрических сетях»:

Раздел 2.1 «Модернизация и повышение эффективности паротурбинных установок»:

- п. 2.1.12 «Перевод теплофикационной турбины (типа Т) в противодавленческую турбину (типа Р)»;
- п. 2.1.14 «Утилизация теплоты с охлаждающей водой от турбины»;
- п. 2.1.21 «Внедрение детандер-генераторной установки».

Раздел 2.2 «Модернизация котельных установок»:

- п. 2.2.2 «Внедрение контактного экономайзера при работе котла на газе»;
- п. 2.2.14 «Внедрение схемы возврата конденсата от мазутного хозяйства»;
- п. 2.2.16 «Использование теплоты воды непрерывной продувки для подпитки теплосети».

4.3.9 Экономия топлива в СТЭ за счёт использования сбросного тепла систем охлаждения оборудования и вентиляции производственных сооружений (трансформаторные подстанции, распределительные устройства электрических сетей, насосные перекачивающие станции тепловых сетей и др.) для отопления помещений определяется уменьшением расхода топлива на отпуск первичного энергоресурса (электроэнергии или тепла) на энергоисточнике, который обслуживает данная СТЭ, на величину, использованную в качестве ВЭР.

4.3.10 Выход ВЭР с вентиляционным воздухом главных корпусов на отдельных мощных ТЭС оценивается величиной до 1,0 – 1,5 % количества сожжённого топлива. Фактическое количество воздуха и тепла, выбрасываемого в атмосферу конкретной ТЭС, определяется экспериментальным путем в соответствии с требованиями РД 34.21.401-90 «Методические указания по испытанию и наладке воздушного режима главных корпусов ТЭС», что позволяет выделить доли ВЭР и рециркуляции тепла в общем потоке вентиляционного воздуха.

4.3.11 Данные учёта мероприятий и показателей использования ВЭР, определённые в соответствии с настоящими МУ, представляются в отчётных документах по установленным формам статистической отчётности.

Приложение А

(обязательное)

Перечень (номенклатура) ВЭР, образующихся на ТЭС, РК и в СТЭ

А.1 ТЭС и РК

А.1.1 Горючие ВЭР:

- мазутные остатки, извлекаемые при очистке оборудования мазутного хозяйства;
- отработанные энергетические масла (трансформаторные, турбинные, промышленные).

А 1.2 Тепловые ВЭР:

- потери теплоты уходящих газов котлов, газотурбинных и газопоршневых установок (за штатными утилизирующими устройствами);
- потери теплоты сбрасываемого в конденсаторы отработанного пара паровых турбин;
- потери теплоты систем охлаждения оборудования;
- потери теплоты пара, воды, паровоздушной смеси технологических сбросов с продувками, промывками оборудования, с выпаром теплообменных и дренажных устройств;
- потери теплоты сбросного воздуха систем вентиляции главного корпуса и других производственных помещений;
- потери теплоты шлака (золы) твёрдых видов топлива;
- потери теплоты от наружного охлаждения оборудования.

А.1.3 ВЭР избыточного давления:

- потери потенциальной энергии пара и других энергоносителей, дросселируемых в штатных редуцирующих установках;
- потенциальная энергия природного газа, поступающего на ТЭС, РК, использование которой возможно в турбодетандерных установках.

А.2 Тепловые сети

А.2.1 Горючие ВЭР:

- отработанные энергетические масла и смазочные материалы.

А.2.2 Тепловые ВЭР:

- потери теплоты пара, воды, паровоздушной смеси технологических сбросов с продувками, промывками оборудования, при опорожнении сети, с выпаром теплообменных и дренажных устройств;
- потери теплоты охлаждающей среды (воды, воздуха) систем охлаждения оборудования (трансформаторов и вращающихся механизмов насосных станций, компрессоров, прочих установок и механизмов);
- потери теплоты сбросного воздуха систем вентиляции производственных помещений.

А.2.3 ВЭР избыточного давления:

- потери потенциальной энергии пара, дросселируемого в РОУ, РУ.

А.3 Электрические сети

А.3.1 Горючие ВЭР:

- отработанные энергетические масла трансформаторов, масляных выключателей.

А.3.2 Тепловые ВЭР:

- потери теплоты среды систем охлаждения оборудования (силовых трансформаторов, реакторов, синхронных компенсаторов и др.);
- потери теплоты сбросного воздуха систем вентиляции помещений (трансформаторных подстанций, ЗРУ, кабельных сооружений).

Приложение Б

(обязательное)

Перечень типовых мероприятий по использованию ВЭР

Б.1 Утилизация тепла с уходящими газами котлов и когенерационных установок за счёт установки теплофикационных пучков в паровых котлах, устройств утилизации теплоты парообразования влаги продуктов сгорания природного газа, отсоса перетечного воздуха РВП.

Б.2 Установка теплофикационных пучков в конденсаторы паровых турбин (частичное или полное использование теплоты отработанного пара).

Б.3 Использование части циркуляционной воды после конденсаторов турбин как исходной для ХВО.

Б.4 Устранение дросселирования пара в РОУ (РУ) за счёт модернизации паровых турбин с устройством отборов пара требуемых параметров, установки утилизирующих турбин.

Б.5 Использование потенциальной энергии природного газа перед ГРП в турбодетандерных установках для организации дополнительной выработки электроэнергии на ТЭС.

Б.6 Использование низкопотенциального тепла конденсата, систем охлаждения оборудования для подогрева природного газа, поступающего к котлам.

Б.7 Подогрев сырой воды перед ХВО теплом систем охлаждения турбогенераторов.

Б.8 Использование тепла выпара деаэраторов для подогрева сетевой воды в конденсаторах турбин, работающих в режиме с ухудшенным вакуумом.

Б.9 Использование воды непрерывной продувки котлов для подпитки тепловых сетей.

Б.10 Подача сбросного воздуха систем вентиляции главного корпуса, охлаждения балок, двигателей тягодутьевых машин и т.п. на всас дутьевых вентиляторов котлов.

Б.11 Использование тепла конденсата пара, подаваемого на мазутное хозяйство, для подогрева мазута в охладителях конденсата, воды в системе отопления.

Б.12 Использование сбросного тепла систем охлаждения оборудования и вентиляции производственных сооружений СТЭ для отопления помещений.

Приложение В

(обязательное)

Примеры расчёта экономии топлива на ТЭС и в энергосистеме

и выработки энергии за счёт использования ВЭР

В.1 Для представления примеров определения экономии топлива за счёт использования ВЭР на ТЭЦ и в энергосистеме принята условная ТЭЦ -13 МПа, оснащённая двумя котлами типа БКЗ-420-130, паровой турбиной типа ПТ-60-130 и типовым комплектом вспомогательного оборудования. В рассматриваемом периоде ТЭЦ работает по тепловому графику нагрузок с минимальным технологическим пропуском пара в конденсатор. Среднечасовой отпуск тепла сторонним потребителям составляет 161,5 Гкал (40 Гкал с паром 2,7 МПа, 60 Гкал с паром 1,3 МПа и 61,5 Гкал с горячей водой). Работают турбина и оба энергетических котла. Отпуск тепла с паром производится из отборов турбин (РОУ - в горячем резерве с пропуском 5 т/ч).

ТЭЦ планирует провести два мероприятия по использованию части имеющихся тепловых ВЭР:

- использование на водоподготовительной установке (ВПУ) теплоты циркуляционной воды после конденсатора турбины (возможное потребление тепла ВЭР на ВПУ определено величиной 2 Гкал/ч);

- использование в схеме станции теплоты сбрасываемого на очистные сооружения конденсата пара 1,3 МПа, подаваемого на резервирование мазутного хозяйства, за счёт установки охладителя конденсата производительностью 2 Гкал/ч;

Расчёты выполняются по следующим вариантам:

Вариант 0 (базовый) – без проведения мероприятий по использованию ВЭР.

Вариант 1 – использование на ВПУ сбросного тепла циркуляционной воды.

Вариант 2 – использование сбросного тепла конденсата пара с мазутного хозяйства.

Расчёты ТЭП проводятся с применением энергетических характеристик оборудования по утверждённому в установленном порядке алгоритму определения промежуточных и конечных показателей. Характерный для ТЭЦ данного типа алгоритм (макет) расчёта промежуточных (поагрегатных) и конечных ТЭП (с допустимыми для представления в настоящих МУ не принципиальными упрощениями) приведен ниже:

Утверждаю

Главный инженер РУП-облэнерго

« » 20 г.

Алгоритм (макет) расчёта удельных расходов и экономии (перерасхода) топлива ТЭЦ

1 Общие исходные данные для расчёта

Наименование	Обозначение	Размерность	Способ получения, расчётная формула	Значение
Календарное число часов в рассматриваемом периоде	$\tau_{\text{ккл}}$	ч	Данные учёта	
Температура наружного воздуха	$t_{\text{нв}}$	°C	Данные учёта	
Температура воды холодного источника	$t_{\text{хл}}$	°C	Данные учёта	
Выработка электроэнергии	$\mathcal{E}_{\text{в}}$	тыс. кВт·ч	Данные учёта	
Оппуск электроэнергии	$\mathcal{E}_{\text{отп}}$	тыс. кВт·ч	Данные учёта	
Оппуск тепла внешним потребителям:	$\sum Q_{\text{от}}$	Гкал	Данные учёта	
с паром 40 ата	$\sum Q_{\text{от}}^{40}$	Гкал	Данные учёта	
с паром 13 ата	$\sum Q_{\text{от}}^{14}$	Гкал	Данные учёта	
с горячей водой	$\sum Q_{\text{от}}^{\text{гв}}$	Гкал	Данные учёта	
Тепловая нагрузка РОУ	$\sum Q_{\text{роу}}$	Гкал	Данные учёта	
Суммарный расход химочищенной воды	$G_{\text{хов}}$	т	Данные учёта	
Расход химочищенной воды на подпитку теплосети	$\sum G_{\text{хов}}^{\text{тс}}$	т	Данные учёта	
Оппуск химочищенной воды	$\sum G_{\text{хов}}^{\text{от}}$	т	Данные учёта	
Суммарный расход химвоссолённой воды	$G_{\text{хоб}}$	т	Данные учёта	
Оппуск химвоссолённой воды	$\sum G_{\text{хоб}}^{\text{от}}$	т	Данные учёта	
Расход сетевой воды.	$\sum G_{\text{св}}$	тыс.т	Данные учёта.	
Расход технической воды на ТЭЦ	$G_{\text{в}}^{\text{тн}}$	тыс.т	Данные учёта.	
Расход сырой воды на ВПУ	$G_{\text{хво}}$	т	Данные учёта	
Затраты электроэнергии на теплофикационную установку	$\mathcal{E}_{\text{сн}}^{\text{то(ф)}} + \mathcal{E}_{\text{сн}}^{\text{т(ф)}}$	тыс. кВт·ч	Данные учёта	

2 Расчёт ТЭП котлов БКЗ-420-140 и котельного отделения

Наименование	Размерность	Обозначение	Способ получения, расчётная формула	Котёл 1	Котёл 2	Обозначение	Способ получения, расчётная формула	Стандарт
Исходные данные:	—	—	—	—	—	—	—	—
Число часов работы котла	ч	τ_K^i	Данные учёта			τ_K	$\sum \tau_K^i$	
Выработка тепла	Гкал	$\sum Q_K^{BPI}$	Данные учёта			$\sum Q_K^{BPI}$	$\sum (\sum Q_K^{BPI})$	
Количество сожжённого топлива	т	$\sum B_{НАТ}^{Mi}$	Данные учёта			$\sum B_{НАТ}^M$	$\sum (\sum B_{НАТ}^{Mi})$	
Низшая теплота сгорания топлива	ккал/кг	Q_H^P	Данные учёта					
Расход топлива на пуски	т	$\sum B_{ПУСК}^i$	Данные учёта			$\sum B_{ПУСК}$	$\sum (\sum B_{ПУСК}^i)$	
Всего	т	$\sum B_{\Sigma}^i$	$\sum B_{ПУСК}^i + \sum B_{НАТ}^M$			$\sum B_{\Sigma}$	$\sum (\sum B_{\Sigma}^i)$	
Расход питательной воды на котёл	тыс. т	$\sum D_{ПВ}^i$	Данные учёта			$\sum D_{ПВ}$	$\sum (\sum D_{ПВ}^i)$	
Температура холодного воздуха на всасе ДВ	°С	$t_{ХВ}^i$	Данные учёта			$t_{ХВ}$	$\frac{\sum (t_{ХВ}^i \cdot \tau_K^i)}{\tau_K^n}$	
Температура воздуха на входе в calorifiers	°С	$t_{КОФ}^i$	Данные учёта			$t_{КОФ}^i$	$\frac{\sum (t_{КОФ}^i \cdot \tau_K^i)}{\tau_K^n}$	
Температура воздуха на выходе из calorifiers	°С	$t_{КОФ}^{ni}$	Данные учёта			$t_{КОФ}^{ni}$	$\frac{\sum (t_{КОФ}^{ni} \cdot \tau_K^i)}{\tau_K^n}$	
Температура питательной воды	°С	$t_{ПВ}^i$	Данные учёта			$t_{ПВ}$	$\frac{\sum (t_{ПВ}^i \cdot \sum D_{ПВ}^i)}{\sum D_{ПВ}^n}$	
Коэффициент изб. воздуха в режимном сечении	—	$\alpha_{РС}^i$	Данные учёта			$\alpha_{РС}$	$\frac{\sum (\alpha_{РС}^i \cdot \tau_K^i)}{\tau_K^n}$	
Присосы воздуха на тракте режимное сечение-дымосос	—	$\Delta \alpha^i$	Данные учёта			$\Delta \alpha$	$\frac{\sum (\Delta \alpha^i \cdot \tau_K^i)}{\tau_K^n}$	
Степень рециркуляции дымовых газов	%	$r_{ДГ}^i$	Данные учёта			$r_{ДГ}$	$\frac{\sum (r_{ДГ}^i \cdot \tau_K^i)}{\tau_K^n}$	
Количество пусков	—	$n_K^{n(\phi)i}$	Данные учёта			$n_K^{n(\phi)}$	$\sum n_K^{n(\phi)i}$	
Количество пусков по диспетчерскому графику	—	$n_K^{n(\phi)i}$	Данные учёта			$n_K^{n(\phi)}$	$\sum n_K^{n(\phi)i}$	
Количество остановов	—	$n_K^{n(\phi)i}$	Данные учёта			$n_K^{n(\phi)}$	$\sum n_K^{n(\phi)i}$	
Количество остановов по диспетчерскому графику	—	$n_K^{n(\phi)i}$	Данные учёта			$n_K^{n(\phi)}$	$\sum n_K^{n(\phi)i}$	
КПД котла «брутто» по прямому балансу	%	$\eta_K^{BPI(i)}$	$\frac{\sum Q_K^{BPI}}{7 \cdot \sum (B_{\Sigma}^i + B_{ПУСК}^i) + Q_{ВН}^i \cdot \tau_K^i}$			$\eta_K^{BPI(\phi)}$	$\frac{\sum Q_K^{BPI}}{7 \cdot \sum B_{\Sigma} + Q_{ВН} \cdot \tau_K}$	
Расход электроэнергии на собств. нужды котлов	кВт·ч	—	—	—	—	$Э_{ЭП}^{K(\phi)}$	Данные учёта	
Расход тепла на собственные нужды котельного отделения	Гкал	—	—	—	—	$Q_{СИ}^{K(\phi)}$	Данные учёта	

Наименование	Размерность	Обозначение	Способ получения, расчётная формула	Котёл 1	Котёл 2	Обозначение	Способ получения, расчётная формула	Станция
Расчет показателей:	—	—	—	—	—	—	—	—
Среднечасовая тепловая нагрузка	Г кал/ч	$Q_K^{BP, i}$	$\sum \frac{Q_K^{BP, i}}{\tau_K^i}$			$Q_K^{BP, i}$	$\frac{\sum Q_K^{BP}}{\tau_K}$	
Среднечасовой расход питательной воды	т/ч	$D_{ПВ}^i$	$\sum \frac{D_{ПВ}^i}{\tau_K^i} \cdot 10^{-3}$			$D_{ПВ}$	$\frac{\sum D_{ПВ}}{\tau_K} \cdot 10^{-3}$	
Дополнительно внесённое в топку тепло	Г кал/ч	$Q_{ВН}^i$	По алгоритму расчёта ТЭП котлов			$Q_{ВН}$	$\frac{\sum (Q_{ВН}^i \cdot \tau_K^i)}{\tau_K}$	
Номинальная температура уходящих газов	°С	$t_{УХ}^{(H) i}$	По алгоритму расчёта ТЭП котлов			$t_{УХ}^{(H)}$	$\frac{\sum (Q_K^{BP, i} \cdot t_{УХ}^{(H) i})}{\sum Q_K^{BP, i}}$	
КПД «брутто» без учёта поправок на пуски	%	$\eta_K^{BP, i}$	По алгоритму расчёта ТЭП котлов			η_K^{BP}	$\frac{\sum Q_K^{BP}}{\sum \left(\frac{Q_K^{BP, i}}{\eta_K^{BP, i}} \right)}$	
Расчётное количество израсходованного топлива (без пусков)	т	$B_{ТЭП}^{ИСК, i}$	По алгоритму расчёта ТЭП котлов			$B_{ТЭП}^{ИСК}$	$\sum B_{ТЭП}^{ИСК, i}$	
Расход топлива на пуски по диспетчерскому графику	т	$B_{ТЭП}^{ПУСК, i}$	$B_{ПУСК} \cdot n_K^i$			$B_{ТЭП}^{ПУСК}$	$\sum B_{ТЭП}^{ПУСК, i}$	
Всего в условном исчислении	т. у. т.	$\sum B_{ТЭП}^i$	$B_{ТЭП}^{ИСК, i} + B_{ТЭП}^{ПУСК, i}$			$\sum B_{ТЭП}$	$\sum (B_{ТЭП}^{ИСК, i} + B_{ТЭП}^{ПУСК, i})$	
Потери тепла при пусках котла по диспетчерскому графику	%	$q_{ПУСК}^{K, i}$	$\frac{B_{ТЭП}^{ПУСК, i}}{\sum B_{ТЭП}^i} \cdot 10^2$			$q_{ПУСК}^K$	$\frac{B_{ТЭП}^{ПУСК}}{\sum B_{ТЭП}} \cdot 10^2$	
Номинальный КПД котла «брутто»	%	$\eta_K^{BP, (H) i}$	$\eta_K^{BP, i} - q_{ПУСК}^{K, i} - q_{ПЕС}^i$			$\eta_K^{BP, (H)}$	$\frac{\sum Q_K^{BP}}{\sum \left(\frac{Q_K^{BP, i}}{\eta_K^{BP, i}} \right)}$	
Номинальный расход электроэнергии на собственные нужды котлов	кВт·ч	—	—	—	—	$\mathcal{E}_{CH}^K$	По алгоритму расчёта ТЭП котельного отд.	
Номинальный расход тепла на собственные нужды котельного отделения	Г кал	—	—	—	—	Q_{CH}^K	По алгоритму расчёта ТЭП котельного отд.	

³ Расчет показателей проводится для каждого режима работы турбины (с включёнными и отключёнными ПВД, с включённым и отключённым регулятором давления в П и Т-оборе)

3 Расчёт ТЭП турбоагрегата ПТ-60-130

Наименование	Размерность	Обозначение	Способ получения, расчётная формула	Режим 1 ³	Режим «п»	Обозначение	Способ получения, расчётная формула	За период
Исходные данные:	—	—	—	—	—	—	—	—
Число часов работы	ч	τ_r^i	Данные учёта			τ_r^i	$\sum \tau_r^i$	
Выработка электроэнергии	тыс. кВт·ч	$\mathcal{E}_B^i$	Данные учёта			$\mathcal{E}_B^i$	$\sum \mathcal{E}_B^i$	
Расход свежего пара	тыс. т	$\sum D_0^i$	Данные учёта			$\sum D_0^i$	$\sum (\sum D_0^i)$	
Температура свежего пара	°C	t_0^i	Данные учёта			t_0^i	$\frac{\sum (t_0^i \cdot \tau_r^i)}{\tau_r^i}$	
Давление свежего пара	кгс/см ²	P_0^i	Данные учёта			P_0^i	$\frac{\sum (P_0^i \cdot \tau_r^i)}{\tau_r^i}$	
Тепловая нагрузка производственного отбора	Гкал	$\sum Q_{по}^i$	Отчётные данные $[G_{п} \cdot (t_{п} - t_{до}^k) \cdot 10^{-3}]^4$			$\sum Q_{по}^i$	$\sum (\sum Q_{по}^i)$	
Давление пара в производственном отборе	кгс/см ²	$P_{п}^i$	Данные учёта			$P_{п}^i$	$\frac{\sum (P_{п}^i \cdot \tau_r^i)}{\tau_r^i}$	
Суммарная тепловая нагрузка теплофикационного отбора	Гкал	$\sum Q_{то}^i$	Данные учёта			$\sum Q_{то}^i$	$\sum \sum Q_{то}^i$	
Давление пара в теплофикационном отборе	кгс/см ²	P_r^i	Данные учёта			P_r^i	$\frac{\sum (P_r^i \cdot \tau_r^i)}{\tau_r^i}$	
Отпуск тепла из конденсатора	Гкал	$\sum Q_{кон}^i$	Данные учёта			$\sum Q_{кон}^i$	$\sum \sum Q_{кон}^i$	
Вакуум в конденсаторе	кгс/см ²	γ^i	Данные учёта			γ^i	$\frac{\sum (\gamma^i \cdot \tau_r^i)}{\tau_r^i}$	
Температура циркулюды на входе в конденсатор	°C	$t_{цв}^i$	Данные учёта			$t_{цв}^i$	$\frac{\sum (t_{цв}^i \cdot \tau_r^i)}{\tau_r^i}$	
Температура циркулюды на выходе из конденсатора	°C	$t_{цв}^{ii}$	Данные учёта			$t_{цв}^{ii}$	$\frac{\sum (t_{цв}^{ii} \cdot \tau_r^i)}{\tau_r^i}$	
Расход питательной воды	тыс. т	$\sum D_{пв}^i$	Данные учёта			$\sum D_{пв}^i$	$\sum (\sum D_{пв}^i)$	
Расход химобессоленной воды в рассечку ПНД	тыс. т	$\sum D_{хоб}^{pi}$	Данные учёта			$\sum D_{хоб}^{pi}$	$\sum (\sum D_{хоб}^{pi})$	
Расход химобессоленной воды в конденсатор	тыс. т	$\sum D_{хоб}^{ki}$	Данные учёта			$\sum D_{хоб}^{ki}$	$\sum (\sum D_{хоб}^{ki})$	
Количество пусков, всего	—	—	—	—	—	n_T^i	Данные учёта	
по диспетчерскому графику	—	—	—	—	—	$n_T^{(ф)1}$	Данные учёта	
Количество остановов, всего	—	—	—	—	—	$B_{окс}$	Данные учёта	
по диспетчерскому графику	—	—	—	—	—	$n_T^{(ф)1}$	Данные учёта	

⁴ Соответственно расход и энтальпия пара производственного отбора, энтальпия конденсата в деаэраторе 6 ата

Наименование	Размерность	Обозначение	Способ получения, расчётная формула	Режим 1 ³	Режим «п»	Обозначение	Способ получения, расчётная формула	За период
Расчет показателей	—	—	—	—	—	—	—	—
Среднечасовая электрическая нагрузка	МВт	N_T^i	$\frac{\mathcal{E}_B^i}{\tau_T^i}$			N_T^1	$\frac{\mathcal{E}_B^1}{\tau_T^1}$	
Среднечасовая тепловая нагрузка производственного отбора	Гкал/ч	$Q_{по}^i$	$\frac{\sum Q_{по}^i}{\tau_T^i}$			$Q_{по}^1$	$\frac{\sum (Q_{по}^i \cdot \tau_T^i)}{\tau_T^1}$	
Среднечасовая тепловая нагрузка теплофикационного отбора	Гкал/ч	$Q_{то}^i$	$\frac{\sum Q_{то}^i}{\tau_T^i}$			$Q_{то}^1$	$\frac{\sum (Q_{то}^i \cdot \tau_T^i)}{\tau_T^1}$	
Среднечасовой отпуск тепла из конденсатора	Гкал/ч	$Q_{ко}^i$	$\frac{\sum Q_{ко}^i}{\tau_T^i}$			$Q_{ко}^1$	$\frac{\sum (Q_{ко}^i \cdot \tau_T^i)}{\tau_T^1}$	
Среднечасовой расход питательной воды	т/ч	$D_{пв}^i$	$\frac{\sum D_{пв}^i}{\tau_T^i}$			$D_{пв}^1$	$\frac{\sum (D_{пв}^i \cdot \tau_T^i)}{\tau_T^1}$	
Среднечасовой расход циркуляционной воды	т/ч	$D_{цв}^i$	По алгоритму расчёта ТЭП турбины			$D_{цв}^1$	$\frac{\sum (D_{цв}^i \cdot \tau_T^i)}{\tau_T^1}$	
Среднечасовой расход химобессоленной воды в конденсатор	т/ч	$D_{хоб}^{K1}$	$\frac{\sum D_{хоб}^{K1}}{\tau_T^i}$			$D_{хоб}^{K1}$	$\frac{\sum D_{хоб}^{K1}}{\tau_T^1}$	
Среднечасовой отпуск тепла с ХОБ, подаваемой в рассечку между ПНД.	Гкал/ч	$Q_{ок}^{XP1}$	По алгоритму расчёта ТЭП турбины			$Q_{ок}^{XP1}$	$\frac{\sum (Q_{ок}^{XP1} \cdot \tau_T^i)}{\tau_T^1}$	
Среднечасовой отпуск тепла с ХОБ, подаваемой в конденсатор	Гкал/ч	$Q_{ок}^{XK1}$	По алгоритму расчёта ТЭП турбины			$Q_{ок}^{XK1}$	$\frac{\sum (Q_{ок}^{XK1} \cdot \tau_T^i)}{\tau_T^1}$	
Суммарный отпуск тепла из производственных отборов	Гкал	$\sum Q_{п}^i$	$\sum Q_{по}^i + \sum Q_{пв}^i$			$\sum Q_{п}^1$	$\sum (\sum Q_{п}^i)$	
Суммарный отпуск тепла из теплофикационных отборов	Гкал	$\sum Q_{т}^i$	$\sum Q_{то}^i + \sum Q_{ок}^{XP1}$			$\sum Q_{т}^1$	$\sum (\sum Q_{т}^i)$	
Суммарный отпуск тепла из конденсатора	Гкал	$\sum Q_{к}^i$	$\sum Q_{ок}^{XK1} + \sum Q_{ко}^i$			$\sum Q_{к}^1$	$\sum (\sum Q_{к}^i)$	
Суммарный отпуск тепла от турбины	Гкал	$\sum Q_{от}^i$	$\sum Q_{п}^i + \sum Q_{т}^i + \sum Q_{к}^i$			$\sum Q_{от}^1$	$\sum (\sum Q_{от}^i)$	
Исходный удельный расход теплоты «брутто» на выработку электроэнергии	ккал/(кВт·ч)	$q_T^{BP(H)}$	По алгоритму расчёта ТЭП турбины			$q_T^{BP(H)1}$	$\frac{\sum (q_T^{BP(H)1} \cdot \mathcal{E}_B^i)}{\mathcal{E}_B^1}$	
Поправки к $q_T^{BP(H)}$:	—	—	—	—	—	—	—	—
на отработанный ресурс времени (старение)	ккал/(кВт·ч)	—	—	—	—	Δq_T^{PEC1}	$q_T^{BP(H)1} \cdot \tau_T^{PEC1} \cdot k_{PEC}^{T1} \cdot 10^{-5}$	
на пуски по диспетчерскому графику	ккал/(кВт·ч)	—	—	—	—	$\Delta q_T^{ПУСК1}$	$\frac{\Delta Q_{Э}^T \cdot \mu_T^{(0)1} \cdot 10^3}{\mathcal{E}_B^1} \cdot 7$	
допуск на эксплуатационные условия	ккал/(кВт·ч)	—	—	—	—	$\Delta q_T^{ДОП1}$	$q_T^{BP(H)1} \cdot k_{ДОП}^{T1} \cdot 10^{-2}$	

Наименование	Размерность	Обозначение	Способ получения, расчётная формула	Режим 1 ³	Режим «п»	Обозначение	Способ получения, расчётная формула	За период
Удельный расход теплоты «брутто» на выработку электроэнергии	ккал/(кВт·ч)	—	—	—	—	$q_T^{БР(Н)1}$	$q_T^{БР(Н)1} + \Delta q_T^{ПЭС1} + \Delta q_T^{ДОП1}$	—
Расход теплоты на выработку электроэнергии	Гкал	—	—	—	—	$\sum Q_3^1$	$q_T^{БР(Н)1} \cdot \mathcal{E}_B^1 \cdot 10^{-3}$	—
Теплофикационная мощность, вырабатываемая:	—	—	—	—	—	—	—	—
питательной водой, отличной от расхода свежего пара	МВт	$N_{TФ}^{ПВ1}$	По алгоритму расчёта ТЭП турбины			$N_{TФ}^{ПВ1}$	$\frac{\sum (N_{TФ}^{ПВ1} \cdot Q_{ПВ}^i)}{\sum Q_{ПВ}^i}$	—
паром производственного отбора	МВт	$N_{TФ}^{ПО1}$	По алгоритму расчёта ТЭП турбины			$N_{TФ}^{ПО1}$	$\frac{\sum (N_{TФ}^{ПО1} \cdot Q_{ПО}^i)}{\sum Q_{ПО}^i}$	—
паром теплофикационного отбора	МВт	$N_{TФ}^{ТО1}$	По алгоритму расчёта ТЭП турбины			$N_{TФ}^{ТО1}$	$\frac{\sum (N_{TФ}^{ТО1} \cdot Q_{ТО}^i)}{\sum Q_{ТО}^i}$	—
на отпуске тепла из конденсатора	МВт	$N_{TФ}^{KH1}$	$N_{TФ}^{KH1} + N_{TФ}^{KH01}$			$N_{TФ}^{KH1}$	$N_{TФ}^{KH1} + N_{TФ}^{KH01}$	—
Суммарная теплофикационная мощность	МВт	$N_{TФ}^1$	$N_{TФ}^{ПВ1} + N_{TФ}^{ТО1} + N_{TФ}^{KH01}$			$N_{TФ}^1$	$N_{TФ}^{ПВ1} + N_{TФ}^{ТО1} + N_{TФ}^{KH01}$	—
Выработка электроэнергии по теплофикационному циклу:	—	—	—	—	—	—	—	—
паром производственных отборов	тыс. кВт·ч	$\mathcal{E}_{TФ}^{ПВ1}$	$N_{TФ}^{ПВ1} \cdot \tau_T^1$			$\mathcal{E}_{TФ}^{ПВ1}$	$\sum \mathcal{E}_{TФ}^{ПВ1}$	—
паром теплофикационных отборов	тыс. кВт·ч	$\mathcal{E}_{TФ}^{ТО1}$	$N_{TФ}^{ТО1} \cdot \tau_T^1$			$\mathcal{E}_{TФ}^{ТО1}$	$\sum \mathcal{E}_{TФ}^{ТО1}$	—
на отпуске тепла из конденсатора	тыс. кВт·ч	$\mathcal{E}_{TФ}^{KH01}$	$N_{TФ}^{KH01} \cdot \tau_T^1$			$\mathcal{E}_{TФ}^{KH01}$	$\sum \mathcal{E}_{TФ}^{KH01}$	—
Суммарная	тыс. кВт·ч	$\mathcal{E}_{TФ}^1$	$\mathcal{E}_{TФ}^{ПВ1} + \mathcal{E}_{TФ}^{ТО1} + \mathcal{E}_{TФ}^{KH01}$			$\mathcal{E}_{TФ}^1$	$\mathcal{E}_{TФ}^{ПВ1} + \mathcal{E}_{TФ}^{ТО1} + \mathcal{E}_{TФ}^{KH01}$	—
Доля выработки электроэнергии по теплофикационному циклу	%	$\mathcal{E}_{TФ}^1$	$\frac{\mathcal{E}_{TФ}^1}{\mathcal{E}_B^1} \cdot 10^2$			$\mathcal{E}_{TФ}^1$	$\frac{\mathcal{E}_{TФ}^1}{\mathcal{E}_B^1} \cdot 10^2$	—
Выработка электроэнергии по конденсационному циклу	тыс. кВт·ч	$\mathcal{E}_{KH}^1$	$\mathcal{E}_B^1 - \mathcal{E}_{TФ}^1$			$\mathcal{E}_{KH}^1$	$\mathcal{E}_B^1 - \mathcal{E}_{TФ}^1$	—
Удельная теплофикационная выработка:	—	—	—	—	—	—	—	—
паром производственных отборов	кВт·ч/Гкал	$W_{TФ}^{ПВ1}$	По алгоритму расчёта ТЭП турбины			$W_{TФ}^{ПВ1}$	$\frac{\mathcal{E}_{TФ}^{ПВ1}}{\sum Q_{ПВ}^1}$	—
паром теплофикационных отборов	кВт·ч/Гкал	$W_{TФ}^{ТО1}$	По алгоритму расчёта ТЭП турбины			$W_{TФ}^{ТО1}$	$\frac{\mathcal{E}_{TФ}^{ТО1}}{\sum Q_{ТО}^1}$	—
на отпуске тепла из конденсатора	кВт·ч/Гкал	$W_{TФ}^{KH1}$	По алгоритму расчёта ТЭП турбины			$W_{TФ}^{KH1}$	$\frac{\mathcal{E}_{TФ}^{KH1}}{\sum Q_{KH}^1}$	—

4 Расчёт расходов топлива, экономии (перерасхода) топлива

Наименование	Обозначение	Размерность	Способ получения, расчётная формула	Станция
Потери теплового потока	$Q_{\text{пл}}$	Гкал	$Q_{\text{пл}} = 1,5 \cdot Q_K^{BP(0)} \cdot 10^{-2} \cdot \sum \tau_K$	
Коэффициент отнесения затрат топлива на производство электроэнергии	K_3	—	$\frac{\sum Q_3 + Q_{\text{CH}}^T}{\sum Q_K^{BP} - Q_{\text{CH}}^K - Q_{\text{пл}}}$	
Номинальное значение расхода электроэнергии на собственные нужды, отнесённого на производство электроэнергии	$\mathcal{E}_3^{\text{CH}}$	тыс. кВт·ч	$\mathcal{E}_3^T + K_3 \cdot \mathcal{E}_{\text{CH}}^K$	
Удельный расход теплоты «нетто» на выработку электроэнергии	q_T^H	ккал/кВт·ч	$\frac{\sum Q_3 + Q_{\text{CH}}^T}{\mathcal{E}_3 - \mathcal{E}_{\text{CH}}^T}$	
Номинальное значение КПД «нетто» энергетических котлов	η_K^H	%	$\frac{\eta_K^{BP} \cdot (Q_K^{BP} - Q_{\text{CH}}^K)}{K_0 \cdot Q_K^{BP}} \cdot \frac{\mathcal{E}_3 - \mathcal{E}_3^{\text{CH}}}{\mathcal{E}_3 - \mathcal{E}_{\text{CH}}^T}$	
КПД теплового потока	$\eta_{\text{пл}}$	%	$\frac{Q_K^{BP} - Q_{\text{CH}}^K - Q_{\text{пл}}}{Q_K^{BP} - Q_{\text{CH}}^K}$	
Удельный расход условного топлива на отпуск электроэнергии	b_3^H	г/кВт·ч	$\frac{q_T^H}{\eta_K^H \cdot \eta_{\text{пл}} \cdot \gamma}$	
Расход условного топлива на отпуск электроэнергии	B_3^{HP}	т/ч	$b_3^{HP} \cdot \mathcal{E}_{\text{отп}}$	
Относительная величина потерь, связанная с отпуском тепла	$\alpha_{\text{пот}}^{\text{ЭК}}$	—	$\frac{Q_{\text{от}}^{\text{пот}}}{Q_{\text{от}} - Q_{\text{нас}}^{\text{ТВ}}}$	
Удельный расход условного топлива на отпуск тепла с паром	$b_{T3}^{\text{ЭК}}$	кг/Гкал	$\frac{Q_{\text{от}} + Q_{\text{от}}^{\text{пот}} - Q_{\text{нас}}^{\text{ТВ}}}{7 \cdot \eta_K^H \cdot \eta_{\text{пл}} \cdot (Q_{\text{от}} - Q_{\text{нас}}^{\text{ТВ}})}$	
Затраты электроэнергии, связанные с отпуском тепла с паром	$\mathcal{E}_{\text{CH}}^{\text{ПО}}$	тыс. кВт·ч	По алгоритму расчёта ТЭП теплофикационной установки	
Затраты электроэнергии, связанные с отпуском тепла с горячей водой	$\mathcal{E}_{\text{CH}}^{\text{ГФ}}$	тыс. кВт·ч	По алгоритму расчёта ТЭП теплофикационной установки	
Увеличение удельного расхода топлива вследствие дополнительных затрат электроэнергии на отпуск тепла с паром и горячей водой	$\Delta b_{T3}^{\text{ЭК}}$	кг/Гкал	$\frac{\mathcal{E}_{\text{CH}}^{\text{ПО}} + \mathcal{E}_{\text{CH}}^{\text{ГФ}}}{Q_{\text{от}}} \cdot b_3^H$	
Удельный расход условного топлива на отпуск тепла	$b_{T3}^{(H)}$	кг/Гкал	$b_3^H \cdot \frac{Q_{\text{от}} - Q_{\text{нас}}^{\text{ТВ}}}{Q_{\text{от}}} + \Delta b_{T3}^{\text{ЭК}}$	
Расход условного топлива на отпуск тепла	B_{T3}^{HP}	т/ч	$b_{T3}^{HP} \cdot Q_{\text{от}}$	
Суммарный расход условного топлива	B	т/ч	$B_3^{HP} + B_{T3}^{HP}$	
Экономия (перерасход) топлива	ΔB	т/ч	$B - B_y$	

Расчёт произвёл _____

СОГЛАСОВАНО:

Главный инженер ТЭЦ _____

Основные результаты расчёта ТЭП агрегатов (установок) и ТЭЦ в целом, выполненные по указанным вариантам, представлены в таблице В.1.

Таблица В.1:

Параметр	Ед. изм.	Вариант 0 (базовый)	Вариант 1	Вариант 2
Продолжительность рассматриваемого периода	ч	1,0	1,0	1,0
Отпуск тепла	Гкал	161,5	161,5	161,5
Выработка электроэнергии	тыс. кВт·ч	65,09	63,97	63,97
Отпуск электроэнергии	тыс. кВт·ч	57,63	56,54	56,54
Отпуск тепла отработавшим паром	Гкал	155,3	155,3	155,3
Удельный расход тепла «брутто» на выработку электроэнергии	ккал/кВт·ч	1 039	1 011	1 042
Расход тепла на выработку электроэнергии	Гкал	67,6	64,7	66,7
Относительные расход тепла на собственные нужды турбинного отделения	%	0,73	0,76	0,74
Относительный расход электроэнергии на собственные нужды турбинного отделения	%	1,02	1,04	1,04
Относительный расход электроэнергии, относимый на производство электроэнергии	%	3,14	3,11	3,16
Удельный расход тепла «нетто» на выработку электроэнергии	ккал/кВт·ч	1 057	1 029	1 061
Выработка тепла котлами	Гкал	242,5	239,5	239,5
Кпд «брутто» котлов	%	93,66	93,66	93,66
Относительный расход тепла на собственные нужды котлов	%	2,35	2,37	2,37
Расход электроэнергии на собственные нужды котельного отделения	тыс. кВт·ч	4,69	4,66	4,66
Кпд «нетто» котлов	%	89,49	89,52	90,24
Коэффициент отнесения расхода топлива котлами на производство электроэнергии (Кэ)	-	0,295	0,286	0,292
Кпд теплового потока	%	97,60	97,57	97,57
Относительные потери тепла, связанные с отпуском тепла	%	1,77	1,77	1,7
Удельный расход электроэнергии на механизмы, связанные с отпуском тепла с горячей водой	кВт·ч/Гкал	32,51	32,49	32,49
Удельный расход электроэнергии на отпуск тепла	кВт·ч/Гкал	33,52	33,64	33,46
Удельный расход топлива на отпуск электроэнергии	г у.т./кВт·ч	172,9	168,3	172,1
Удельный расход топлива на отпуск тепла	кг у.т./Гкал	167,34	167,27	166,02
Расход топлива на отпуск электроэнергии	т у.т.	9,97	9,52	9,73
Расход топлива на отпуск тепла	т у.т.	27,02	27,01	26,81
Количество сожжённого на ТЭЦ топлива	т у.т.	36,99	36,53	36,54

Оценка эффективности планируемых мероприятий по использованию ВЭР на ТЭЦ выполняется на основании результатов расчёта ТЭП ТЭЦ в увязке с возможностью полу-

чения экономии топлива в энергосистеме. Принимается, что при работе ТЭЦ по тепловому графику недовыработка электроэнергии на тепловом потреблении при реализации мероприятий по использованию ВЭР будет компенсирована замыкающей КЭС с удельным расходом топлива 0,32 т у.т./МВт·ч.

Конечные результаты расчёта возможной экономии топлива за счёт проведения упомянутых мероприятий по ВЭР определяются данными, представленными в таблице В.2.

Таблица В.2:

Параметр	Ед. изм.	Вариант 0 (базовый)	Вариант 1	Вариант 2
Уменьшение отпуска электроэнергии от ТЭЦ	тыс. кВт·ч	0	1,09	1,09
Дополнительный расход топлива на замыкающей КЭС	т у.т./ч	0	0,35	0,35
Суммарный расход топлива (ТЭЦ + доп. КЭС)	т у.т./ч	36,99	36,88	36,89
Экономия топлива в энергосистеме	т у.т./ч	0	0,11	0,10

При условии, что в результате реализации обоих мероприятий среднегодовой коэффициент использования установленной мощности утилизирующих устройств составит $K_{исп} = 0,60$, то величина годовой экономии топлива в энергосистеме за счёт использования ВЭР может быть определена значением $\Delta B_{ВЭР} = 0,60 \times 8760 \times (0,11 + 0,10) = 1103,8$ т у.т. Эту величину ТЭЦ представляет в отчётной форме 4-энергосбережение (Госстандарт).

Если в отчётном году в РУП-облэнерго было израсходовано на производство электроэнергии $B_{\mathcal{E}}^{РУП} = 1\,200\,000$ т у.т. с удельным расходом $b_{\mathcal{E}}^{РУП} = 0,22$ т у.т./МВт·ч и на отпуск тепла $B_{ТЭ}^{РУП} = 800\,000$ т у.т. с удельным расходом $b_{ТЭ}^{РУП} = 0,175$ т у.т./Гкал, а за счёт использования ВЭР сэкономлено $\Delta B_{ВЭР}^{РУП} = 2000$ т у.т., то доля произведённой в РУП-облэнерго за счёт ВЭР электрической и тепловой энергии в общем объёме их производства составит

$k_{ВЭР} = \frac{2000}{1200000 + 800000} = 0,001$. Количество произведённой электрической энергии определяется значением $\mathcal{E}_{ВЭР}^{РУП} = 0,001 \cdot \frac{1200000}{0,22} = 5\,455$ МВт·ч, а тепла - $Q_{ВЭР}^{РУП} = 0,001 \cdot \frac{800000}{0,175} = 4\,571$ Гкал. Эти величины РУП – облэнерго представляет в отчётной форме 12-тэк.