



Некоммерческое  
акционерное общество

**АЛМАТИНСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ**

*Кафедра «Промышленная  
теплоэнергетика»*

**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ И ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЯХ**

Методические указания по выполнению  
расчетно-графических работ для студентов специальности  
5В071700- Теплоэнергетика

Алматы 2014

Составители: М.Б. Алиярова, Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии. Методические указания по выполнению расчетно-графических работ для студентов специальности 5В071700 – Теплоэнергетика. – Алматы: АУЭС. 2014 – 26 с.

Методические указания содержат положения по подготовке и проведению расчетно-графических работ, оформлению отчетов, описания работ, которые охватывают все основные разделы дисциплины.

Описания расчетно-графических работ включают основные теоретические положения, описание методики проведения расчетов и обработки данных, перечень рекомендуемой литературы.

Методические указания к расчетно-графическим работам предназначены для студентов специальностей теплоэнергетического факультета.

Табл. 8 , библиогр. 10 назв.

Рецензент: канд. техн. наук, М.Е. Туманов

Печатается по плану издания Некоммерческого акционерного общества «Алматинский университет энергетики и связи» на 2013 г.

© НАО «Алматинский университет энергетики и связи», 2014 г.

## **Введение**

По определению, *энергосбережение* – это есть реализация правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, направленных на эффективное использование энергетических ресурсов и вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии.

Энергосберегающая политика Республики Казахстан движется в направлении общемировых тенденций по сокращению потребления энергетических ресурсов и сохранения окружающей среды для будущих поколений. Для этого предполагается широкое использование

энергосберегающего оборудования, новых материалов (строительных, изоляционных, и т.д.) и технологий с меньшей энергоемкостью, интеграция в традиционные системы производства и потребления энергии альтернативных, экологически чистых источников энергии.

Во главе важнейших приоритетов этой политики – повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) и создание необходимых условий для перевода экономики страны на энергосберегающий путь развития. За счет активного энерго- и ресурсосбережения предполагается частичное решение комплекса экологических, научно-технических, социальных и экономических проблем страны.

Методические указания к выполнению расчетно-графических работ в соответствии с программой дисциплины «Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях» разработаны для студентов специальностей «Промышленная теплоэнергетика» и «Тепловые электрические станции».

Работа предполагает более глубокое изучение вопросов энергосбережения в теплоэнергетике и теплотехнологии с целью закрепления знаний, полученных студентами на лекциях и практических занятиях.

Целью предложенных заданий является развитие навыков ведения самостоятельной работы, умения обосновывать и защищать принятые решения, приобретение практических навыков проведения анализа и разработки технических решений (энергосберегающих мероприятий, проектов) по повышению эффективности использования топливно-энергетических ресурсов на энергетических и промышленных предприятиях, а также объектах жилищно-коммунального хозяйства и пр., составление энергобалансов объектов теплоэнергетики; энергобалансов промышленного предприятия.

Расчетно-графическая работа (РГР) №1 выполняется на основании данных выбранного предприятия и технологических процессов, производимых на нем, приведенных в таблицах исходных данных. Расчетно-графическая работа (РГР) №2 выполняется на основании данных теплового баланса конвективной сушки, производится расчет получаемого объема ВЭР и экономия натурального топлива.

В данных методических указаниях представлены задания, основная направленность которых, использование вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) технологических процессов производства.

Перед выполнением работы следует изучить методическое указание, рекомендуемую литературу.

Отчет по работе составляется каждым студентом на листах формата А4. Он должен содержать:

- 1) Введение и краткие теоретические выкладки.
- 2) Цель работы.
- 3) Характеристику источника ВЭР (технологического агрегата, процесса).

- 4) Характеристику вторичных энергетических ресурсов (отходов).
- 5) Описание и схему утилизационной установки.
- 6) Исходные данные.
- 7) Расчет по исходным данным согласно своему варианту.
- 8) Выводы по расчетам выхода и использования ВЭР и экономии топлива.

## **1 Расчетно-графическая работа №1. Вторичные энергетические ресурсы (ВЭР) технологических производств**

Задание 1.1 Выход, использование ВЭР и экономия топлива.

Цель работы: ознакомиться с основными понятиями и определениями энергосбережения и энергоэффективных мероприятий по утилизации вторичных энергоресурсов (ВЭР) различных технологических производств.

*Задание 1.1:* привести схему получения ВЭР технологических производств и их утилизации по исходным данным, в таблицах 1.1-1.4.

Рассчитываемые величины занести в таблицы результатов. Сделать заключение и выводы для указанного вида источника ВЭР.

Вариант задания студентами выбирается по последней и предпоследней цифрам учебного шифра согласно таблице 1, или согласовывается с преподавателем. Всего предложено 4 типа различных производств, при которых образуется выход вторичных энергетических ресурсов (ВЭР), предлагается рассчитать величину полученного экономического эффекта его экономических показателей, (см.таблицы 1.1-1.4).

Таблица 1 – Выбор варианта для выполнения расчетов

Номер варианта	Номер по списку	Номер по списку
1	2, 4, 6, 15, 17	20, 26, 28, 31
2	1, 12, 5, 7, 18	21, 23, 27, 32
3	10, 3, 14, 16	22, 25, 29
4	9, 11, 13, 8, 19	24, 30, 33

Исходные данные, а также рассчитываемые величины, результаты расчета на РС по программе Есопот выхода, использования ВЭР и экономии топлива различных по своему составу и теплофизическим свойствам вторичных энергетических ресурсов приведены в Таблицах 1.1-1.4.

Исходной информацией для расчета выхода и использования ВЭР являются:

- тепловые и материальные балансы основного технологического оборудования;
- объем выпускаемой продукции за рассматриваемый период и энергетический баланс предприятия;
- технико-экономические характеристики технологических агрегатов, энергетических и утилизационных установок;

- планируемые мероприятия по внедрению новой технологии и нового оборудования.

В любых вариантах утилизации ВЭР основой эффективности их использования являются достигаемые при этом экономия первичного топлива и финансовых затрат на добычу, транспорт и распределение топлива и энергии.

Потребление энергии человеком, обществом или промышленным производством (тепло, свет, электричество и т.п.) соответствует уровню развития страны, в Казахстане данный показатель приближается к уровню потребления развитых стран Запада. При этом добыча и производство энергоресурсов в Казахстане существенно, в несколько раз, превышает конечное потребление энергии. Это объясняется, во-первых, недостатками существующих энергетических технологий, связанных с уровнем развития технологии преобразования, существующей в нашей стране (и в большинстве стран бывшего Советского Союза). Во-вторых, потерями первичного топлива при транспортировке топлива, связанные с большими территориальными особенностями Казахстана и потери, обусловленные процессами подготовки различных видов топлива к сжиганию в котельных установках.

Для количественного сравнения различных способов преобразования энергии одним из важнейших показателей индикаторов является коэффициент полезного действия (КПД)

$$\eta = \frac{W}{E} 100\%,$$

где  $W$  – совершаемая полезная работа;

$E$  – затрачиваемая энергия.

Коэффициент полезного действия действующих энергетических установок отличается весьма значительно. Как известно, КПД тепловой конденсационной электростанции (КЭС) составляет около 40%, при теплофикационном режиме (ТЭЦ) – он достигает 60%, а при использовании дизельной электростанции (ДЭС) - около 20%.

Реальные термодинамические циклы, используемые в реальных тепловых двигателях – двигателях внутреннего сгорания (циклы Отто, Дизеля), паровых и газовых турбин (цикл Ренкина), холодильных машин и тепловых насосов (цикл Карно), могут весьма существенно отличаться своими габаритами и массой установки, а также экологическими и другими качественными свойствами. Однако их экономические характеристики можно принимать приближенными к идеальному процессу.

Процессы преобразования энергии всегда связаны с ее потерями. При этом значительная часть их вызвана законами термодинамики, что задает технологический «перерасход» энергии в процессах ее преобразования.

Часть потерь энергии неизбежно связана с отклонениями в установках реальных процессов от идеальных, о чем уже упоминалось ранее.

И, наконец, та часть потерь, которая возникает при неправильной эксплуатации и работе самих технологических установок, при выборе недостаточно эффективного технологического режима, при присутствии холостого хода оборудования, при неэкономичной загрузке или в некоторых случаях связанные с плохой изоляцией оборудования и системы топливоподачи. Именно в этой части потерь возможны наиболее эффективные решения по энерго- и ресурсосбережению, путем оптимизации звеньев технологической цепи.

Наиболее полное представление о состоянии добычи, производства, передачи и потребления энергоресурсов дает анализ *баланса энергоресурсов*. Баланс может быть составлен для любой энергоиспользующей установки промышленного предприятия или ТЭС.

*Составление баланса энергии* заключается в измерении и расчете потоков энергии по источникам и направлениям использования. *Баланс энергоресурсов* позволяет дать ясную картину об эффективности их использования.

*Анализ баланса* позволяет сопоставить полезное использование энергоресурсов и наличие потерь и их объемов.

Составление *структуры баланса* обычно производится по видам используемых энергоресурсов, по энергоиспользующему оборудованию по цехам, корпусам, производствам, участкам, видам преобразованной энергии, видам продукции и т.п.

*Составление баланса энергоресурсов* основывается на достоверном сборе информации о потоках энергии и их измерении.

*Полезное использование топливно-энергетических ресурсов (ТЭР)* в технологических процессах колеблется в широких пределах и составляет (%):

- силовые процессы – 20–35;
- высокотемпературные процессы – 15–65;
- средние и высокотемпературные процессы – 30–85;
- электрохимические процессы – 18–20;
- освещение – 1–11.

*КПД использования всех видов ТЭР* составляет 40–45%.

Остальные 55–60% – это потери в процессах добычи, транспорта и переработка топлива – 3–5%; генерирование энергии – 18–22%; распределение энергии – 2–4%; использование энергии – 30–40%.

По характеру возникновения потери могут быть классифицированы как собственные и технические.

*Под собственными потерями* понимаются потери, которые не могут быть устранены или снижены в данном принципе организации процесса без радикального изменения самого процесса.

Потери, уменьшение или устранение которых при данном принципе организации процесса технически возможно, относятся к *техническим*.

Повышение КПД использования ТЭР возможно при снижении потерь энергии при ее преобразовании, особенно в процессах производства (преобразования и генерации) и использования. При этом важными направлениями повышения КПД являются *регенерация энергии и более полное использование вторичных энергетических ресурсов (ВЭР)*.

Развитие топливно-энергетического комплекса и экономия энергоресурсов в значительной мере определяются степенью использования вторичных энергетических ресурсов (ВЭР), имеющих практически во всех отраслях промышленности, где применяются теплотехнологии.

*Под вторичными энергетическими ресурсами (ВЭР)* понимают энергетический потенциал продукции, отходов, побочных и промежуточных продуктов, образующихся в технологических агрегатах (установках, процессах), который не используется в самом агрегате, но может быть частично или полностью использован для энергоснабжения других агрегатов (установок, процессов).

*Энергетический потенциал* – наличие в указанных продуктах определенного запаса энергии: кинетической энергии, или же химически связанной теплоты,  $Q_H^P$ , физической теплоты,  $\Delta h$ , потенциальной энергии избыточного давления.

Химически связанная теплота продуктов топливперерабатывающих предприятий (установок коксохимического производства, нефтеперерабатывающих заводов, газогенераторов, углеобогачительных фабрик и др.) к вторичным энергоресурсам не относится.

Вторичные энергетические ресурсы подразделяются на следующие группы (виды): горючие, тепловые, и избыточного давления (силовые).

*Горючие (топливные) ВЭР* – все топливные вторичные продукты, в том числе и отходы производства, получаемые в результате технологических процессов с участием топливных и горючих сырьевых ресурсов:

- в металлургическом производстве - горючие газы плавильных печей (доменный, конвертерный, колошниковый шахтных печей и вагранок и др.);

- горючие отходы процессов химической и термохимической переработки углеродистого или углеводородного сырья (синтез-газ, газ сажевых печей, абгазы и обдувки химических и нефтехимических производств и др.);

- неиспользуемые или непригодные для дальнейшей технологической переработки отходы деревообработки - щепа, опилки, стружка, обрезь и т.д.;

- отходы целлюлозно-бумажного производства и др.

*Тепловые ВЭР* – физическая теплота отходящих газов технологических агрегатов; основной и побочной продукции; рабочих тел систем принудительного охлаждения технологических агрегатов; горячей воды и пара, отработавших в технологических и силовых установках; шлаков, золы и др.;

*Силовые ВЭР (ВЭР избыточного давления)* – потенциальная энергия газов, жидкостей и сыпучих материалов, покидающих технологические агрегаты с избыточным давлением, которое необходимо снижать при выбросе их в атмосферу или перед следующей ступенью их использования в процессе, или при сливе их в водоемы, емкости и др. К таковым относятся сжатые колошниковые газы доменных печей, пар, отработавший в силовых установках, молотах и прессах, газы, уходящие из регенерационных установок каталитического крекинга и термодиффузионного коксования и др.

Основные направления использования ВЭР:

- *топливное* – непосредственно в качестве топлива;
- *тепловое* – использование потребителями теплоты, получаемой непосредственно в виде ВЭР или производимой в установках утилизации ВЭР;

- *силовое* – использование ВЭР избыточного давления в турбинах для привода рабочих машин (компрессоров, насосов, воздуходувок и т.п.) или для выработки электрической и механической энергии;

- *комбинированное* – комплексное использование ВЭР для выработки электроэнергии и теплоты в утилизационных установках (утилизационных ТЭЦ) по теплофикационному циклу.

Использование горючих ВЭР составляет 90–95 %, тепловых – 30–40 %.

Количество ВЭР, образующихся в производственном процессе на данном технологическом агрегате за единицу времени, называется *выходом ВЭР*,  $Q_{\text{вых}}$ .

Количество используемой потребителями энергии, вырабатываемой за счет ВЭР в утилизационных установках, а также топлива и теплоты, получаемых непосредственно в виде ВЭР, – это есть *утилизация (или использование) ВЭР*,  $Q_{\text{исп}}$ .

Для разработки вариантов использования ВЭР необходима следующая информация:

- виды и источники ВЭР;
- выход ВЭР в абсолютных или относительных величинах;
- возможная выработка энергии за счет ВЭР – оценка объемов;
- возможное использование ВЭР и экономия топлива за счет ВЭР;
- сведения о выполнении намеченных мероприятий по использованию ВЭР;
- сведения о потребности в различных утилизационных установках (котлы-утилизаторы при температуре более 400°C и потреблении первичного топлива в основном теплотехнологическом агрегате 500–600 кг у.т./ч; аппараты мгновенного вскипания, контактные аппараты, тепловые трубы, абсорбционные и пароконденсационные трансформаторы теплоты, выпарные, и сушильные установки и другие тепло- и массообменные аппараты);



- о необходимости в капиталовложениях на сооружение утилизационных установок и устройств;
- об экономии затрат за счет использования ВЭР по сравнению с затратами на выработку теплоты и электроэнергии при сжигании первичного топлива.

В отчете предприятий об образовании и использовании вторичных энергетических ресурсов должны быть учтены все твердые, жидкие и газообразные горючие ВЭР.

Подлежат учету все тепловые ВЭР следующих параметров:

- уходящие газы при температуре  $\geq 300^{\circ}\text{C}$  и при расходе топлива на один агрегат более 0,5 т у.т./ч;
- горячая (охлаждающая) вода и загрязненный конденсат при температуре не менее  $70^{\circ}\text{C}$  и непрерывном расходе более  $1 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;
- другие тепловые ВЭР на выходе из агрегата тепловой мощностью не менее 0,25 МВт.

Однако, учитывая необходимость снижения выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду, следует максимально полно использовать все энергетические и материальные ресурсы исходных сырьевых материалов с целью создания малоотходных или безотходных технологий и экологической чистоты процессов и продуктов производства и защиты окружающей среды.

Производительность источника ВЭР рассчитывается по формуле:

$$G = mM,$$

где  $m$  – удельное количество энергоносителя (твердого, жидкого, газообразного), кг на единицу продукции или на единицу времени работы установки (источника ВЭР);

$M$  – выпуск основной продукции или расход сырья (первичного топлива) за рассматриваемый период.

Время работы определяется из расчета материального баланса агрегата – источника ВЭР или из его энергетических характеристик, регламента производства и на основании показаний регистрирующих приборов.

*Параметры ВЭР* до и после их использования в утилизационной (замещающей) установке – температура, давление, энтальпия и др. – определяются из энергетических характеристик установки, материалов испытаний и отраслевых нормативных технических документов. Характеристики отходящих газов, используемых в котлах-утилизаторах черной и цветной металлургии, химической промышленности, приведены в [4].

Коэффициенты избытка воздуха ( $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ ), температуры и теплоемкости продуктов сгорания в замещающей установке при использовании ВЭР, имеющих в своем составе продукты неполного сгорания, принимают по приложениям [3], [10].

Теплоемкости тепловых ВЭР при использовании физически связанной теплоты находят по справочникам [9] либо рассчитывают по формуле:

$$c = \sum c_i x_i,$$

где  $c_i$ ,  $x_i$  – соответственно теплоемкость и содержание компонентов продуктов сгорания (i).

*В зависимости от направления использования ВЭР (топливного, теплового, силового, комбинированного), экономия топлива ( $\Delta B$  – соответственно  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$ ,  $B_4$ ,  $B_5$  в таблицах 1.1-1.4) определяется сопоставлением затрат топлива на выработанные тепло-, электро- и механическую энергию в том количестве и тех же параметров, что в основных энерготехнологических установках.*

Экономия топлива за счет использования ВЭР (в тоннах условного топлива за рассматриваемый период - число, месяц, год и др.) в соответствии с видом ВЭР и направлениями их использования рассчитывается по формулам [3], [4]:

- топливное использование горючих ВЭР

$$\Delta B = 0,03426 Q_{\text{исп}} (\eta_{\text{ВЭР}} / \eta_{\text{T}}); \quad (1.1)$$

- тепловое использование ВЭР (горючие, тепловые, избыточного давления):

- при выработке тепловой энергии

$$\Delta B = b_{\text{ЗАМ}}^{\text{T}} Q_{\text{исп}}; \quad (1.2)$$

- при выработке холода

$$\Delta B = b_{\text{ЗАМ}}^{\text{T}} Q_0 / \varepsilon; \quad (1.3)$$

- силовое использование ВЭР избыточного давления

$$\Delta B = b_{\text{ЗАМ}}^{\text{Э}} W; \quad (1.4)$$

- комбинированное использование ВЭР

$$\Delta B = Q_{\text{исп}} \left[ \frac{0,03426}{\eta_{\text{ТЭЦ}}} - \varepsilon_{\text{T}} (b_{\text{к}} - b_{\text{T}}) 10^{-6} \right] + b_{\text{зам}}^{\varepsilon} W; \quad (1.5)$$

- при энергоснабжении предприятий от ТЭЦ, использующей ВЭР, с учетом снижения экономичности работы замещаемой ТЭЦ

$$\Delta B = Q_{\text{исп}} \frac{0,03426}{\eta_{\text{ТЭЦ}}} \left[ 1 - \varepsilon_{\text{T}} (q_{\text{к}} - q_{\text{T}}) \right], \quad (1.6)$$

где 0,03426 – коэффициент эквивалентного перевода 1 ГДж в тонну условного топлива (т.у.т.);

$\eta_{\text{ВЭР}}$ ,  $\eta_{\text{ТЭЦ}}$  – соответственно КПД топливоиспользующей установки при работе на горючих ВЭР и котельной ТЭЦ;

$b_{\text{зам}}^{\text{T}} = 0,03426/\eta_{\text{зам}}$  – удельный расход топлива на выработку теплоты (т у.т./ГДж) в замещаемой котельной установке (промышленная котельная или ТЭЦ);

$b_{\text{зам}}^{\varepsilon}$  – удельный расход топлива на выработку электроэнергии (т у.т./кВт·ч) в замещаемой ТЭЦ.

Возможная выработка электроэнергии  $W$  (механической работы  $l$ ) определяется по формулам:

- в конденсационных турбинах

$$W = Q_{\text{исп}}/q_{\text{к}}; \quad (1.7)$$

- в теплофикационных турбинах

$$W = \varepsilon_{\text{T}} Q_{\text{исп}} (1 + \varepsilon_{\text{T}} q_{\text{T}}); \quad (1.8)$$

- в утилизационной турбине за счет ВЭР избыточного давления

$$W = G l \eta_{\text{oi}} \eta_{\text{M}} \eta_{\text{T}}, \quad (1.9)$$

где  $q_{\text{к}} = 9500-10500$  кДж/кВт·ч – удельный расход теплоты на производство электроэнергии в конденсационной турбине;

$q_{\text{T}} = 7765$  кДж/кВт·ч – среднее значение удельного расхода теплоты на производство электроэнергии на тепловом потреблении;

$\eta_{\text{oi}}$  – относительный внутренний КПД турбины [для газа (пара)  $\eta_{\text{oi}} = 0.87$ , для жидкости  $\eta_{\text{oi}} = 0.9$ ];

$$l = h_1 - h_2 \text{ или } l = (P_1 - P_2)/\rho;$$

$h_1, h_2$  – соответственно энтальпии газа (пара) в начале и конце процесса расширения, кДж/кг;

$P_1$  и  $P_2$  – соответственно давление жидкого энергоносителя на выходе из технологической установки и при поступлении в следующую ступень использования или давление окружающей среды, МПа;

$\rho$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>.

Холодильный коэффициент утилизационной (холодильной или теплонаносной) установки определяется из термодинамического цикла по формулам [3,9]:

- абсорбционный трансформатор теплоты

$$\varepsilon = \frac{aQ_0}{Q} \text{ или } \varepsilon = \frac{q_0}{q};$$

- пароконденсационный трансформатор теплоты

$$\varepsilon = \frac{aQ_0}{W} \text{ или } \varepsilon = \frac{q_0 \eta_{\text{ЭМ}}}{l},$$

где  $a = 278$  (кВт·ч)/ГДж;

$Q_0, q_0$  – соответственно полная (ГДж/ч) и удельная (кДж/кг) холодопроизводительности;

$Q, q$  – соответственно полная (ГДж/ч) и удельная (кДж/кг) работы термодинамического цикла в виде теплоты;

$W, l$  – соответственно полная (кВт·ч) и удельная (кДж/кг) работы термодинамического цикла в виде механической (электрической) энергии;

$\eta_{\text{ЭМ}} = 0,8-0,9$  – электромеханический КПД компрессора.

Значение  $\varepsilon$  (ориентировочное) можно также определить по формуле:

$$\varepsilon = T_1/(T_2 - T_1),$$

где  $T_1, T_2$  – соответственно температуры испарения и конденсации рабочего тела (холодильного агента) в термодинамическом цикле холодильной или теплонаносной установки, К.

Коэффициент одновременности:  $\delta = 0,7-1,0$  – учитывает несоответствие режима и числа часов работы утилизационной установки и агрегата – источника ВЭР. КПД энергетических и топливоиспользующих установок, с показателями которых сопоставляют эффективность использования ВЭР  $\eta_T = 0,8-0,9$ . КПД замещающих установок  $\eta_{\text{зам}} = \eta_1 = 0,84-0,90$ .

Удельные расходы условного топлива на ТЭЦ, кг у.т./кВт·ч на выработанную электроэнергию рассчитываются следующим образом:

1) в конденсационном режиме

$$b_K = \frac{0,123}{\eta_T^{\text{бр}} \eta_{\text{III}} \eta_K^{\text{бр}}}; \quad (1.11)$$

2) в теплофикационном режиме

$$b_T = \frac{0,123}{\eta_M \eta_T \eta_{\text{III}} \eta_K^{\text{бр}}}; \quad (1.12)$$

3) на отпущенную электроэнергию

$$b_K = \frac{0,123}{\eta_{\text{СТЭ}}^{\text{H}}} = \frac{0,123}{\eta_T^{\text{H}} \eta_{\text{III}} \eta_K^{\text{H}}} \sim (0,340-0,366 \text{ кг у.т./кВт}\cdot\text{ч}), \quad (1.13)$$

где  $\eta_T^{\text{бр}}, \eta_K^{\text{бр}}$  и  $\eta_T^{\text{H}}, \eta_K^{\text{H}}$  – соответственно КПД брутто и нетто турбины и котла;

$\eta_{\text{III}} \sim 0,98$  – коэффициент теплового потока;

$\eta_M, \eta_T = 0,98-0,99$  – соответственно КПД механический (турбины) и генератора;

$\eta_{\text{СТЭ}}^{\text{H}}$  – КПД нетто станции по отпуску электроэнергии.

Величина  $b_T$  (кг у.т./ГДж) определяется в зависимости от начальных параметров пара, (давления  $P_o$ , температуры  $t_o$ , температуры насыщения  $t_n$  в отборах турбины) из следующих выражений [10]:

$$\begin{aligned} b_T &= 3,3 + 0,126 t_n \text{ при } P_o = 13 \text{ МПа и } t_o = 556^\circ\text{C}; \\ b_T &= 7,2 + 0,126 t_n \text{ при } P_o = 9 \text{ МПа и } t_o = 535^\circ\text{C}. \end{aligned}$$

При этом удельная выработка электроэнергии на базе теплового потребления  $\mathcal{E}_T$  [кВт·ч/ГДж] составит соответственно:

$$\mathcal{E}_T = 210 - 0,72 t_n \text{ и } \mathcal{E}_T = 186 - 0,72 t_n.$$

Удельная экономия топлива при комбинированной выработке электроэнергии в современной энергосистеме составляет:

$$\Delta b_{\text{Э}} = b_{\text{К}} - b_{\text{Т}} \approx 0,15-0,20 \text{ кг у.т./кВт}\cdot\text{ч},$$

в среднем  $\Delta b_{\text{Э}} = 0,175 \text{ кг у.т./кВт}\cdot\text{ч}.$

Таблица 1.1 – Выход и использование ВЭР, экономия топлива при производстве метанола

Исходные данные - вариант 1		
Наименование	Размерность	Величина
Источник ВЭР	производство метанола	
Вид ВЭР	Горючие	
Твердые и жидкие отходы	сажевый шлам	
Состав на рабочую массу:		
углерод С	%	67.7
водород Н	%	3.6
кислород О	%	5.3
сера S	%	0.5
влага W	%	10.0
Производительность источника ВЭР G	кг/ч	800 000.0
Время работы τ	ч/год	7200.0
Коэффициент одновременности δ		1.0
КПД: источника ВЭР η		0.92
замещающей установки η <sub>1</sub>		0.8
котельной или ТЭЦ η <sub>Т</sub>		0.9
Удельные: расход топлива: В <sub>Э</sub>	т у. т. /год	0.36
В <sub>К</sub>	т у. т. /год	0.467
В <sub>Т</sub>	т у. т. /год	0.142
выработка электроэнергии Э <sub>Т</sub>	кВт·ч/ГДж	114.0

Рассчитываемые величины- вариант 1		
Теплота сгорания на рабочую массу, низшая Q	кДж/кг	25 869.0
Выход ВЭР Q <sub>1</sub>	ГДж/год	149 008 319.9
Использование ВЭР Q <sub>2</sub>	ГДж/ год	119 206 655.9
Экономия топлива при использовании: топливное В <sub>1</sub>	т у. т. /год	4 439 152.2
тепловое В <sub>2</sub>	т у. т. /год	5 105 025.0
тепловое (холод) В <sub>3</sub>	т у. т. /год	6 381 281.3
силовое В <sub>4</sub>	т у. т. /год	11 930 202.1
комбинированное В <sub>5</sub>	т у. т. /год	12 051 395.5

Таблица 1.2 - Выход и использование ВЭР, экономия топлива при производстве аммиака

Исходные данные - вариант 2			
Источник ВЭР		производство аммиака	
Вид ВЭР		горючие	
Газообразные отходы		танковый газ	
Наименование		Размерно сть	Величина
Состав газов:			
	H <sub>2</sub>	%	57.0
	CO	%	0.0
	CH <sub>4</sub>	%	18.0
	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	%	0.0
	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	%	0.0
	H <sub>2</sub> S	%	0.0
	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	%	0.0
	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	%	0.0
	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	%	0.0
	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	%	0.0
	CO <sub>2</sub>	%	0.0
	Ar	%	6.0
	N <sub>2</sub>	%	19.0
Производительность источника ВЭР G		кг/ч	800 000.0
Время работы	τ	ч/год	7200.0
Коэффициент одновременности δ			1.0
КПД: источника ВЭР η			0.92
замещающей установки η <sub>1</sub>			0.8
котельной или ТЭЦ η <sub>T</sub>			0.9
Удельные: расход топлива: В <sub>Э</sub>		т у. т. /год	0.36
	В <sub>к</sub>	т у. т. /год	0.467
	В <sub>T</sub>	т у. т. /год	0.142
выработка электроэнергии Э <sub>T</sub>		кВт·ч/ГДж	114.0

Рассчитываемые величины – вариант 2			
Теплота сгорания на рабочую массу, низшая Q		кДж/кг	255 506.0
Выход ВЭР Q <sub>1</sub>		ГДж/год	146 914 979.7
Использование ВЭР Q <sub>2</sub>		ГДж/год	117 531 983.8

Экономия топлива при использовании: топливное $B_1$		т у. т. /год	43 476 788.8
тепловое $B_2$		т у. т. /год	5 033 307.2
тепловое (холод) $B_3$		т у. т. /год	6 291 634.0
силовое $B_4$		т у. т. /год	11 762 600.9
комбинированное $B_5$		т у. т. /год	11 882 091.7

Таблица 1.3 - Выход и использование ВЭР, экономия топлива при производстве аммиака (ВЭР в виде конвертерного газа)

Исходные данные – вариант 3			
Источник ВЭР		производство аммиака	
Газы, имеющие в своем составе продукты сгорания		конвертерный газ	
Наименование		Размерность	Величина
Вид ВЭР – тепловые			
Состав газов:			
	$H_2$	%	11.0
	$CO$	%	17.0
	$CH_4$	%	14.0
	$C_2H_2$	%	0.0
	$C_2H_4$	%	0.0
	$H_2S$	%	0.0
	$C_3H_8$	%	0.0
	$C_4H_{10}$	%	0.0
	$C_5H_{12}$	%	0.0
	$C_6H_6$	%	0.0
	$CO_2$	%	0.0
	$Ar$	%	0.0
	$N_2$	%	52.0
	$O_2$	%	6.0
водяные пары	$d$	г/м <sup>3</sup>	12.0
Холодильный коэффициент $\varepsilon$			4.2
Коэффициент избытка			
воздуха:	$\alpha_1$		1.3
	$\alpha_2$		1.5
температура:	$t_1$	°С	1000.0
	$t_2$	°С	400.0
Теплоемкость при $t_1$ : воздух $c_1$		кДж/(м <sup>3</sup> К)	1.41
азот $c_{N1}$		кДж/(м <sup>3</sup> К)	1.39



водяные пары $c_{w1}$	кДж/(м <sup>3</sup> К)	1.72
3-х атомные газы $c_{Г1}$	кДж/(м <sup>3</sup> К)	2.23
плотность $\rho_1$	кг/м <sup>3</sup>	0.11
Теплоемкость при $t_2$ : воздух $c_2$	кДж/(м <sup>3</sup> К)	1.33
азот $c_{N2}$	кДж/(м <sup>3</sup> К)	1.32
водяные пары $c_{w2}$	кДж/(м <sup>3</sup> К)	1.57
3-х атомные газы $c_{Г2}$	кДж/(м <sup>3</sup> К)	1.93
Производительность источника ВЭР $G$	кг/ч	800 000.0
Время работы $\tau$	ч/год	7200.0
Коэффициент одновременности $\delta$		1.0
КПД: источника ВЭР $\eta$		0.92
замещающей установки $\eta_1$		0.8
котельной или ТЭЦ $\eta_T$		0.9
Удельные: расход топлива: $B_э$	т у. т. /год	0.36
$B_к$	т у. т. /год	0.467
$B_T$	т у. т. /год	0.142
выработка электроэнергии $Э_T$	кВт·ч/ГДж	114.0

Рассчитываемые величины- вариант 3		
Энтальпии: $h_1$	кДж/кг	1306.0
$h_2$	кДж/кг	336.6
Наименование	Размерность	Величина
Выход ВЭР $Q_1$	ГДж/год	5 583 744.0
Использование ВЭР $Q_2$ (тепло)	ГДж/ год	1 241 824 665.5
Использование ВЭР $Q_2$ (холод)	ГДж/ год	23 451 724.7
Экономия топлива при использовании: тепловое $B_2$	т у. т. /год	14 602.9
силовое $B_4$	т у. т. /год	34 126.4
комбинированное $B_5$	т у. т. /год	34 473.1

Таблица 1.4 - Выход и использование ВЭР, экономия топлива при производстве кальцинированной соды

Исходные данные – вариант 4	
Источник ВЭР	производство кальцинированной соды

Отходы	жидкость дистилляции		
<b>Вид ВЭР – избыточного давления</b>			
Давление: $P_1$		МПа	0.17
	$P_2$	МПа	0.08
температура:	$t_1$	°С	114.0
	$t_2$	°С	93.0
Энтальпии:	$h_1$	кДж/кг	388.8
	$h_2$	кДж/кг	314.8
Плотность	$\rho$	кг/м <sup>3</sup>	1125.0
Производительность источника ВЭР	$G$	кг/ч	800 000.0
Время работы	$\tau$	ч/год	7200.0
Коэффициент одновременности $\delta$			1.0
КПД: источника ВЭР замещающей установки котельной или ТЭЦ	$\eta$		0.92
	$\eta_1$		0.8
	$\eta_T$		0.9
Удельные: расход топлива: $B_{\text{э}}$		т у. т. /год	0.36
	$B_K$	т у. т. /год	0.467
	$B_T$	т у. т. /год	0.142
	выработка электроэнергии $\text{Э}_T$	кВт·ч/ГДж	114.0

Расчитываемые величины – вариант 4				
Выход ВЭР	$Q_1$	ГДж/год	426 240.0	
Использование ВЭР	$Q_2$	ГДж/год	94 795 776.0	
Экономия топлива				
при использовании: тепловое $B_2$		т у. т. /год	14 602.9	
		силовое $B_4$	т у. т. /год	34 126.4
		комбинированное $B_5$	т у. т. /год	34 473.1

## **2 Расчетно-графическая работа №2. Тепловой баланс конвективной сушилки**

Цель работы: ознакомиться с работой конвективной сушилки, при этом производится расчет теплового баланса конвективной сушилки при использовании горючих и тепловых ВЭР в качестве топлива. Полученный в результате расчета расход топлива - количество горючих и тепловых ВЭР, замещающих натуральное органическое топливо, и экономия натурального топлива.

Исходные данные, рассчитываемые величины, результаты расчета на ПК варианта процесса сушки с однократным использованием сушильного агента (топочных газов) приведены в таблицах 2.1-2.4.

Программой предусмотрено выполнение расчета теплового и материального балансов сушилки на топочных газах от сжигания органического топлива, горючих и тепловых ВЭР, имеющих в своем составе продукты неполного сгорания. Исходные величины определяются по формулам теплоемкости топлив (кДж/(кг·К)) по [3,10]:

- твердое топливо -

$$c_T = 0,042W^P + c_T^C(1 - 0,01W^P); \quad (2.1)$$

- жидкое (мазут) -

$$c_T = 1,74 + 0,0025t_T; \quad (2.2)$$

- газообразное -

$$c_T = 0,01 \{ [1,3 \text{CO} + 1,28\text{H}_2 + 1,56\text{CH}_4 + 1,51\text{H}_2\text{S} + 2,27\text{C}_2\text{H}_6 + 3,14\text{C}_3\text{H}_9 + 4,25\text{C}_4\text{H}_{10} + 5,27\text{C}_2\text{H}_{12}] + 1,24C_n d \} / \rho, \quad (2.3)$$

где  $c_T^C$  – теплоемкость сухой массы топлива при температуре  $t_T = 20^\circ\text{C}$  и составляет: бурые угли – 1,13; каменные угли – 1,09; угли марки А, ПА, Т – 0,92 кДж/(кг·К);

$t_T = 90\text{--}140^\circ\text{C}$  – температура мазута в зависимости от параметров пара, идущего на его подогрев;

$c_n$  – соответственно теплоемкость водяных паров, кДж/(м<sup>3</sup>·К);

$d$  - влагосодержание газообразного топлива (может приниматься равным 0,01) при  $t_T = 20^\circ\text{C}$ , кг/кг;

$\rho$  - плотность газообразного топлива при  $t_T = 20^\circ\text{C}$ , кг/м<sup>3</sup>;

Энтальпия водяных паров (кДж/кг) на входе в сушилку при начальной температуре ( $t_{T1}$ ) сушильного агента определяется по формуле

$$h_n = 2493 + 1,97t_{T1}. \quad (2.4)$$

Построение теоретического и действительного процессов сушки в  $h$ - $d$  диаграмме влажного воздуха (топочных газов) для определения соответственно влагосодержания сушильного агента  $d_{T2}$  и  $d_2$  по известным энтальпиям  $h_{T1}$  и  $h_{T2}$  при  $t_{T2}$  (см. таблицу 1.5) выполняются по методике [3]. (В данной работе не предусмотрено). Там же приведены уравнения материального и теплового

баланса. В приложении А приводятся теплофизические свойства продуктов сгорания (см. таблицу А1) и высушиваемого материала (см. таблицу А2).

Теплофизическая характеристика горючих и тепловых ВЭР определяется по свойствам составляющих их компонентов.

Расчет теплового баланса конвективной сушилки при использовании горючих и тепловых ВЭР в качестве топлива выполняется аналогично приведенному в таблице 2.1. Полученный в результате расчета расход топлива (количество горючих и тепловых ВЭР, замещающих натуральное органическое топливо) - экономия натурального топлива.

В расчетно-графической работе №2 должны быть представлены:

- 1) краткая характеристика сушильной установки (технологического агрегата, процесса);
- 2) характеристика сушильного агента (топочных газов);
- 3) описание и схема сушильной установки;
- 4) теоретические и действительные процессы сушки в h-d диаграмме; распечатка результатов расчета.

Необходимые для проектирования сушильных установок материалы приведены в [3].

Таблица 2.1 - Тепловой баланс конвективной сушилки Расчет параметров топочных газов (сушильного агента) – вариант 1

Наименование	Размерность	Величина
<b>Исходные данные</b>		
Топливо: мазут малосернистый		
Элементарный состав на рабочую массу:		
углерод $C_p$	%	84.6
водород $H_p$	%	11.7
кислород $O_p$	%	0.3
сера $S_p$	%	0.3
влага $W_p$	%	3.0
зольность $A_p$	%	0.0
Температура $t_T$	°С	50.0
Теплоемкость $C_T$	кДж/(кг·К)	1.9
КПД топки $\eta_T$		0.9
Сушильный агент		
температура: начальная $t_{T1}$	°С	800.0
конечная $t_{T2}$	°С	100.0
Теплоемкость $C_{сг}$	кДж/(кг·К)	1.2
энтальпия водяных паров $h_{п}$	кДж/кг	3069.0
Воздух:		
температура $t_o$	°С	20.0
влажносодержание $d_o$	кг/кг	0.0

энтальпия	$h_0$	кДж/кг	22.5
-----------	-------	--------	------

Таблица 2.1.1 – Рассчитываемые величины

Рассчитываемые величины			
Теоретически необходимое			
количество воздуха	$L_0$	кг/кг	13.7
Теплота сгорания топлива			
(высшая рабочая)	$Q_{вр}$	кДж/кг	43 326.2
Коэффициент избытка воздуха $\alpha$			
			2.6
Сушильный агент:			
масса: сухих газов	$G_{сг}$	кг/кг	36.4
водяных паров	$G_{п}$	кг/кг	1.4
влажностное содержание	$d_{г1}$	кг/кг	0.04
энтальпия	$h_{г1}$	кДж/кг	1153.8
Расчет теплового баланса сушилки			

Таблица 2.2 – Тепловой баланс конвективной сушилки. Расчет параметров топочных газов (сушильного агента) – вариант 2

Исходные данные			
Материал: песок			
Производительность сушилки по высушенному материалу $G_2$		тыс.кг/ч	10.0
Влажность материала:			
начальная $w_1$		%	15.0
конечная $w_2$		%	3.0
Температура материала:			
начальная $t_{м1}$		°С	5.0
конечная $t_{м1}$		°С	90.0
Теплоемкость материала при:			
$t_{м1} - c_{м1}$		кДж/(кг·К)	1.8
$t_{м2} - c_{м2}$		кДж/(кг·К)	2.1
Потери теплоты в окружающую среду $q_5$		кДж/кг	40.0
Влажностное содержание сушильного агента на			
выходе из сушилки $d_{г2}$		кг/кг	0.03
Влажностное содержание сушильного агента $d_2$		кг/кг	0.2

Таблица 2.2.2 – рассчитываемые величины

Рассчитываемые величины		
Количество испаренной влаги $W$	тыс. кг/ч	1.4
Производительность сушилки по влажному материалу $G_1$	тыс. кг/ч	11.4
Расход теплоты на:		
нагрев материала $q_M$	кДж/кг	1268.6
испарение влаги $q_{вл}$	кДж/кг	20.9
Внутренний баланс сушилки $q$	кДж/кг	1287.6
Сушильный агент:		
энтальпия на выходе из сушилки $h_{г2}$	кДж/кг	1179.6
расход $l$	кг/кг	6.2
расход топлива $B$	тыс. кг/кг	0.2

Таблица 2.3 - Расчет параметров топочных газов (сушильного агента)

Исходные данные		
Топливо: природный газ		
Состав:		
метан $CH_4$	%	58.0
этан $C_2H_6$	%	17.2
пропан $C_3H_8$	%	7.4
бутан $C_4H_{10}$	%	2.0
ацетилен $C_2H_2$	%	0.0
этилен $C_2H_4$	%	0.5
пропилен $C_3H_6$	%	0.0
бутилен $C_4H_8$	%	0.0
сероводород $H_2S$	%	0.5
водород $H_2$	%	0.0
оксид углерода $CO$	%	0.0
кислород $O_2$	%	0.0
Температура $t_T$	°C	20.0
Теплоемкость $C_T$	кДж/(кг·K)	1.3
КПД топки $\eta_T$		0.9
Сушильный агент		
температура: начальная $t_{г1}$	°C	800.0
конечная $t_{г1}$	°C	120.0
Теплоемкость $C_{сг}$	кДж/(кг·K)	1.3
энтальпия водяных паров $h_{п}$	кДж/кг	3069.0
Воздух:		

температура	$t_0$	°С	20.0
влажность	$d_0$	кг/кг	0.01
энтальпия	$H_0$	кДж/кг	22.5

Рассчитываемые величины			
Теоретически необходимое количество воздуха			
	$L_0$	кг/кг	14.6
Теплота сгорания топлива (высшая рабочая)			
	$Q_{вр}$	кДж/кг	38 129.5
Коэффициент избытка воздуха $\alpha$			
			2.4
Сушильный агент:			
масса: сухих газов	$G_{сг}$	кг/кг	36.7
водяных паров	$G_{п}$	кг/кг	0.3
влажность	$d_{г1}$	кг/кг	0.01
энтальпия	$h_{г1}$	кДж/кг	1008.1

Таблица 2.3 - Расчет теплового баланса сушилки

Исходные данные			
Материал: песок			
Производительность сушилки по высуш. материалу			
	$G_2$	тыс.кг/ч	10.0
Влажность материала:			
	начальная $w_1$	%	15.0
	конечная $w_2$	%	3.0
Температура материала:			
	начальная $t_{м1}$	°С	5.0
	конечная $t_{м1}$	°С	90.0
Теплоемкость материала при:			
	$t_{м1} - c_{м1}$	кДж/(кг·К)	1.8.
	$t_{м2} - c_{м2}$	кДж/(кг·К)	2.09
Потери теплоты в окружающую среду			
	$q_5$	кДж/кг	40.0
Влажность сушильного агента на выходе из сушилки			
	$d_{г2}$	кг/кг	0.03
Влажность сушильного агента			
	$d_2$	кг/кг	0.2

Таблица 2.4

Рассчитываемые величины			
-------------------------	--	--	--

Количество испаренной влаги W	тыс. кг/ч	1.4
Производительность сушилки		
по влажному материалу $G_1$	тыс.кг/ч	11.4
Расход теплоты на:		
нагрев материала $q_M$	кДж/кг	1268.6
испарение влаги $q_{вл}$	кДж/кг	20.9
Внутренний баланс сушилки $q$	кДж/кг	1287.6
Сушильный агент:		
энтальпия на выходе из сушилки $h_{г2}$	кДж/кг	1033.9
расход $l$	кг/кг	97.8
расход топлива $B$	тыс. кг/кг	3.7

## Приложение А

### Справочные материалы к расчету теплового баланса конвективной сушилки

Таблица А.1 - Физические параметры топочных газов среднего состава ( $P = 1,05 \cdot 10^5 \text{Па}$ )

$t,$	$\rho,$	$c_p,$	$\lambda \cdot 10^2,$	$a \cdot 10^2,$	$\mu \cdot 10^6,$	$\nu \cdot 10^6,$	Pr
------	---------	--------	-----------------------	-----------------	-------------------	-------------------	----



°С	кг/м <sup>3</sup>	кДж/(кг·К)	Вт/(м·К)	м <sup>2</sup> /с	Н·с/м <sup>2</sup>	м <sup>2</sup> /с	
0	1,295	1,042	2,28	16,90	15,80	12,20	0,72
100	0,950	1,068	3,13	30,80	120,40	21,54	0,69
200	0,748	1,097	4,01	48,90	24,50	32,80	0,67
300	0,617	1,122	4,84	69,90	38,20	45,81	0,65
400	0,525	1,151	5,70	94,30	31,70	60,38	0,64
500	0,457	1,185	6,56	121,10	34,80	76,30	0,63
600	0,405	1,214	7,42	150,90	37,90	93,61	0,62
700	0,363	1,239	8,27	183,80	40,70	112,10	0,61
800	0,330	1,264	9,15	219,70	43,40	131,8	0,60
900	0,301	1,290	10,00	258,00	45,90	152,50	0,59
1000	0,275	1,306	10,90	303,40	48,40	174,30	0,58
1100	0,275	1,323	11,75	345,5	50,70	197,10	0,57
1200	0,240	1,340	12,62	392,4	53,00	221,00	0,56

Таблица А.2 - Физические свойства высушиваемых материалов

Материал	t, °С	ρ, кг/м <sup>3</sup>	λ, Вт/(м·К)	c <sub>p</sub> , кДж/(кг·К)
Глина	20	2000–1600	0,9–0,7	0,84
Известняк	0–100	1800	0,7	0,92
Сланец	94–200	–	1,49	1,00–1,30
Соль поваренная	–	1020	–	0,50
Уголь каменный	20–300	1200–1350	0,24–0,27	0,96–1,43
Уголь бурый	20–200	770	3,6–4,0	1,00–1,44
Фрезерный торф	20–200	220	0,064	1,30–1,80
Опилки	0–100	230	0,07–0,09	2,72
Песок	20	1650	1,13	2,09
Сахарный песок	0	1600	0,58	1,26

### Список литературы

1. Законодательные акты РК. Закон об энергосбережении РК, 2013 год. Дополнения и изменения в закон об энергосбережении. – [www.zakon.kz](http://www.zakon.kz)
2. Электронный образовательный ресурс Электронный сетевой сборник задач по курсу «Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях» [http://twf.mpei.ac.ru/ochkov/VPU\\_Book\\_New/ES/](http://twf.mpei.ac.ru/ochkov/VPU_Book_New/ES/)

3. Картавская В.М. и др. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях. Учебное пособие для студентов теплоэнергетических специальностей очной и заочной форм обучения. – Иркутск: ИрГТУ, 2006. – 97 с.
4. Клименко А.В. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии. - М.: МЭИ, 2011. – 312 с.
5. Колесников А.И. Энергосбережение в промышленных и коммунальных предприятиях.- М., 2005, 2008.
6. Александров А.А., Григорьев Б.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара / А.А. Александров, Б.А. Григорьев. – М.: Издательство МЭИ, 2004. – 168 с.
7. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Технология энергосбережения. Учебник – М., 2006. - 352 с.
8. Кудинов А.А. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях. -М.: «Машиностроение», 2011. - 115с.
9. Справочное пособие теплоэнергетика электрических станций / под ред. А.М. Леонкова и Б.Б. Яковлева. – Минск: Беларусь, 2006. – 368 с.
10. Сушильные аппараты и установки: Каталог-справочник. – М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 2004. – 64 с.

## Содержание

Введение	3
1 Расчетно-графическая работа №1. Вторичные энергетические ресурсы (ВЭР) технологических производств	4
2 Расчетно-графическая работа №2. Тепловой баланс конвективной сушилки	18

Приложение	25
Список литературы	26

Сводный план 2013 г., поз .67

Алиярова Мадина Бирлесовна

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ И ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЯХ

Методические указания по выполнению  
расчетно-графических работ для студентов специальности  
5В071700- Теплоэнергетика

Редактор Л.Г. Сластихина  
Специалист по стандартизации Н.К. Молдабекова

Подписано в печать \_\_\_\_\_  
Тираж 50 экз.  
Объем 1,7 уч.изд.л.

Формат 60x84 1/16  
Бумага типографская №1  
Заказ \_\_\_\_\_ Цена 850 тг

Копировально-множительное бюро  
Некоммерческое акционерное общество  
Алматинский университет энергетики и связи  
050013 Алматы, Байгурсынова 126