УТВЕРЖДЕНО
Решением Общего собрания учредителей
Некоммерческого Партнерства «Группа ЭЗ»
Протокол № 02 от « 02 » апреля 2010 г.

МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО
по энергетическим обследованиям предприятий с целью выявления и использования вторичных энергоресурсов

Новосибирск 2010 г.

Оглавление

Введение 4
1. Общие положения 4
2. Термины, классификация вторичных энергетических ресурсов и показатели 5
использования 5
3. Цели, задачи и этапы обследования 10
4. Рекомендации по выполнению этапов обследования 11
ПРИЛОЖЕНИЯ 26

Введение

Выявление и использование вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) – одно из важнейших направлений повышения энергоэффективности и энергобезопасности промышленных предприятий, особенно наиболее энергоемких отраслей промышленности. За счет использования ВЭР отдельные предприятия могут полностью обеспечить собственные потребности в теплоте и частично в электрической энергии. Экологические аспекты использования ВЭР не менее значимы, так как снижение неиспользуемых энергетических отходов уменьшает затраты на их обезвреживание и загрязнение окружающей среды.

Важность проблемы использования ВЭР состоит еще и в том, что вложение средств в мероприятия по экономии топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) значительно выгоднее, чем увеличение добычи и производства последних. Наличие значительных объемов ВЭР на энергопотребляющих предприятиях, а также большого количества разработанных и апробированных способов их утилизации обеспечивает экономическую целесообразность реализации мероприятий по использованию ВЭР.

Анализ путей использования ВЭР является составной частью энергетического обследования предприятия. Данная методика позволяет провести такой анализ в рамках энергоаудита предприятия.

1. Общие положения

1. В настоящее время под вторичными энергетическими ресурсами (ВЭР) понимают энергетический потенциал продукции, отходов, побочных и промежуточных продуктов, образующихся в технологических установках (системах), который не используется в самой установке, но может быть частично или полностью использован для энергоснабжения других установок.

Энергетический потенциал отходов и продукции – это запас энергии в виде химически связанной теплоты (в горючих или топливных ВЭР), физической теплоты (в тепловых ВЭР) или потенциальной энергии избыточного давления (в силовых ВЭР).

Энергетический потенциал ВЭР может быть использован без изменения вида энергоносителя (непосредственно в виде топлива или энергии) или после преобразования энергии ВЭР в тепловую, электрическую или механическую энергию в утилизационных установках, а также для производства холода в холодильной технике.

2. Разработка мероприятий и учет использования ВЭР имеют свою специфику. При использовании ВЭР потребность в топливно-энергетических ресурсах энергоемких процессов и технологических агрегатов, в том числе и агрегатов-источников ВЭР, не изменяется, но определенная часть этой потребности покрывается за счет потенциала ВЭР, в результате чего общее поступление ТЭР от источников энергоснабжения сокращается.

При использовании ВЭР экономия энергоресурсов достигается не в агрегатах-источниках ВЭР, а в замещаемых энергетических установках, отпуск ТЭР от которых снижается на величину, эквивалентную использованию ВЭР.

Использование вторичных энергоресурсов служит одним из источников удовлетворения потребности предприятия в энергии и должно учитываться как в приходной, так и в расходной части энергетического баланса предприятия или промышленного узла.

3. Мероприятия, обеспечивающие сокращение потребности в топливно-энергетических ресурсах и снижение норм их расхода, приводят в некоторых случаях к сокращению образования ВЭР и характеризуются в настоящее время, как правило, более высоким энергетическим и экономическим эффектом, чем использование вторичных энергоресурсов. Мероприятия по утилизации ВЭР следует разрабатывать после реализации мероприятий, обеспечивающих сокращение потребности в ТЭР.

2. Термины, классификация вторичных энергетических ресурсов и показатели использования

При анализе наличия и использования ВЭР используют следующие термины и понятия.

1. Горючие (топливные) ВЭР — это отходы технологических процессов, содержащие химически связанную энергию, неиспользуемые или непригодные для дальнейшей технологической переработки, которые могут быть использованы в качестве котельно-печного топлива.

Примечание: *Продукты и отходы топливоперерабатывающих установок (нефтеперерабатывающих, газогенераторных, углеобогатительных,. по производству кокса и др.), содержащие химически связанную энергию, являются одним из видов переработанного топлива и к горючим ВЭР не относятся.*

2. Тепловые ВЭР — это тепловые отходы, представляющие собой энтальпию отходящих газов технологических агрегатов, основной, побочной, промежуточной продукции и отходов производства, теплоту рабочих тел систем охлаждения технологических агрегатов и установок, энтальпию горячей воды и пара, отработанных в технологических установках, К тепловым ВЭР относится также тепловая энергия (пар и горячая вода), попутно полученная в технологических и энерготехнологических установках.

Примечание: *К тепловым вторичным энергетическим ресурсам не относятся:*

- *теплота продуктов (отходящих газов, основной, побочной, промежуточной продукции и отходов производства), возвращаемая в агрегат-источник ВЭР за счет регенерации или рециркуляции;*
- *энтальпия конденсата, возвращаемого в парогенераторы или источники пароснабжения;*
- *энтальпия продуктов, направляемых в следующую стадию переработки без изменения их параметров и энергетического потенциала.*

3. ВЭР избыточного давления — потенциальная энергия газов, выходящих из технологических агрегатов с избыточным давлением, которое необходимо снижать перед следующей ступенью использования этих газов или при выбросе их в атмосферу.

4. Под агрегатом-источником ВЭР понимают технологическую установку, аппарат, из которого выходит вторичный энергоресурс (технологическую печь, реактор, подогреватель, холодильник, теплоиспользующую установку и т. п.).

5. Общие энергетические отходы — это энергетический потенциал всех материальных потоков на выходе из технологического агрегата (установки, аппарата) и все потери энергии в агрегате. Количественно общие энергетические отходы равны разности между энергией, поступающей в технологический агрегат, и полезно используемой энергией.

Общие энергетические отходы подразделяют на три потока:

- неизбежные потери энергии в технологическом агрегате (установке);
- энергетические отходы внутреннего использования — энергетические отходы, которые возвращаются обратно в технологический агрегат (установку) за счет регенерации или рециркуляции и в результате этого сокращают количество подведенной энергии при неизменной величине поступления энергии в технологический агрегат (установку);
- энергетические отходы внешнего использования—энергетические отходы, представляющие собой вторичные энергетические ресурсы.

6. Утилизационная установка — устройство для выработки энергоносителей (водяного пара, горячей воды, охлажденной воды, электроэнергии) за счет снижения энергетического потенциала носителя ВЭР.

7. К основным видам оборудования, применяемого для утилизации ВЭР, относятся: котлы-утилизаторы, установки испарительного охлаждения, утилизационные экономайзеры, теплообменники, водоподогреватели, тепловые насосы, утилизационные абсорбционные холодильные установки, утилизационные турбоагрегаты и др.

8. В зависимости от видов и параметров вторичные энергоресурсы используют по четырем основным направлениям.

8.1. Топливное — непосредственное использование горючих ВЭР в качестве котельно-печного топлива.

8.2. Тепловое — использование энергоносителей, вырабатываемых за счет ВЭР в утилизационных установках или получаемых непосредственно как ВЭР, для обеспечения потребности в тепловой энергии.

К этому направлению относится также получение искусственного холода за счет ВЭР в абсорбционных холодильных установках.

8.3. Электроэнергетическое — использование ВЭР с преобразованием энергоносителя для получения электроэнергии в газовых или паровых конденсационных турбоагрегатах.

8.4. Комбинированное — преобразование потенциала тепловых ВЭР для выработки в утилизационных установках (утилизационных ТЭЦ) по теплофикационному циклу электроэнергии и тепловой энергии.

9. Направление использования ВЭР зависит от величины, структуры и режима энергопотребления предприятия, а также от вида, параметров и количества образующихся ВЭР и в каждом конкретном случае должно выбираться на основе разработки оптимального топливно-энергетического баланса предприятия или промышленного узла с учетом обеспечения наибольшей экономической эффективности.

10. В группе тепловых ВЭР водяной пар выделен в самостоятельную подгруппу, поскольку он может быть использован как тепловые ВЭР и как ВЭР избыточного давления. Вторичные энергетические ресурсы каждой группы классифицируют также по источникам их образования и по энергоносителям, например энтальпия уходящих газов мартеновских печей, энтальпия кокса, энтальпия уходящих газов трубчатых печей нефтепереработки, теплота охлаждения доменных печей и т. п. Примерная номенклатура ВЭР по отраслям промышленности приведена в приложении 1.

11. Выход ВЭР — количество вторичных энергетических ресурсов, образующихся в данном технологическом агрегате (установке) за рассматриваемый промежуток времени (час, сутки, месяц, квартал, год).

Возможное сокращение выхода ВЭР — часть общих энергетических отходов, которая из отходов внешнего использования может быть переведена в отходы внутреннего использования вследствие регенерации или рециркуляции. Для отдельных технологических агрегатов в результате осуществления внутреннего использования энергетических отходов выход ВЭР, т. е. отходы внешнего использования, могут вообще отсутствовать.

Годовой выход ВЭР в условном топливе определяется следующими формулами

а) для горючих ВЭР:

$$Q_{вых} = \frac{Q_н^р \cdot У}{29330 \cdot 10^6}, \quad тыс.\,т\ у.т. / год, \qquad (1)$$

где $Q_н^р$ – низшая теплота сгорания горючих ВЭР, кДж/м^3 или кДж/кг; У – выход горючих в натуральных единицах, м^3/год – для газообразных и кг/год – для твердых и жидких;

б) для тепловых ВЭР:

$$Q_{вых} = \frac{i_1 \cdot У}{4{,}187 \cdot 10^9}, \quad тыс.\ Гкал\ /\ год, \qquad (2)$$

где У – выход энергоносителя, отходящих газов, основной, побочной, промежуточной продукции и т. п., кг/год – для твердых и жидких энергоносителей и м^3/год – для газообразных; i_1 – энтальпия энергоносителя при температуре t_1 (температура энергоносителя на выходе из агрегата – источника ВЭР, ^{o}С), кДж/кг (кДж/м^3).

12. Возможная (расчетно-теоретическая) выработка энергии за счет ВЭР — максимальное количество тепловой энергии, холода или электроэнергии, которое практически может быть получено за счет данного вида ВЭР при оснащении агрегата-источника ВЭР соответствующей утилизационной установкой с учетом режимов их работы.

Возможная выработка тепла в виде пара или горячей воды в утилизационной установке за счет тепловых ВЭР определяется по следующей формуле:

$$Q = \frac{(i_1 - i_2) \cdot У \cdot \beta \cdot l \cdot 10^{-9}}{4{,}187}, \quad тыс.\ Гкал\ /\ год, \qquad (3)$$

где i_1 – энтальпия энергоносителя на выходе из технологического агрегата – источника ВЭР, кДж/кг (кДж/м^3); i_2 – энтальпия энергоносителя на выходе из утилизационной установки, кДж/кг (кДж/м^3); β – коэффициент, учитывающий несоответствие режима и числа часов работы утилизационной установки и технологического агрегата – источника ВЭР; l - коэффициент, учитывающий потери тепла в утилизационной установке в окружающую среду, l=0,8…0,9; У – выход энергоносителя, кг/год (м^3/год).

В котельных, работающих на природном газе, следует учитывать также эффективность использования применяемых контактных экономайзеров.

$$\beta = \frac{T_y \cdot У}{T_m \cdot \alpha},$$

где $T_y \cdot У$ – продолжительность работы утилизационной установки, ч/год; $T_m \cdot \alpha$ – продолжительность работы технологического агрегата – источника ВЭР, ч/год.

Температура энергоносителя на выходе из утилизационной установки (t_2) определяется ее конструктивными характеристиками и надежностью работы с учетом технологических свойств энергоносителя (запыленности продуктов сгорания, температуры точки росы, агрессивности).

При использовании тепловых ВЭР в виде пара и горячей воды, непосредственно получаемых в технологических агрегатах или холодильниках, величина возможной выработки равна их выходу за вычетом неизбежных потерь.

13. Фактическая выработка энергии за счет ВЭР — фактически полученное количество тепловой энергии, холода и электрической энергии за счет ВЭР на действующих утилизационных установках за отчетный период.

Примечание: *При образовании тепловых ВЭР в виде пара и горячей воды, пригодных к непосредственному использованию, их выход приравнивается к фактической выработке энергии за счет ВЭР.*

14. Планируемая выработка энергии за счет ВЭР — количество теплоты, холода и электрической энергии, которое намечается получить за счет ВЭР в плановом периоде при осуществлении плана развития данного производства, предприятия, отрасли с учетом ввода новых, модернизации действующих и вывода из эксплуатации устаревших утилизационных установок.

15. Фактическое использование ВЭР — фактически использованное у потребителей за отчетный период количество теплоты, холода и электроэнергии, выработанных за счет ВЭР в утилизационных установках, а также топлива и теплоты, полученных непосредственно как вторичные энергоресурсы.

16. Планируемое использование ВЭР — количество теплоты, топлива и электроэнергии, вырабатываемых за счет ВЭР или получаемых непосредственно как ВЭР, которое намечается использовать потребителями в планируемом периоде. При определении планируемого использования ВЭР учитывается наличие потребителей энергии, режимы и графики потребления энергии, а также возможность отпуска энергии на сторону.

17. Коэффициент использования выработки энергии за счет ВЭР — отношение фактического (планируемого) использования энергии, полученной за счет ВЭР, к фактической (планируемой) выработке.

18. Резерв утилизации ВЭР — количество энергии, которое может быть дополнительно вовлечено в производство. Для ВЭР, пригодных к непосредственному использованию, резерв утилизации равен неиспользуемой части выхода ВЭР. Для ВЭР, используемых с преобразованием энергоносителя, резерв утилизации равен разности между возможной выработкой энергии и фактическим использованием ВЭР, т. е, он включает и потери энергии, выработанной в действующих утилизационных установках.

19. Фактическая (планируемая) экономия топлива за счет ВЭР — количество топлива, которое экономится в результате фактического (планируемого) использования вторичных энергетических ресурсов.

20. Возможная экономия топлива за счет ВЭР — количество топлива, которое было бы сэкономлено при полном использовании всего выхода ВЭР.

21. Экономия топлива при топливном использовании ВЭР принимается равной количеству использованных горючих ВЭР (т у.т.).

При использовании тепловых ВЭР в виде пара и горячей воды экономия топлива определяется по следующим формулам

- возможная экономия топлива

$$\Delta B_{возм.}=B_{зам.}\cdot Q_{т},\ \text{тыс. т у.т. /год;} \qquad (4)$$

- фактическая экономия топлива

$$\Delta B_{ф}=B_{зам.}\cdot Q_{ф}\cdot\delta,\ \text{тыс. т у.т./год,} \qquad (5)$$

где $B_{зам.}$ – удельный расход топлива на выработку тепла на замещаемой теплогенерирующей установке (промкотельной, ТЭЦ), т у.т/Гкал; $Q_{т}$ – возможная выработка тепла в утилизационной установке, тыс. Гкал/год; $Q_{ф}$ – фактическая выработка тепла в утилизационной установке, тыс. Гкал/год; δ - доля использования выработанного тепла.

При комбинированном энергоснабжении предприятия от заводской и районной ТЭЦ, использование тепловых ВЭР для теплоснабжения может привести к временному снижению экономичности работы ТЭЦ вследствие уменьшения тепловой нагрузки отборов или противодавления турбин. В этом случае в предыдущих формулах вместо величины $B_{зам.}$ подставляют величину

$$B^{1}_{зам.}=[\,B_{зам.}-Э\cdot(B_{к}-B_{т})\cdot 10^{-6}]\ \text{т у.т/Гкал,} \qquad (6)$$

где Э – удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу турбинами ТЭЦ на единицу отпущенного потребителям тепла, кВтч/Гкал; $В_{к.}$ – удельный расход топлива на выработку электроэнергии в энергетической системе или теплофикационной турбине по конденсационному циклу, г у.т/кВтч; $В_{т}$ – удельный расход топлива на выработку электроэнергии на замещаемой ТЭЦ по теплофикационному циклу, г у.т./кВтч.

22. Коэффициент утилизации ВЭР — отношение фактической (планируемой) экономии топлива за счет ВЭР к возможной.
Коэффициент утилизации ВЭР определяют для одного агрегата-источника ВЭР, группы агрегатов, предприятия, отрасли по каждому виду ВЭР и суммарно — для всех видов ВЭР.

23. Для характеристики состояния использования ВЭР, пригодных для непосредственного использования без преобразования энергоносителей, применяют следующие показатели:

- выход ВЭР;
- фактическое использование ВЭР;
- резерв утилизации ВЭР;
- экономия топлива за счет ВЭР (возможная, фактическая);
- коэффициент утилизации ВЭР.

Для ВЭР, используемых с преобразованием энергоносителя в утилизационной установке, применяют показатели: выход ВЭР;

- возможная (расчетно-теоретическая) выработка энергии за счет ВЭР;
- фактическая выработка энергии за счет ВЭР; фактическое использование энергии, выработанной за счет ВЭР;
- коэффициент использования выработки энергии за счет ВЭР; резерв утилизации ВЭР;
- экономия топлива за счет ВЭР (возможная, фактическая);
- коэффициент утилизации ВЭР.

Таблица 1

Характеристика основных видов и направлений использования ВЭР

Вид ВЭР	Потенциал энергоносителя	Носители ВЭР	Направления использования
1	2	3	4
Горючие (неиспользуемые или непригодные для дальнейшей технологической переработки, а используемые в качестве топлива)	Низшая теплота сгорания $Q_н^р$, кДж/м^3, кДж/кг	Химическая энергия отходов технологических процессов химической и термохимической переработки сырья: побочные горючие газы плавильных печей (доменный, конверторный, отходящие газы шахтных печей и вагранок и др.); горючие отходы переработки углеродистого и углеводородного сырья (синтез-газ, отходящий газ сажевых печей, абгаз производства синтетического каучука, отходы электродного производства и др.); отходы деревообработки (кора, щепа, опилки, стружка, обрезь и т.д.); щелока целлюлозно-бумажной промышленности и горючие щелока других производств; демонтированные негодные шпалы, столбы, деревянные детали зданий и сооружений	В виде топлива в обычных топливопотребляющих установках (печах, сушилках, котлах и др.) или в специальных установках (котельных установках для сжигания отходящих газов сажевого производств, щелоков целлюлозно-бумажного производства, установках для сжигания вредной органики и др.)

Продолжение таблицы 1

Тепловые	Перепад энтальпий Δi, кДж/кг, кДж/м^3	Физическая теплота отходящих газов; нерегенерируемые потоки теплоты в окружающую среду через ограждение; физическая теплота основной, побочной, промежуточной продукции; физическая теплота отходов основного производства; теплота рабочих тел систем принудительного охлаждения технологических агрегатов и установок; теплота горячей воды и пара, отработавших в технологических и силовых установках.	Выработка теплоты в утилизационных установках (котлах, холодильниках, экономайзерах печах и др.); непосредственное использование теплоты ВЭР для обогрева помещений, выработка пара и воды непосредственно в технологических агрегатах при водяном и испарительном охлаждении
Силовые (избыточного давления)	Работа адиабатного расширения, кДж/кг, кДж/м^3	Потенциальная энергия газов и жидкостей, покидающих технологические камеры с избыточным давлением	Турбогенераторы, холодильные установки и др.

3. Цели, задачи и этапы обследования

1. Целью настоящего обследования является определение объема выхода вторичных энергетических ресурсов предприятия, оценка возможностей их использования, выявление дополнительных резервов экономии топлива и разработка предложений по улучшению использования ВЭР в отраслях промышленности на основе технического прогресса в этой области.

Максимальное вовлечение ВЭР в хозяйственный оборот обеспечивает более рациональное использование топливно-энергетических ресурсов на предприятии, уменьшение загрязнения окружающей среды и, в целом, повышение эффективности производства.

Определение объемов выхода и использования вторичных энергоресурсов является неотъемлемой составной частью разработки топливно-энергетического баланса предприятия и осуществляется с учетом режимов образования ВЭР и потребления отдельных энергоносителей, а также возможности отпуска энергии ВЭР сторонним потребителям.

2. Настоящее обследование может быть выполнено как составная часть общего энергетического обследования всего предприятия.

3. Внеочередное локальное или экспресс-обследование могут быть выполнены как самостоятельная работа в следующих случаях:

- при возникновении предположения о резком снижении эффективности использовании ТЭР на предприятии;
- при обоснованных сомнениях в достоверности результатов обследования, проведенного энергоаудитором;
- в случае обращения предприятия в органы государственной власти о предоставлении льгот, связанных с использованием электрической и тепловой энергии, энергоносителей или со снижением уровня загрязнения окружающей среды.

4. В процессе проведения обследования предприятия по выявлению и использованию ВЭР выполняются следующие этапы работы:

Этап 1. Ознакомление с предприятием, цехами и агрегатами – источниками вторичных энергетических ресурсов. Составление краткой производственной и энергетической характеристики предприятия.

Этап 2. Анализ состояния системы учета и контроля образования ВЭР, а также потребления всех видов ТЭР и энергоносителей на предприятии. Оценка структуры и объема выхода ВЭР.

Этап 3. Анализ состояния использования вторичных энергоресурсов предприятия. Определение состава, режимов и эффективности работы утилизационного оборудования.

Этап 4. Определение экономии топлива за счет использования ВЭР. Составление энергетических балансов. Анализ основных показателей использования ВЭР.

Этап 5. Разработка мероприятий по повышению уровня и эффективности использования ВЭР.

Этап 6. Подготовка отчета о проведенном обследовании.

4. Рекомендации по выполнению этапов обследования

Перед началом обследования предприятия по выявлению и использованию вторичных энергоресурсов следует изучить следующие материалы:

- договоры с энергоснабжающими организациями;
- акты и отчеты о предыдущих проверках предприятия;
- формы статистической отчетности;
- счета за потребленные энергоресурсы.

Общие сведения о предприятии, а также данные о потреблении ТЭР за год, предшествующий году проведения обследования, заносятся в таблицы приложения 2 (форма 1 и форма 2 соответственно).

Этап 1.

1.1. При ознакомлении с энергетическим хозяйством предприятия, его цехов и участков, определении особенностей технологической схемы производства и потребления ТЭР устанавливаются направления энергетических потоков.

1.2. Схема энергетических потоков дополняется кратким описанием видов и параметров используемых энергоносителей и источников покрытия потребностей в энергоресурсах, в т. ч. за счет использования вторичных энергоресурсов. В схеме выделяются энергоемкие направления, подлежащие специальному рассмотрению на последующих этапах обследования.

1.3. Составляется перечень и характеристики энергопотребляющего оборудования предприятия, выделяется наиболее энергоемкое оборудование и технологические процессы, а также агрегаты (установки) – источники ВЭР.

1.4. По данным статистической отчетности частных энергетических балансов предприятия (котельно-печного топлива, тепло- и электроэнергии) и эго энергетического паспорта производится определение объемов образования и выработки энергии за счет ВЭР на предприятии в целом и по каждой установке – источнику вторичных энергоресурсов. Данные заносятся в таблицы, формы которых приведены в приложении 2 (ф. 3, 4, 5, 6 соответственно).

1.5. Перечень и характеристика действующего и возможного к установке на предприятии утилизационного оборудования заносятся в таблицу (приложение 2, ф.7).

1.6. По результатам выполнения п.п. 1.1…1.5. составляется общая производственная характеристика предприятия, которая включает следующие данные:

- основные экономические показатели его производственно-хозяйственной деятельности, в том числе объемы и номенклатуру выпускаемой продукции (приложение 2, ф.1);
- описание схемы энергетических потоков, увязывающую в единое целое энергетику, основные технологические процессы, а также выход и использование вторичных энергоресурсов;
- общую характеристику деятельности энергохозяйства предприятия, в т. ч. уровни энергопотребления, объемы использования ВЭР, величину энергетической со-

ставляющей в себестоимости продукции и в стоимости основных производственных фондов.

1.7. Энергетическая составляющая в себестоимости продукции (затраты энергохозяйства) включает стоимость непосредственно энергоресурсов и затраты на обслуживание, ремонт и амортизацию энергетического оборудования (последние содержатся в соответствующих статьях калькуляции себестоимости продукции), в т. ч. утилизационного.

1.8. Энергетическая составляющая в стоимости основных производственных фондов предприятия приводится в соответствии с существующими классификационными группами:

- трансформаторные и преобразовательные установки (преобразователи постоянного тока, выпрямители, электро- и теплосети, паро-, воздухо- и водопроводы);
- производственные потребители тепло- и электроэнергии, энергетические части производственных агрегатов, систем освещения, отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, канализации и др.;
- диспетчерские и сигнализирующие устройства (телефон, радио, сигнализация).

1.9. При анализе нормативной документации по вопросам потребления ТЭР, выхода и использования ВЭР рассматривается весь комплекс положений, инструкций, стандартов и прочих документов, связанных с деятельностью предприятия, в т. ч. с системой оплаты и стимулирования его работников (проектная документация, формы статистической отчетности, материалы первичного учета, годовые и месячные отчеты за обследуемый период и т. п.).

Этап 2.

2.1. Для текущего контроля за выполнением планируемых заданий по использованию ВЭР, а также для накопления статистической информации об использовании вторичных энергоресурсов в различных отраслях промышленности используется ежегодная статистическая отчетность в виде приложения к форме 11ТЭР «Отчет об образовании и использовании горючих и тепловых вторичных энергетических ресурсов», которую должны составлять и представлять вместе с отчетом по форме 11ТЭР все промышленные предприятия, на которых образуются и используются вторичные энергоресурсы. Предприятия должны вести оперативный учет фактической выработки энергии за счет ВЭР в утилизационных установках, фактического использования ВЭР, а также параметров производства, необходимых для расчетов выхода ВЭР и возможной выработки энергии за счет ВЭР. Данные отчетности являются основой для заполнения форм 3, 4, 5, 6 приложения 2. При недостатке данных производится расчет недостающих величин.

2.2. Для наиболее полного выявления и эффективного использования вторичных энергоресурсов на каждом действующем предприятии, в объединении при разработке энергетического паспорта предприятия должен быть обеспечен учет всех образующихся ВЭР и возможных направлений использования и способов их утилизации.

В проекты новых, реконструируемых и расширяемых действующих предприятий следует обязательно включать энергетический баланс предприятия с учетом использования вторичных энергетических ресурсов и с обоснованием экономической эффективности их утилизации.

2.3. Тепловые ВЭР подлежат учету при следующих условиях:

- отходящие газы печей с температурой от 200°С и выше при расходе топлива от 0,1 т у. т. в час на агрегат и выше;
- горячая охлаждающая вода и загрязненный конденсат при непрерывном расходе 1 $м^3$/ч и более;
- другие тепловые виды ВЭР учитываются при выходе из агрегата-источника ВЭР не менее 0,05 Гкал/ч.

2.4. Объемы образования и возможной выработки энергии за счет ВЭР на предприятиях рассчитываются отдельно по каждой установке-источнику ВЭР на основе технико-экономических показателей работы установок.

При расчетах выхода ВЭР охватываются все виды ВЭР, независимо от их количества, потенциала и режима образования. При расчетах возможной выработки энергии за счет ВЭР учитываются возможные пути и способы утилизации, технико-экономические показатели действующего или возможного к установке утилизационного оборудования, экономическая целесообразность выработки энергии определенного вида за счет данного вида ВЭР с учетом его количества и параметров и другие факторы.

2.5. Исходной информацией для расчета выхода и возможной выработки энергии в результате применения вторичных энергоресурсов служат:

- технико-экономические показатели работы основных технологических агрегатов, их тепловые и материальные балансы; технико-экономические показатели энергетических и утилизационных установок;
- объем выпуска продукции в рассматриваемый период; величины и режимы потребления топливно-энергетических ресурсов по их видам, источники поступления;
- намечаемое внедрение новой технологии и нового оборудования на перспективу.

2.6. В результате обработки исходных материалов определяются:

- агрегаты, установки, являющиеся источниками ВЭР;
- виды ВЭР и их потенциал;
- выход каждого вида ВЭР поагрегатно и в целом по предприятию;
- возможные направления использования и способы утилизации ВЭР;
- возможную выработку энергии за счет ВЭР;
- использование ВЭР по выбранным направлениям.

Результаты расчета вносят в соответствующие таблицы (формы 3, 4, 5, 6, 7, приложение 2).

2.7. Выход и использование вторичных энергоресурсов рассчитывают либо в единицу времени (1 ч) работы агрегата-источника ВЭР, либо в удельных показателях на единицу продукции (сырья). Удельные показатели выхода вторичных энергоресурсов, выработки энергии за счет ВЭР и их использования относят к единице продукции основного производства в случае монопродуктового производства или к единице расхода сырья (топлива) в случае многопродуктового производства.

2.8. Удельный (часовой) выход вторичных энергоресурсов определяется произведением удельного (часового) количества энергоносителя на его энергетический потенциал.

Единицами измерения количества энергоносителя служат единицы массы (килограмм, тонна); для газообразных энергоносителей применяют также единицы объема (кубический метр при нормальных условиях, P = 760 мм рт. ст., t = 0°C).

Энергетический потенциал энергоносителей определяется:

- для горючих ВЭР - низшей теплотой сгорания $Q^{р}_{н}$;
- для тепловых ВЭР - перепадом энтальпий Δi;
- для ВЭР избыточного давления - работой изоэнтропного расширения *l*.

В качестве единиц измерения потенциала приняты единицы измерения энергии (килокалория, килоджоуль, киловатт-час).

2.9. Удельный выход ВЭР определяется произведением удельного количества энергоносителя на его энергетический потенциал:

- удельный выход натуральных горючих ВЭР

$$q^{г} = m \cdot Q^{р}_{н}, \quad \frac{кДж}{ед.\ продукции}\left(\frac{кДж}{ч}\right); \qquad (7)$$

- удельный выход горючих ВЭР, выраженный в условном топливе

$$b^г = m \cdot Q_н^р / Q_у \ , \quad \frac{кг\ у.т.}{ед.\ продукции}\left(\frac{кг\ у.т.}{ч}\right); \qquad (8)$$

- удельный выход тепловых ВЭР

$$q^m = m \cdot (c_1 \cdot t_1 - c_2 \cdot t_2) = m \cdot \Delta i, \quad \frac{кДж}{ед.\ продукции}\left(\frac{кДж}{ч}\right); \qquad (9)$$

- удельный выход ВЭР избыточного давления

$$q^c = m \cdot l, \quad \frac{кДж}{ед.\ продукции}\left(\frac{кДж}{ч}\right); \qquad (10)$$

где m – удельное количество твердого, жидкого, газообразного энергоносителя, кг($м^3$) на единицу продукции, единицу сырья (топлива) или в единицу времени (ч); $Q_Н^Р$ - низшая рабочая теплота сгорания горючих ВЭР, кДж/кг, кДж/$нм^3$; $Q_у$ – теплота сгорания условного топлива, 29300 кДж/кг; Δi – разность энтальпий, кДж/кг, кДж/$нм^3$; для водяного пара энтальпию определяют по специальным таблицам или по *is*-диаграмме, причем в качестве i_2 используют энтальпию питательной воды, поступающей на испарение, или энтальпию конденсата при температуре t_2.; t_1 и c_1 температура, ^oC, и теплоемкость, кДж/(кг·^oC) или кДж/($нм^3$·^oC), энергоносителя на выходе из установки-источника ВЭР; t_2 и c_2 – температура, ^oC, и теплоемкость, кДж/(кг·^oC) или кДж/($нм^3$·^oC), энергоносителя при поступлении его на следующую стадию технологического процесса или температура окружающей среды и соответствующая ей теплоемкость энергоносителя; l – работа адиабатного расширения, кДж/кг.

2.10. Удельное (часовое) количество энергоносителя (т) определяется из материального баланса агрегата—источника ВЭР или из его энерготехнологических характеристик, регламентов производства, по показателям соответствующих приборов или рассчитывается на основе соответствующих отраслевых методик.

2.11. Низшая теплота сгорания горючих вторичных энергетических ресурсов определяется экспериментальным путем или по известным в теплотехнике формулам в зависимости от элементарного состава.

2.12. Температура энергоносителя t_1 на выходе из агрегата-источника ВЭР определяется из его теплового баланса или из его энерготехнологических характеристик, либо измеряется соответствующими приборами. Теплоемкость энергоносителя в зависимости от его состава принимается по справочной литературе.

2.13. Работа изоэнтропного (адиабатного) расширения для газообразных энергоносителей также равна перепаду энтальпий

$$l = \Delta i = i_1 - i_2\ ,\ кДж/кг\ (кДж/м^3), \qquad (11)$$

где i_1 — энтальпия газа перед расширением при давлении P_1 и температуре t_1, кДж/кг (кДж/$м^3$); i_2 — энтальпия в конце изоэнтропного расширения до давления P_2 при температуре t_2, кДж/кг($м^3$).

Температуру газа T_2 в конце изоэнтропного расширения определяют по формуле

$$T_2 = T_1\ (p_2 / p_1)^{(k-1)/k} \qquad (12)$$

где k — средний показатель изоэнтропы (адиабаты) данного газа.

Для водяного пара перепад энтальпий в процессе изоэнтропного расширения от давления P_1 до давления P_2 определяется по *is*-диаграмме

Для жидкостей работа адиабатного расширения

$$l = (p_1 - p_2)/\rho,$$

где p_1 и p_2 - соответственно давление жидкого теплоносителя на выходе из технологической установки и при поступлении на следующую ступень использования или давление окружающей среды при выбросе энергоносителя в атмосферу, МПа; ρ - плотность жидкости, кг/м^3.

2.14. Выход вторичных энергетических ресурсов (количество энергоносителя и его энергетический потенциал) обусловливается рядом факторов технологического характера, поэтому в общем случае суточный график выхода ресурса может иметь значительную неравномерность, В этой связи различают три показателя удельного (часового) выхода: максимальный, минимальный (гарантированный) и средний.

В расчетах ВЭР обычно определяется средний выход ВЭР для установившегося технологического режима. Показатели выхода тепловых ВЭР для отдельных энергоемких технологий приведены в приложении 3 по отраслям промышленности.

2.15. Выход ВЭР за рассматриваемый период времени (сутки, месяц, квартал, год) определяется, исходя из удельного или часового выхода, по формуле

$$Q_в = 10^{-6} \cdot q_{уд} \cdot П \quad ГДж, \qquad (13)$$

или

$$Q_в = 10^{-6} \cdot q_ч \cdot \tau \quad ГДж, \qquad (14)$$

где $q_{уд}$ — удельный выход ВЭР, кДж/ед. продукции; П — выпуск основной продукции (или расход сырья, топлива), к которой отнесен удельный выход ВЭР, за рассматриваемый период, ед. продукции; $q_ч$ — часовой выход ВЭР, кДж/ч; τ – время работы агрегата-источника ВЭР за рассматриваемый период, ч.

Этап 3.

3.1. Планируемые объемы использования ВЭР на предприятии определяются при разработке топливно-энергетического баланса с учетом режимов образования ВЭР и потребления отдельных энергоносителей, а также возможности отпуска энергии ВЭР сторонним потребителям. Основные показатели использования тепловых ВЭР в отраслях промышленности (возможная выработка, способы утилизации, оборудование) приведены в приложении 3.

3.2. При разработке мероприятий по экономии ТЭР следует отдавать предпочтение мероприятиям, сокращающим энергетические отходы (более полное использование энергии в самой установке — регенерация, энерготехнологическое комбинирование), так как при этом обеспечивается прямая экономия энергоресурсов, потребляемых технологическими агрегатами, установками, являющимися источниками выхода ВЭР. Внедрение этих мероприятий не зависит от величины и режимов энергопотребления предприятия и характеризуется, как правило, большей энергетической и экономической эффективностью по сравнению с мероприятиями по утилизации вторичных энергетических ресурсов.

3.3. Мероприятия, направленные на использование ВЭР не изменяют расходную часть топливно-энергетического баланса предприятия, но обеспечивают удовлетворение некоторой части потребности в топливе и энергии, в результате чего сокращается поступление их от источников энергоснабжения.

Для осуществления мероприятий по использованию вторичных энергоресурсов, особенно тепловых, необходим стабильный потребитель тепловой энергии вблизи источника образования ВЭР, что не всегда имеет место. Поэтому мероприятия при утилизации ВЭР должны разрабатываться после исчерпания возможностей по экономии ТЭР за счет сокращения выхода ВЭР.

3.4. Основными направлениями использования вторичных энергетических ресурсов являются: ввод новых и реконструкция действующих утилизационных установок, внедрение топочных устройств для сжигания горючих ВЭР, мероприятия, направленные на сокращение потерь горючих ВЭР и энергии, выработанной в утилизационных установках, отпуск ВЭР на

сторону и др.

Все включаемые в план мероприятия по повышению уровня использования ВЭР должны быть экономически обоснованы, с указанием срока окупаемости предусмотренных для них капиталовложений. При ограниченности капиталовложений в первую очередь следует предусматривать мероприятия, осуществление которых обеспечивает наибольший экономический эффект.

В случаях, когда выработка тепловой энергии за счет ВЭР в действующих утилизационных установках в определенные периоды времени превышает теплопотребность предприятия, необходимо предусматривать передачу избытка тепловой энергии во внешние тепловые сети или другим потребителям.

3.5. Характеристика действующего на предприятии утилизационного оборудования, а также возможных к установке агрегатов и систем по утилизации ВЭР при обследовании вносится в таблицу (приложение 2, ф.7).

3.6. Для оценки резервов предприятия по использованию всех видов ВЭР проводится расчет основных показателей использования. Результаты анализа резервов выработки и потребления ВЭР заносятся в таблицу (приложение 2, ф. 8).

3.7. Возможная (расчетно-теоретическая) выработка тепловой энергии в виде пара или горячей воды в утилизационной установке за счет тепловых ВЭР за рассматриваемый период в общем случае определяется по формуле

$$Q_m = 10^{-6} \cdot U \cdot (i_1 - i_2) \cdot \beta \cdot (1 - \xi), \qquad ГДж(Гкал), \qquad (15)$$

где U — количество энергоносителя на входе в утилизационную установку за рассматриваемый период времени, кг($м^3$); i_1 — энтальпия энергоносителя на выходе из технологического агрегата-источника ВЭР, кДж/кг($м^3$); i_2 — энтальпия энергоносителя при температуре t_2 на выходе из утилизационной установки, кДж/кг($м^3$); β — коэффициент, учитывающий несоответствие режима и числа часов работы утилизационной установки и агрегата-источника ВЭР, обусловленное условиями работы агрегата-источника ВЭР; ξ — коэффициент потерь энергии в окружающую среду утилизационной установкой и на тракте между агрегатом-источником ВЭР и утилизационной установкой.

Количество энергоносителя, поступающего в утилизационную установку, может быть определено по формуле

$$U = m_{уд} \cdot П \cdot \delta \text{ или } U = m_ч \cdot \tau \cdot \delta, \qquad кг(м^3), \qquad (16)$$

где $m_{уд}$, $m_ч$ — соответственно удельное и часовое количество энергоносителя на выходе из агрегата-источника ВЭР, кг($м^3$)/ед. продукции или кг($м^3$)/ч; П — выпуск продукции за рассматриваемый период времени; τ — время работы агрегата-источника ВЭР за рассматриваемый период, ч; δ — доля энергоносителя, поступающего в утилизационную установку, обусловленная условиями работы агрегата-источника ВЭР.

Если за технологическим агрегатом, установкой-источником ВЭР имеется регенератор или рекуператор, то энтальпию энергоносителя i_1 следует принимать по температуре энергоносителя на выходе из указанного устройства.

В том случае, когда для утилизации вторичных энергоресурсов применяют котел-утилизатор, в составе которого имеется воздухоподогреватель для нагрева воздуха, поступающего в агрегат-источник ВЭР, при определении возможной выработки тепловой энергии следует исключить теплоту, идущую на нагрев воздуха.

Температура энергоносителя на выходе из утилизационной установки t_2 обусловливается ее конструктивными характеристиками и определяется на основании технико-экономических

расчетов с учетом технологических условий утилизации (запыленность продуктов сгорания, температура точки росы, агрессивность энергоносителя, надежность работы утилизационной установки и т. п.).

Возможную выработку тепловой энергии в утилизационной установке можно также определить по формуле

$$Q_т = Q_в \cdot \eta_у , \qquad ГДж(Гкал), \qquad (17)$$

где $\eta_у$ — КПД утилизационной установки.

3.8. Возможная выработка холода в абсорбционной холодильной установке может быть определена по формуле

$$Q_х = Q_т \cdot \varepsilon , \qquad ГДж(Гкал), \qquad (18)$$

где ε — холодильный коэффициент — отношение количества выработанного холода к количеству затраченной теплоты.

3.9. Возможная выработка электроэнергии в утилизационном турбогенераторе за счет ВЭР избыточного давления может быть определена по формуле

$$W = 10^{-6} \cdot 277{,}8 \times U \cdot l \cdot \eta_{oi} , \; кВт \times ч, \qquad (19)$$

где U — количество энергоносителя, поступающего в турбогенератор, за рассматриваемый период времени, *кг(м³)*,. (см. формулу 16); l — работа изоэнтропного расширения, *кДж/кг(м³)*; η_{oi} — относительный внутренний КПД турбины; $\eta_м$ — механический КПД турбины; $\eta_г$ — КПД электрогенератора.
Можно принять в расчетах: η_{oi} =0,87 – для газа; η_{oi} =0,9 –для жидкости; $\eta_м$ =0,99, $\eta_г$ =0,98.

3.10. При комбинированном направлении использования ВЭР в теплоутилизационных установках вырабатывается пар высоких параметров, который поступает затем в теплофикационные турбогенераторы. Основные характеристики теплофикационной турбины — удельный расход тепловой энергии на производство электроэнергии на тепловом потреблении $q_т$ *(кДж/кВтч*) и удельная выработка электроэнергии на единицу отпущенной тепловой энергии — *Э (кВтч/кДж*). Если известны эти характеристики теплофикационной турбины, можно определить отпуск тепловой энергии $Q_о$ и выработку электроэнергии W в зависимости от количества тепловой энергии $Q_т$ *(Гкал или ГДж),* поступающей на турбину от теплоутилизационной установки

$$Q_о = Q_т / (1 + Э \cdot q_т), \qquad Гкал\ (ГДж); \qquad (20)$$

$$W = Э \times Q_т / (1 + Э \cdot q_т), \qquad млн.\ кВтч. \qquad (21)$$

3.11. При поступлении пара высоких параметров от теплоутилизационных установок на конденсационную турбину выработка электроэнергии может быть определена по формуле

$$W = Q_т / q_к , \qquad млн.\ кВтч, \qquad (22)$$

где $q_к$ — удельный расход тепловой энергии на производство электроэнергии в конденсационной турбине, *кДж/кВтч*.

3.12. Полученные в результате расчетов по приведенным выше формулам объемы выхода ВЭР и возможной выработки энергии за счет ВЭР служат основой для разработки предложений и мероприятий по повышению уровня использования вторичных энергетических ресурсов для достижения наибольшего экономического эффекта с учетом величины и режима энергопотребления предприятия или промышленного узла. Потребность предприятия в утилизационном оборудовании вносится в таблицу (приложение 2, ф.9).

Этап 4.

4.1. При любых вариантах утилизации вторичных энергетических ресурсов осно-

вой эффективности их использования является достигаемая при этом экономия топлива и обеспечиваемая в результате экономия затрат предприятия.

Экономия топлива зависит от направления использования вторичных энергоресурсов и схемы энергоснабжения предприятия, на котором они используются. При тепловом направлении использования ВЭР экономия топлива определяется расходом топлива в основных (замещаемых) теплогенерирующих установках на выработку тепловой энергии в таком же количестве и с такими же параметрами, как и за счет ВЭР. При электроэнергетическом направлении использования вторичных энергетических ресурсов экономия топлива определяется его расходом на выработку в основных энергогенерирующих установках количества электроэнергии, равного отпуску ее от утилизационных установок.

4.2. Экономия топлива за счет вторичных энергоресурсов определяется по величине использования ВЭР. По фактическому использованию ВЭР определяется фактическая экономия топлива, по планируемому использованию ВЭР — планируемая экономия топлива, а по выходу ВЭР, пригодных к непосредственному использованию, и по возможной выработке энергии за счет ВЭР, используемых с преобразованием энергоносителя в утилизационной установке, — возможная экономия топлива.

4.3. При тепловом направлении использования ВЭР и раздельной схеме энергоснабжения предприятия экономия топлива определяется по формуле

$$B_{эк} = b_з \cdot Q_и = b_з \cdot Q_т \cdot \sigma \text{ , т у.т.,} \qquad (23)$$

где $Q_и$ — использование тепловых ВЭР, *ГДж(Гкал);* $Q_т$ — выработка тепловой энергии за счет ВЭР в утилизационной установке, *ГДж(Гкал);* σ — коэффициент использования тепловой энергии, выработанной за счет ВЭР; $b_з$ — удельный расход топлива на выработку тепловой энергии в замещаемой котельной установке

$$b_з = 0{,}143 / \eta_з \text{ ,} \quad \text{т у. т./Гкал,} \qquad (24)$$

или

$$b_з = 0{,}0342 / \eta_з \text{ ,} \quad \text{т у. т./ГДж,}$$

где 0,143; 0,0342 — коэффициент эквивалентного перевода соответственно 1 Гкал и 1 ГДж в тонну условного топлива; $\eta_з$ — коэффициент полезного действия энергетической установки, с показателями которой сопоставляется эффективность использования ВЭР «замещаемой установкой». В зависимости от конкретных условий энергоснабжения в качестве замещаемой установки могут рассматриваться промышленные котельные или котельные ТЭЦ с соответственно различными КПД.

Коэффициент σ, представляющий собой долю используемой потребителями выработки тепловой энергии за счет ВЭР, в значительной мере зависит от несовпадения режимов выработки и потребления утилизированной тепловой энергии в часовом, суточном и годовом разрезе. Для тепловых ВЭР непосредственного использования коэффициент σ представляет собой отношение использования ВЭР к их выходу. Соответствующим подбором потребителей и их кооперировании следует стремиться обеспечить максимальное использование выработанной за счет ВЭР тепловой энергии и повышение значения коэффициента σ до единицы.

4.4. При комбинированном энергоснабжении предприятия от заводской или районной теплоэнергоцентрали (ТЭЦ) использование тепловых ВЭР для теплоснабжения приводит к снижению экономичности работы ТЭЦ вследствие уменьшения тепловой нагрузки отборов или противодавления турбин. В этом случае экономию топлива за счет ВЭР определяется с учетом некоторого увеличения удельного расхода топлива на выработку электроэнергии на ТЭЦ по формуле

$$B_{эк} = Q_и \cdot b_к \cdot [1 - Э \cdot (q_к - q_т)], \quad \text{т у. т.,} \qquad (25)$$

где $b_к$ — удельный расход топлива на выработку тепловой энергии в котельной ТЭЦ, *т у.т./Гкал (т у.т. / ГДж);* $Э$, $q_к$, $q_т$— показатели работы турбины замещаемой ТЭЦ (см. п. п.

3.10. и 3.11.).

Если теплоутилизационная установка характеризуется значительным расходом электроэнергии на собственные нужды, из экономии топлива, определяемой по формулам (23) и (25), следует вычесть расход топлива на производство дополнительно расходуемой электроэнергии

$$\Delta B = 10^{-6} \cdot b_э \cdot (W_у - W_з) \cdot Q_т, \quad т\ у.\ т., \qquad (26)$$

где $b_э$ — удельный расход топлива на выработку электроэнергии, *т у.т./кВтч*; $W_у$, $W_з$ — удельный расход электроэнергии на выработку единицы теплоты соответственно на утилизационной и замещаемой установках, *кВтч/Гкал (кВтч/ГДж).*

4.5. При использовании ВЭР для получения холода в абсорбционных холодильных установках экономия топлива также может быть определена по формуле (23), однако вместо $Q_и$ следует подставить количество выработанного холода $(Q_х)$, деленное на холодильный коэффициент (ε), т. е.

$$B_{эк} = b_з \cdot Q_х \ / \ \varepsilon, \quad т\ у.т. \qquad (27)$$

4.6. При электроэнергетическом направлении использования ВЭР экономия топлива составит

$$B_{эк} = b_э \cdot W, \quad т\ у.т., \qquad (28)$$

где $b_э$ — удельный расход топлива на выработку электроэнергии в энергетической системе или на замещаемой установке, с показателями которой сравнивается эффективность использования ВЭР, *г у. т./кВтч; W*—отпуск электроэнергии утилизационными установками за счет ВЭР, *млн. кВтч.*

4.7. При комбинированном направлении использования ВЭР и комбинированной схеме энергоснабжения предприятия и полном использовании тепловой энергии, отпускаемой утилизационной турбиной, экономия топлива за счет ВЭР может быть определена по формуле

$$B_{эк} = Q_т \cdot b_к \cdot [1 + Э \cdot q_т - q_к \cdot (Э - Э_у)] \ / \ (1 + Э_у \cdot q_{ту}), \quad т\ у.\ т., \qquad (29)$$

где $Q_т$ — количество пара теплоутилизационных установок, поступающего на утилизационную турбину, ГДж(Гкал); $Э_у$, $q_{ту}$—удельная выработка электроэнергии и удельный расход тепловой энергии на выработку электроэнергии на утилизационной турбине (утилизационной ТЭЦ) соответственно; $Э$, $q_т$ — то же на замещаемой ТЭЦ.

При известных величинах отпуска тепловой энергии и выработки электроэнергии утилизационной турбиной экономия топлива может быть определена так же, как сумма экономии топлива, за счет использования тепловой энергии по формуле (25) и за счет использования электроэнергии по формуле (28).

4.8. При топливном направлении использования горючих ВЭР экономия топлива может быть определена из выражения

$$B_{эк} = B_и \cdot \eta_{ВЭР} / \eta_т \quad т\ у.т., \qquad (30)$$

где $B_и$—величина использования горючих ВЭР, *т у, т.*; $\eta_{ВЭР}$ — КПД топливоиспользующего агрегата при работе на горючих ВЭР; $\eta_т$ — КПД того же агрегата при работе на первичном топливе.

Величина отношения КПД в формуле (30) зависит в основном от физических свойств горючих ВЭР. Для высококалорийных горючих ВЭР это отношение в большинстве случаев может быть принято равным единице.

Если горючие ВЭР используются в специальных тепло-утилизационных установках для вы-

работки пара (как, например, химическая энергия конверторных газов в охладителях с доступом воздуха), то экономию топлива можно определять по формулам (23), (25) или (29).

4.9. По результатам расчетов экономии топлива за счет использования ВЭР определяется коэффициент утилизации вторичных энергоресурсов, характеризующий степень использования отдельных видов ВЭР на предприятии.

Обобщенная схема расчетов экономии топлива при использовании ВЭР показана на рис. 1.

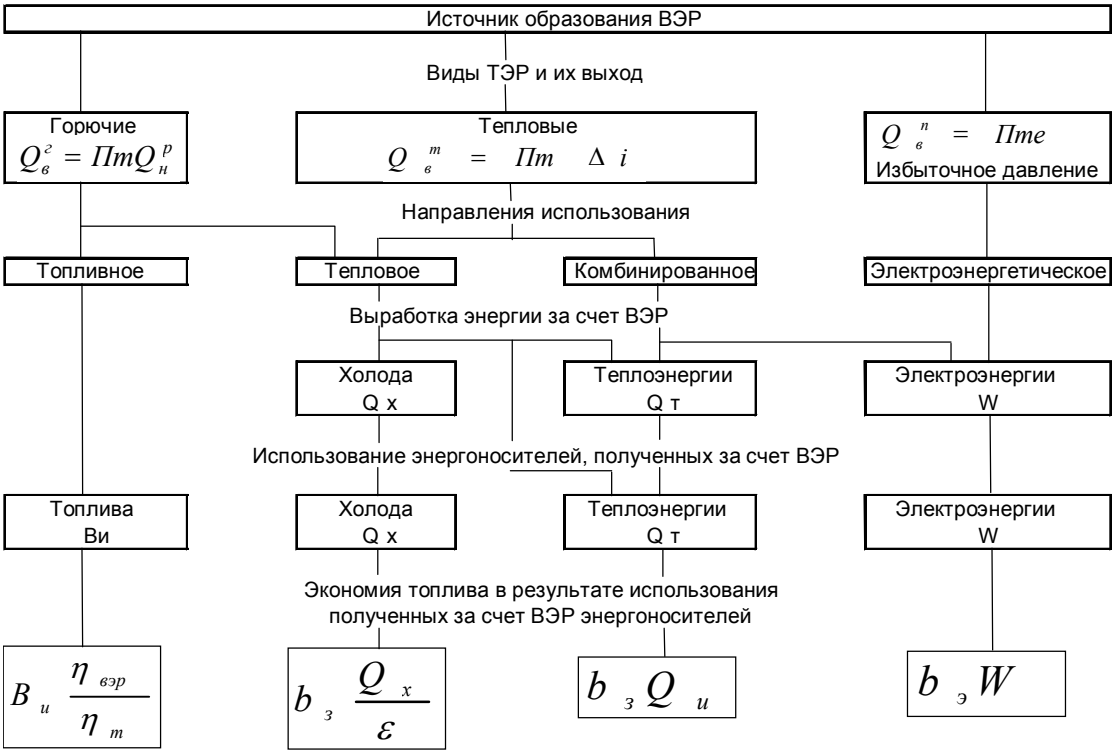

Рис. 1. Обобщенная схема расчетов экономии топлива при использовании ВЭР

4.10. В любых вариантах утилизации вторичных энергетических ресурсов основой экономической эффективности их использования является не только экономия первичного топлива, но и обеспечиваемая при этом экономия затрат предприятия.

4.11. При определении экономической эффективности использования вторичных энергоресурсов сопоставлению подлежат варианты энергоснабжения, обеспечивающие с учетом и без учета использования вторичных энергоресурсов.

Для обеспечения сопоставимости рассматриваемые варианты энергоснабжения должны удовлетворять требованиям:

- равного эффекта энергоснабжения, т. е. каждый из вариантов должен обеспечивать одинаковую как по расходу, так и по заданному режиму подачу энергии потребителю;
- создания оптимальных для каждого из рассматриваемых вариантов условий их реализации, т. е. использования для каждого из них технически наиболее совершенного оборудования;
- обеспечения одинаковой надежности энергоснабжения, т. е. варианты с пониженной надежностью приводятся к варианту с необходимой надежностью дополнительным включением в схему соответствующих мощностей;
- одинакового воздействия на окружающую среду при соблюдении установленных нормативов качества окружающей среды в районе размещения предприятия. В варианте с повышенным выбросом вредных веществ следует учитывать дополнительные затраты на охрану окружающей среды.

4.12. В варианте энергоснабжения с использованием вторичных энергетических ре-

сурсов стоимость самих ВЭР принимают равной нулю. В затраты по использованию ВЭР включаются только затраты, связанные непосредственно с сооружением и эксплуатацией утилизационных установок. Необходимо учитывать также сопутствующие утилизации изменения показателей самих технологических агрегатов-источников ВЭР и других участков производства (водоснабжение, транспорт, складское хозяйство и т. и.).

Для действующих предприятий вовлечение ВЭР в производство в некоторых случаях связано с дополнительными затратами вследствие затруднительности размещения утилизационных установок по условиям компоновки цехов, усложнения коммуникаций, омертвления произведенных ранее капитальных вложений в энергетическое хозяйство и т. п. Эти затраты должны учитываться в варианте с использованием ВЭР.

4.13. Если количество вторичных энергоресурсов превышает потребность предприятия в энергии и они не могут быть полностью использованы на данном предприятии, экономическую эффективность их использования следует определять на основе разработки вариантов энергоснабжения (с учетом и без учета использования ВЭР) не только самого предприятия, но и других потребителей, расположенных вблизи предприятия.

4.14. Характерными особенностями тепловых вторичных энергоресурсов (энтальпии уходящих из печей газов, теплоты испарительного охлаждения, отработанного пара и т. п.) являются:

- относительно ограниченное их количество, получаемое от отдельных технологических агрегатов-источников ВЭР;
- во многих случаях относительно низкая температура энергоносителя.

Эти характерные особенности ВЭР предопределяют сравнительно небольшие мощности утилизационных установок по отношению к основным энергетическим установкам. Для повышения эффективности использования тепловых ВЭР рекомендуется проверять целесообразность увеличения мощности утилизационных установок за счет сбора энергоносителей ВЭР от ряда технологических установок, объединения утилизационных установок с установками, работающими на топливе (например, применение топлива для перегрева пара систем испарительного охлаждения), и т.п. В случае возможности использования значительного количества тепловых вторичных энергоресурсов для выработки электроэнергии следует проверять эффективность сооружения на их базе утилизационной ТЭЦ.

Этап 5.

5.1. Мероприятия по повышению уровня и эффективности использования вторичных энергоресурсов на предприятии разрабатываются преимущественно путем применения типовых методов использования ВЭР и энергосбережения к выявленным на предыдущих этапах обследования объектам – агрегатам-источникам ВЭР и возможным потребителям. Основные мероприятия и возможная экономия от их внедрения в отраслях промышленности приведены в приложении 4.

5.2. При разработке мероприятий необходимо:

- определить техническую суть предлагаемого усовершенствования и принцип получения экономии;
- рассчитать потенциальную годовую экономию в натуральном и стоимостном выражениях;
- определить состав утилизационного оборудования, необходимого для реализации рекомендаций, его примерную стоимость, стоимость доставки, установки и ввода в эксплуатацию, данные внести в таблицу (приложение 2, ф. 9);
- рассмотреть все возможности снижения затрат, например – изготовление или монтаж оборудования силами самого предприятия;

- определить возможные побочные эффекты от внедрения рекомендаций, влияющие на реальную экономическую эффективность;
- оценить общий экономический эффект предлагаемой рекомендации с учетом всех вышеперечисленных факторов.

5.3. Для взаимозависимых рекомендаций рассчитываются как минимум два показателя экономической эффективности:

- эффект при условии реализации только данной рекомендации;
- эффект при условии реализации всех предлагаемых рекомендаций.

5.4. Для оценки экономического эффекта от реализации мероприятия достаточно использовать простой срок окупаемости. При необходимости допускается применение более сложных методов оценки экономической эффективности проектов. Не допускается косвенная оценка параметров эффективности использования ВЭР.

5.4.1. Годовой экономический эффект от использования вторичных энергоресурсов определяется разницей затрат по сравниваемым вариантам с использованием и без использования ВЭР.

$$Э = З_{б.ут} — З_{ут} = С_{б.ут} — С_{ут} — Е\ (К_{ут} — К_{б.ут})\ руб./год, \qquad (31)$$

где индексы *"ут" и "б.ут"* обозначают варианты энергоснабжения с утилизацией ВЭР и без утилизации ВЭР соответственно;

З – затраты предприятия, *руб./год; С* – годовые эксплуатационные издержки, *руб./год; Е* – коэффициент эффективности капиталовложений; *К* – капиталовложения, *руб.*

Использование вторичных энергоресурсов экономически целесообразно при положительном значении годового экономического эффекта.

Выделяя в разности эксплуатационных затрат экономию топлива, выражение (31) для Э можно представить в следующем виде

$$Э = В_{эк}Ц_т - \Delta С - Е(К_{ут} – К_{б.ут})\ руб./год, \qquad (32)$$

где $В_{эк}$ — экономия топлива при использовании вторичных энергоресурсов, *т у.т./год*; $Ц_т$ — затраты на единицу сэкономленного топлива, *руб./т у.т.; ΔС* — разность затрат по эксплуатации систем энергоснабжения с утилизацией ВЭР и без утилизации (без топливной составляющей), *руб./год*.

Величина *ΔС* учитывает изменения затрат на рабочую силу, воду, электроэнергию, текущий ремонт, амортизацию, охрану окружающей среды и т. п.

5.4.2. Для обоснования целесообразности использования вторичных энергоресурсов на стадии перспективного планирования, а также для определения эффективности утилизации отдельных видов ВЭР экономические расчеты могут проводиться в более упрощенном виде с учетом укрупненных сопоставимых показателей только по конкретной утилизационной установке и энергетической установке, ею замещаемой. В этих расчетах для каждой утилизационной установки или группы утилизационных установок значение годового экономического эффекта может определяться по выражению

$$Э = В_{эк} \cdot Ц_т + Q_и \cdot С_з - S_у – Е \cdot (К_{уу} – \psi \cdot К_{зам}) + \Delta У\ \ руб./год \qquad (33)$$

где $В_{эк}$ — экономия топлива за счет использования ВЭР, *т у.т./год;* $Ц_т$ — цена сэкономленного топлива, *руб./т у.т.;* $Q_и$ — использование тепловых ВЭР, *Гкал(ГДж)/год*. При электроэнергетическом направлении использования в формулу подставляется годовая выработка электроэнергии,

кВтч/год; $C_з$—удельные эксплуатационные расходы на выработку единицы энергии в замещаемой установке без учета топливной составляющей, *руб./Гкал(ГДж)* или *руб./кВтч;* $S_у$—годовые эксплуатационные затраты по обслуживанию утилизационной установки, *руб./год;* $K_{уу}$ — капиталовложения в утилизационную установку, *руб.;* $K_{зам}$ — капиталовложения в замещаемую установку для выработки того же количества энергии, которое производится утилизационной установкой, *руб.;* ψ — коэффициент надежности при замещении мощности основных источников энергоснабжения утилизационной установкой. Коэффициент ψ определяют в зависимости от типа утилизационных установок по их гарантированной мощности с учетом надежности энергоснабжения. Если утилизационная установка ненадежна в эксплуатации и для обеспечения бесперебойного теплоснабжения ее мощность должна быть резервирована основной энергетической установкой, коэффициент ψ принимают равным нулю ($\psi = 0$), т. е. в этом случае не достигается экономия капиталовложений в замещаемые энергетические установки; $\Delta У$ — сокращение экономического ущерба, наносимого окружающей среде в результате уменьшения выбросов в атмосферу при утилизации ВЭР, *руб./год*. Расчеты экономического ущерба, причиняемого загрязнением окружающей среды вредными выбросами, выполняются на основе методики определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий .

5.4.3. Годовой экономический эффект от внедрения утилизационной установки на действующем предприятии определяется также по формуле (33). Для действующих предприятий, на которых потребность в энергии частично покрывается в результате использования вторичных энергоресурсов, а высвободившаяся энергетическая мощность не может быть использована для других целей, экономия затрат по замещаемой установке не достигается, поэтому годовой экономический эффект можно определить по упрощенной формуле

$$Э = B_{эк} \cdot Ц_т - S_у — E \cdot K_{ут} + \Delta У, \text{ руб./год.} \qquad (34)$$

5.4.4. Если действующая энергетическая установка полностью замещается использованием вторичных энергоресурсов и может быть демонтирована, годовой экономический эффект рассчитывается по формуле (33), но неамортизированная часть первоначальной ее стоимости должна добавляться к сумме капиталовложений в утилизационные установки.

В некоторых случаях утилизация ВЭР может обеспечивать также получение дополнительного технологического эффекта, величину которого следует добавлять к эффекту, полученному по формулам (33) или (34).

5.4.5. При разработке нового утилизационного оборудования экономическую эффективность его применения можно рассчитать также на основе методики определения экономической эффективности новой техники.

5.4.6. Для действующих предприятий рассчитывается также получаемый предприятием хозрасчетный экономический эффект ($Э_п$), который определяется как разность между приростом прибыли на предприятии за счет мероприятий по утилизации ВЭР и приведенными капиталовложениями, необходимыми для осуществления этих мероприятий

$$Э_п = \Delta П — E \cdot \Delta K_у \text{ руб./год,} \qquad (35)$$

где $\Delta П$ — прирост прибыли на предприятии за счет использования вторичных энергоресурсов, *руб./год;* $\Delta K_у$ — капиталовложения на осуществ-

ление мероприятий по использованию ВЭР, *руб.*

5.4.7. Прирост прибыли при использовании вторичных энергоресурсов достигается на предприятии за счет сокращения поставок топлива, поступления тепловой энергии и электроэнергии со стороны, либо реализации на сторону горючих ВЭР, а также тепловой энергии и электроэнергии, выработанных за счет ВЭР в утилизационных установках, и в общем случае может быть определен из формулы

$$\Delta П = \Sigma \Delta B_i Ц_i + \Delta Q Ц^т + \Delta W Ц^э - S_{ут} \pm \Delta C \text{ руб./год}, \qquad (36)$$

где ΔB_i — уменьшение поставок различных видов (i) топлива на предприятие в результате использования ВЭР или реализация на сторону горючих ВЭР, *т у.т./год;* $Ц_i$ — цена сэкономленного i-го вида топлива или отпускная цена горючих ВЭР, *руб./т у.т.;* ΔQ — сокращение потребления тепловой энергии со стороны или отпуск тепловой энергии на сторону за счет использования ВЭР, *Гкал(ГДж)/год; Цт* — заводская цена тепловой энергии, *руб./Гкал* или *руб./ГДж*; ΔW — сокращение потребления электроэнергии со стороны или отпуск электроэнергии на сторону за счет утилизации ВЭР, *кВт-ч/год;* $Ц_э$ — тариф на электроэнергию, *руб./(кВт-ч);* $S_{ут}$ — годовые эксплуатационные затраты по обслуживанию всех утилизационных установок и устройств, *руб./год;* ΔC — сопутствующее утилизации ВЭР уменьшение (+) или увеличение (-) эксплуатационных расходов по предприятию, не связанных с обслуживанием утилизационных установок, *руб./год*.

По формуле (36) определяется также прибыль, полученная предприятием в результате использования вторичных энергоресурсов в отчетном году,

5.4.8. Срок окупаемости капиталовложений на осуществление мероприятий по утилизации вторичных энергоресурсов определяется по формуле

$$T = \Delta К_у / \Delta П \text{ год}, \qquad (37)$$

где $\Delta К_у$ — капиталовложения, необходимые для осуществления утилизации ВЭР, *руб.;* $\Delta П$ — прирост годовой прибыли на предприятии в результате осуществления мероприятий по использованию ВЭР, *руб./год*.

5.4.9. Окончательный вывод о целесообразности вовлечения вторичных энергоресурсов в производство на действующем предприятии следует делать, исходя из величины годового экономического эффекта, рассчитанного по величине затрат в вариантах с использованием и без использования ВЭР.

5.5. После оценки экономической эффективности рекомендации классифицируются по трем категориям:

- беззатратные и низкозатратные – осуществляемые в порядке текущей деятельности предприятия;
- среднезатратные – осуществляемые, как правило, за счет собственных средств предприятия;
- высокозатратные – требующие дополнительных инвестиций, осуществляемые, как правило, с привлечением заемных средств.

5.6. Все энергосберегающие рекомендации располагаются по категориям, перечисленным выше, и в порядке понижения их экономической эффективности, что соответствует наиболее оптимальной очередности их выполнения.

5.7. Рекомендации по более полному и рациональному использованию ВЭР не должны снижать экологические характеристики работающего оборудования и технологических

процессов, уровень безопасности и комфортности рабочего персонала, качества и безопасности продукции.

5.8. Выходной информацией по этапу 5 является полный перечень рекомендаций по повышению эффективности использования ВЭР и снижению затрат на энергообеспечение, классифицированных по трем категориям в зависимости от величины необходимых затрат на их реализацию.

Этап 6.

6.1. В описательной части отчета представляется вся информация об обследуемом предприятии, имеющая отношение к вопросам использования вторичных энергоресурсов, а также общая характеристика предприятия.

6.2. В аналитической части приводятся физический и финансово-экономический анализ эффективности использования ВЭР, описываются энергосберегающие рекомендации и порядок их выполнения.

6.3. Сводная таблица энергосберегающих рекомендаций выносится в конец отчета и оформляется в виде общего резюме (выводов) по работе.

6.4. Отчет должен быть кратким и конкретным, все результаты работы и табличные материалы обследования следует выносить в приложения. Основные числовые данные (ассортимент выпускаемой продукции, структура энергопотребления, структура затрат на энергоносители и ряд других) представляются в виде таблиц и круговых диаграмм.

Управляющий НП «Группа Э3» Шибанов А.П.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Номенклатура вторичных энергоресурсов

№ п/п	Промышленность	Наименование ВЭР
1	2	3
		Горючие ВЭР
1.	Черная металлургия	Доменный газ, коксовый газ, конверторный газ, газ ферросплавных печей и др.
2.	Цветная металлургия	Отходящие газы шахтных печей и др.
	Нефтепереработка и нефтехимия	Горючие газы сажевого производства, абгазы в производствах мономеров для синтетических каучуков и номенклатурных материалов, абгаз в производстве синтетических спиртов, различные виды горючих отходов, получаемых в процессе переработки углеводородного сырья
3.	Целлюлозно-бумажная	Горючие остатки барды, древесные отходы, щелока (сульфатные, нейтрально-сульфатные, бисульфитные)
4.	Химическая	Отбросные газы конверторов СО, абгаз синтеза ацетилена, печной газ фосфорного производства, печной газ производства карбида кальция, хвостовой газ производства окиси этилена и др.
5.	Стройматериалов	Отходы древесины
6.	Лесная и дерево-обрабатывающая	Отходы лесозаготовок и деревообработки
		Тепловые ВЭР
1	Черная металлургия	*Производство агломерата*
		Физическая теплота уходящих газов агломерационных машин
		Доменное производство
		Физическая теплота: шлака, доменного газа, охлаждения доменных печей, охлаждения клапанов воздухонагревателей, уходящих газов воздухонагревателей
		Сталеплавильное производство
		Физическая теплота: шлаков, уходящих газов мартеновских печей, уходящих газов ферросплавных печей, уходящих газов электросталеплавильных печей, конверторного газа, охлаждения мартеновских печей, охлаждения кристаллизаторов установок непрерывной разливки стали
		Прокатное производство
		Физическая теплота: уходящих газов нагревательных колодцев и методических печей, охлаждения методических печей.
		Коксохимическое производство
		Физическая теплота: кокса, коксового газа, пека и других химических продуктов, уходящих газов коксовых печей уходящих газов печей для сжигания сероводорода, уходящих газов смолоперегонных кубов
		Производство огнеупоров , извести и прочие производства

		Физическая теплота: уходящих газов обжиговых печей (кроме кальциевых), уходящих газов вагранок, охлаждения вагранок

Продолжение приложения 1

1	2	3
2	Цветная металлургия	*Производство меди*
		Физическая теплота уходящих газов: обжиговых печей, отражательных печей, агрегатов для плавки во взвешенном состоянии, шахтных печей конверторов, анодных печей. Физическая теплота охлаждения печей (теплота кессонирования): обжиговых печей кипящего слоя (избыточная теплота слоя). Физическая теплота полупродуктов, промежуточных продуктов и шлаков.
		Производство никеля
		При плавке никеля из сульфидной медно-никелевой руды: физическая теплота уходящих газов обжиговых многоподовых печей, обжиговых печей кипящего слоя, отражательных печей, шахтных печей, печей кипящего слоя для обжига никелевого концентрата шлаковозгоночных печей, конверторов; физическая теплота охлаждения печей (теплота кессонирования), обжиговых печей кипящего слоя (водяное охлаждение), шахтных печей, шлаковозгоночных печей; физическая теплота шлаков отражательных печей, электропечей, шахтных печей, электропечей при восстановительной плавке. При плавке никеля из окисленных руд: физическая теплота уходящих газов спекательных машин, шахтных печей, печей кипящего слоя при обжиге никелевого файнштейна конверторов; физическая теплота охлаждения печей (теплота кессонирования) шахтных печей, печей кипящего слоя при обжиге никелевого файнштейна (водяное); физическая теплота шлаков шахтных печей.
		Производство свинца
		Физическая теплота уходящих газов спекательных машин, шахтных печей, шлаковозгоночных печей; физическая теплота охлаждения шахтных печей, шлаковозгоночных печей, котлов при рафинировании чернового свинца; физическая теплота шлаков шахтных печей, шлаковозгоночных печей
		Производство алюминия
		При производстве глинозема способом Байера: физическая теплота уходящих газов трубчатых вращающихся печей кальцинации гидроокиси алюминия; физическая теплота глинозема. При производстве глинозема способом спекания: физическая теплота уходящих газов трубчатых вращающихся печей спекания, трубчатых вращающихся печей кальцинации гидроокиси алюминия

1	2	3
2	Цветная металлургия	*Производство цинка*
		При производстве дистилляционным способом: физическая теплота уходящих газов печей кипящего слоя при обжиге, отражательных печей при рафинировании чернового цинка; физическая теплота шлаков горизонтальной реторты (раймовка), электропечей (раймовка), отражательных печей при рафинировании. При гидрометаллургическом способе: физическая теплота уходящих газов печей кипящего слоя при обжиге цинковых концентратов; физическая теплота слоя обжиговых печей кипящего слоя; физическая теплота огарка, клинкера, цинкового спека
3	Нефтепереработка и нефтехимия	*Переработка нефти*
		Физическая теплота продуктового потока; физическая теплота уходящих газов трубчатых печей, печей сжигания сероводорода, установок регенерации катализатора, установок для сжигания вредной органики; избыточная теплота установок регенерации катализатора; физическая теплота охлаждающей воды; выработка пара в технологических агрегатах
		Сажевое производство
		Физическая теплота сажегазовой смеси
		Производство синтетических каучуков
		Физическая теплота продуктового потока; физическая теплота уходящих газов реакторов и нагревательных печей, регенерации катализатора; пар вторичного вскипания
		Производство синтетических спиртов
		Физическая теплота продуктового потока реакторов прямой гидратации, пирогаза, уходящих газов печей пиролиза, водноспиртового конденсата, фузельной воды
		Производство азотных удобрений
		Физическая теплота конверсионного газа; физическая теплота охлаждающей воды промывочных ванн, конденсаторов смешения, теплообменников, выпарных установок, баратов, кнеттеров

1	2	3
4	Химия	*Производство аммиака*
		Физическая теплота уходящих газов трубчатых печей; физическая теплота охлаждающей воды; физическая теплота продукционных газов: колонн синтеза, конверторов природного газа и СО
		Производство слабой азотной кислоты
		Физическая теплота продукционных газов контактных аппаратов; физическая теплота хвостовых газов
		Производство аммиачной селитры
		Теплота конденсата; физическая теплота продукционных газов аппаратов ИТН
		Производство метанола
		Физическая теплота продукционных газов: конверторов природного газа, колонн синтеза; физическая теплота охлаждающей воды выносных теплообменников колонн синтеза
		Производство синтетических спиртов
		Физическая теплота: продуктов потока реакторов, уходящих газов отдельных установок
		Производство мочевины
		Физическая теплота продукционных газов колонн синтеза; физическая теплота охлаждающей воды шнековых кристаллизаторов; физическая теплота продукционных веществ (соковый пар): выпарных колонн, центробежных компрессоров сжатия, рециркулируемых газов
		Производство соляной кислоты
		Физическая теплота продукционных веществ печей синтеза; физическая теплота продукционных газов (хлористого водорода): печей-абсорберов, печей погружного горения
		Производство химических волокон
		Физическая теплота уходящих газов дивинильных печей; физическая теплота охлаждающей воды: промывочных ванн, конденсаторов смешения, теплообменников, выпарных установок, баратов, кнеттеров
		Производство карбида кальция
		Физическая теплота продукционного потока
		Производство ацетилена
		Физическая теплота пиролизного газа; физическая теплота уходящих газов радиационно-конвективных подогревателей кислорода и метана

1	2	3
4	Химия	*Производство серной кислоты*
		Физическая теплота продукционного газа: обжиговых печей КС, ВХЗ и серных контактных аппаратов
		Производство электролитической каустической соды
		Физическая теплота уходящих газов плавильных котлов каустика
		Производство каустической (химической) соды
		Физическая теплота феррита; физическая теплота уходящих газов: ферритных печей, плавильных котлов; физическая теплота конденсата
		Производство кальцинированной соды
		Физическая теплота уходящих газов: печей обжига известняка, кальцинационных содовых печей; физическая теплота отбросных продуктов (дистилляционных жидкостей) дистиллеров
		Производство фосфора
		Физическая теплота уходящих газов руднотермических печей; физическая теплота шлака; физическая теплота охлаждения установок сжигания фосфора и получения полифосфорной кислоты
		Прочие химические производства
		Физическая теплота продукционных газов; физическая теплота уходящих газов технологических печей и агрегатов; теплота охлаждения; теплота конденсата
5	Промышленность строительных материалов	Физическая теплота уходящих газов различных печей: туннельных, шахтных, вращающихся, вагранок, ванных и др.; физическая теплота охлаждения печей и др.
6	Газовая промышленность	Физическая теплота уходящих газов: компрессорных станций, трубчатых печей газопереработки; физическая теплота продуктовых потоков газопереработки

1	2	3
7	Целлюлозно-бумажная промышленность	Теплота пара, полученного в СРК; физическая теплота продукционных газов обжиговых печей КС, ВХЗ; физическая теплота продукционных газов серных печей; физическая теплота сдувок при периодической и непрерывной варке целлюлозы; физическая теплота паров вскипания при выдувке и вымывке целлюлозы; физическая теплота вторичного пара последних ступеней выпарных установок; физическая теплота уходящих газов известерегенерационных печей; физическая теплота паров вскипания конденсата от подогревателей варочных котлов; физическая теплота грязного конденсата выпарных установок; физическая теплота плава (поступающего из СРК в растворитель плава); физическая теплота паровоздушной смеси сушильной части бумагокартоноделательных машин; физическая теплота паровоздушной смеси сушильной части пресс-патов; физическая теплота паров вскипания конденсата бумагокартоноделательных машин
8	Машиностроение	Физическая теплота уходящих газов: плавильных печей, нагревательных печей, термических печей, сушильных установок, вагранок др.; физическая теплота мятого пара паровых молотов и прессов; физическая теплота загрязненного конденсата

Приложение 2.

Форма 1.

Объемы выпуска и реализации продукции 20_____г.

Структурное подразделение предприятия и вид выпускаемой продукции*	Продукция					Фактические расходы энергоносителей на единицу произведенной продукции**		
	Объем производства			Объем реализации				
	физический		стоимостной	физический	стоимостной	топливо (по видам)	тепловая энергия (по видам)	электроэнергия
	макс. возможн.	фактически произв.						

* Приводится вся номенклатура выпускаемой продукции
** При отсутствии сведений по видам энергоносителей допускается приводить данные по их совокупному расходу на единицу продукции
Форма 1 заполняется за каждый квартал года, принятого в обследовании

Приложение 2
Форма 2

Общая характеристика деятельности энергохозяйства в 200___г.*

Наименование показателей	Величина
1. Общее энергопотребление,** т у.т., в том числе	
1.1. топливо на технологические цели,***	
всего, т у.т., в том числе	
1.1.1. газ	
1.1.2. мазут	
1.1.3. уголь	
1.1.4. прочие (указать какие)	
1.2. тепловая энергия, всего, Гкал, в том числе	
1.2.1. пар, в том числе	
1.2.1.1. от собственных источников	
1.2.2. горячее водоснабжение, в том числе	
1.2.2.1. от собственных источников	
1.3. электроэнергия, всего, тыс. кВтч, в том числе	
1.3.1. от собственных источников	
2. Структура установленной мощности электропотребителей, кВт	
2.1. двигательная нагрузка	
2.2. технологическая нагрузка	
2.3. освещение	
2.4. прочие нужды	
3. Структура электропотребления, тыс. кВтч	
3.1. двигательная нагрузка	
3.2. технологическая нагрузка (в т.ч. на электролиз)	
3.3. освещение	
3.4. прочие нужды, всего, в том числе	
3.4.1. потери	
4. Цена и тарифы на покупные энергоносители	
4.1. топливо, руб./т у.т., в том числе	
4.1.1. газ	
4.1.2. мазут	
4.1.3. уголь	
4.1.4. прочие (указать какие)	
4.2. тепловая энергия, руб./Гкал, в том числе	
4.2.1. пар	
4.2.2. горячая вода	
4.3. электроэнергия (фактически за отчетный период), руб./кВтч	
4.3.1. тарифная ставка за заявленную мощность, руб./(кВт·год)	
4.3.2. тарифная ставка за потребленную электроэнергию, руб./кВтч	
5. Мощность в часы максимума энергосистемы, кВт	
5.1. заявленная по договору	
5.2. фактическая	
6. Заявленный по договору уровень электропотребления, тыс. кВтч	

* Общая энергетическая характеристика предприятия охватывает только производственное потребление (без субабонентов, коммунально-бытовых и других потребителей).

** Общее энергопотребление (А) рассчитывается *как* $A = B + (0,123W + 0,143Q)/1000$,
где В – топливо на технологические цели; W и Q – потребление электро- и тепловой энергии соответственно, *тыс. кВтч, Гкал*

*** за исключением топлива, идущего на выработку тепловой и электрической энергии

Форма 2 заполняется за каждый квартал и год, принятых в обследовании.

Приложение 2
Форма 3

Выход и использование вторичных горючих и тепловых энергетических ресурсов за 20____г.

1. Горючие вторичные энергетические ресурсы

Виды горючих ВЭР, их теплота сгорания, влажность и агрегаты (установки), являющиеся источниками их выхода	Удельный выход горючих ВЭР, кг у.т. / т продукции	Выход и использование горючих ВЭР, т у.т. / год					
		Годовой выход ВЭР	Использовано на предприятии		Отпущено на сторону		Потери
			в качестве топлива	на нетопливные нужды (указать какие)	в качестве топлива	на нетопливные нужды (указать какие)	
1	2	3	4	5	6	7	8

Приложение 2

Форма 4

2. Тепловые вторичные энергетические ресурсы

Виды ВЭР (энергоносители) и агрегаты (установки), являющиеся источниками выхода ВЭР	Выход ВЭР, тыс. Гкал / год	Выработка тепла, тыс. Гкал / год		Фактическое использование выработанного тепла, тыс. Гкал / год	Утилизационное оборудование: название, тип, производительность		Экономия топлива за счет использования ВЭР, тыс. т у. т. / год	
		возможная	фактическая		действующего	возможного к утановке	возможная	фактическая
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Приложение 2
Форма 5

Выход ВЭР по предприятию на 20_____ г.

Агрегат-источник ВЭР	Выход ВЭР,* Гкал	Составляющие выхода**				Конкретные причины недоиспользования ВЭР по предприятию	Предложения по улучшению использования ВЭР
		Q_I Гкал	Q_{II} Гкал	Q_{III} Гкал	Q_{IV} Гкал		
1	2	3	4	5	6	7	8
Итого по предприятию	горючие						
	тепловые						
	Избыточного давления						

* - выход ВЭР приводится с учетом возможного сокращения за счет установки регенерационного оборудования (рис. 1).
** - приняты в соответствии со схемой на рис. 1.

Приложение 2
Форма 6

Характеристика составляющих выхода ВЭР по агрегатам-источникам

Агрегат-источник ВЭР. Наименование составляющих выхода ВЭР.	Выход ВЭР	Составляющие выхода*				Причины не использования Q_{IV} по уровню 20 _____г. (обратить внимание на технические возможности)	Предложения по созданию нового утилизационного оборудования и совершенствован. действующего
		Q_I	Q_{II}	Q_{III}	Q_{IV}		
Единица измерения	Гкал	Гкал	Гкал	Гкал	Гкал		
1	2	3	4	5	6	7	8
Итого по агрегату-источнику	горючие						
	тепловые						
	Избыточного давления						

* - обозначения приняты в соответствии с рис. 1.

Приложение 2
Форма 7

Характеристика действующего и возможного к установке утилизационного оборудования

Агрегаты – источники и виды ТЭР	К-во однотипных агрегатов - источников		Установленное утилизационное оборудование		Необходимая модернизация и замена действующего утилизационного оборудования		Возможная установка утилизационного оборудования				Необходимая разработка новых типов утилизационного оборудования	
							Освоенных типов		Новых образцов			
	Всего	В т. ч. оборуд. утилиз. установками	Кол-во	Тип и его характеристика	Кол-во	Тип и характеристика нового оборудования	Кол-во	Тип и характеристика	Кол-во	Тип и характеристика	Кол-во	Тип и характеристика
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Всего по предприятию												

Приложение 2
Форма 8

Резервы предприятия по использованию ВЭР и характеристика возможных потребителей

Фактический резерв $Q_I^ф + Q_{II}^ф$			Возможный резерв $Q_{II}^в$, $Q_{III\ ном.}^{выр.}$			Дополнит. потребность предприятия в энергии $Q_{доп.}^{пред.}$			Составляющие $Q_{доп.}^{пред.}$ и их характеристика на базовый год							Дополнительная потребность в энергии ближайших потребителей $Q_{доп.}^{бл.потр.}$			Составляющие $Q_{доп.}^{бл.потр.}$ на базовый год					
									на выраб. пара с параметрами		на подогрев воды до t^o		на подогрев воздуха до t^o		на выраб. искусст. холода при помощи абсорбц. м-н				пар		вода		воздух	
Гкал / год			Гкал / год			Гкал / год			t_1= P_1=	t_2= P_2=	t_1=	t_2=	t_1=	t_2=		Гкал / год			t_1= P_1=	t_2= P_2=	t_1=	t_2=	t_1=	t_2=
базовый год			базовый год			базовый год										базовый год								

Приложение 2
Форма 9

Потребность предприятия в утилизационном оборудовании на 20_____ г.г.

Агрегаты – источники и виды ТЭР	Потребность в утилизационном оборудовании для недоиспользованых ВЭР	Потребность в утилизационном оборудовании для вновь вводимых агрегатов		Намечаемый ввод утилизационного оборудования						
				Всего		в т. ч. по годам, шт.				
		Кол-во	Тип и характеристика	Кол-во	Тип и характеристика					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Всего по предприятию										

Приложение 3

Показатели выхода и использования тепловых ВЭР

Наименование продукции или производства	Агрегат-источник ВЭР или технологический процесс	Наименование ВЭР и краткая характеристика	Удельный выход ВЭР на 1 т продукции (сырья), Гкал/ед.прод.	Удельная возможная выработка тепла за счет ВЭР на 1 т продукции (сырья) Гкал/ед.прод.	Способы утилизации, оборудование	
					Существующие	Перспективные
1	2	3	4	5	6	7
ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ						
Производство агломерата						
Агломерат (спек)	Агломерационная машина производительностью 50=500 т/ч	Уходящие газы t=100-200 °С, запыленность до 10 г/нм^3,	0,04-0,08 Гкал/т спека	0,03 Гкал / т спека	Не используется (низкий потенциал, высокая запыленность)	Нет данных (Н. Д.)
		горячий агломерат t=400-800 °С	0,1-0,2 Гкал/т спека	-	Не используется, нет технических решений	Н. Д.
Производство кокса						
Кокс 6% влажности	Коксовая печь	Раскаленный кокс t=1000 - 1200°С	0,33 Гкал / т.кокса	0,28 Гкал / т.кокса	УСТК (установка сухого тушения кокса)	Требуется разработка мокрого тушения кокса
		Уходящие газы после регенераторов коксовых батарей t=300°С	0,1… 0,24 Гкал / т.кокса	-	Не используется	Требуется разработка утилизационного оборудования
Производство чугуна						
Чугун	Доменная печь	Доменный газ t=270 - 400 °С запыленность 10 - 25 т / нм^3	0,2 Гкал/ т.чугуна	-	Не используется	Требуется разработка сухих способов очистки или теплообменников для запыленных газов
		Избыточное давление доменного газа 1,4 ати (печь до 2000 м^3): - 2,5 ати (печи более 2000 м^3)		50…60 кВтч/т.чугуна	Бескомпрессорные газовые утилизационные турбины (ГУБТ)	Турбины мощностью до 25 МВт
		Уходящие газы кауперов t=250- 400 °С	0,07 - 0,24 Гкал/т чугуна	-	Не используется (нет потребителей низкопотенциального тепла)	Требуется разработка систем утилизации с фреоновыми турбинами
		Шлак t=1400 °С	0,1 - 0,25 Гкал/ т.чугуна	0,1 Гкал/т.чугуна	Не используется (нет технических решений)	Требуются разработки по типу действующих в цветной металлургии
		Охлажд. конструкц. $t_{пара}$= 190 °С	0,1 Гкал / т. чугуна	0,06 Гкал / т.чугуна	СИО (система испарительного охлаждения)	СИО на параметры р=15 ата

1	2	3	4	5	6	7
Производство стали						
Сталь	Мартеновские печи (в т.ч. двухванные)	Уходящие газы t=650 - 700°С t=1450 °С (для двухванных печей) запыленность 1,5 - 8,0 т/нм^3	0,5…0,7 Гкал/т.стали	0,24 Гкал/т.стали	Котлы-утилизаторы	
		Охлаждение конструкций t=150 °С (водяное охлаждение) $t_{пара}$=190-250°С р=3,5 - 8 ата при СИО		0,13 Гкал / т.стали	СИО на параметры 3…18 ата	Унифицированные СИО
		шлак t=1500-1650°С	0,06 - 0,07 Гкал/ т.стали		Не используется (нет технических решений)	Требуются разработки по типу действующих в цветной металлургии
	Электросталеплавильные печи (средняя емкость 50 т)	уходящие газы t=1000 °С t=1300 °С	0,1…0,2 Гкал/ т.стали 0,8 Гкал / т.стали	-	Не используется	Требуются разработки
	Кислородные конверторы (емкость 50…350 т)	конверторный газ t=1570 °С запыленность до 300 г/нм^3	0,04… 0,14 Гкал/ т.стали	0,04… 0,05 Гкал/ т.стали	Котлы-охладители (ОКГ) радиационного и конвективного типа	ОКГ без дожигания с применением тепловых аккумуляторов
	Прокатное производство					
	Нагревательные колодцы	Уходящие газы t=360-700 °С (после рекуператоров)	0,1…0,2 Гкал / т. заготовок	0,03 Гкал / т. заготовок	Теплофикационные экономайзеры (используются редко из-за периодичности выхода из низкой температуры)	Требуются разработки
	Нагревательные печи (методические, кольцевые с шагающим подом и др.)	Уходящие газы t=1250…1350 °С (сортовые станы) t=1500 °С (трубосварочные станы)	0,2… 0,35 Гкал / т. заготовок	0,1 Гкал / т. заготовок	Котлы-утилизаторы	Объединение поверхностей нагрева КУ и СИО в единую систему с выработкой пара энергетических параметров
		Охлаждение конструкций $t_{воды}$=50°С СИО р=6 - 45 ата t=250 °С	0,6… 0,11 Гкал / т. заготовок	0,06… 0,09 Гкал / т. заготовок	СИО	

1	2	3	4	5	6	7
Производство ферросплавов						
Ферросплавы	Электропечь	Уходящие газы t=250-800°С (после печи) запыленность 10…90 г / нм^3 t=20 - 50 °С после мокрой очистки)	0,18 Гкал / т	-	Не используется (высокая запыленность)	Требуется разработка сухой очистки
Производство огнеупоров, извести						
1. Шамот (сырье)	Вращающиеся печи (производ. 7…23 т / ч)	Уходящие газы t=500-600 °С	0,4 Гкал / т	0,25 Гкал / т	КУ	
2. Доломит (сырье)		t=700-900 °С	1,5 Гкал / т	0,9 Гкал / т	КУ	
Производство извести	Вращающиеся печи	t=700 °С запыленность до 45 г / нм^3	1,0-1,3 Гкал / т.изв.	0,2…0,5 Гкал / т.изв.	КУ	Требуется разработка сухой очистки газов после КУ
ЦВЕТНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ						
Производство глинозема						
Глинозем	Вращающиеся печи прокаливания (кальцинации)	Уходящие газы t=230 - 270 °С запыленность до 100 г / нм^3 (после теплообменников для подогрева сырья)	0,1- 0,18 Гкал / т	-	Не используется (низкий потенциал, высокая запыленность). Нет технических решений	Требуется разработка по использованию низкопотенциальных запыленных потоков
	Тепло продукта	t=200- 400 °С (за холодильником)	0,05 - 0,1 Гкал / т	-	Не используется (низкий потенциал). Нет технических решений	Требуются разработки
	Вращающиеся печи спекания	Уходящие газы t=350 - 450 °С запыленность до 100 г / нм^3 (после подогревателей)	0,2 - 0,3 Гкал / т	-	Не используются (высокая запыленность). Нет технических решений	Требуются разработки по использованию запыленных потоков
	Батареи выщелачивания с выпаркой	охлаждающая вода t=40…50 °С	0,15 Гкал / т	-	Не используется (низкий потенциал)	В системах вентиляции
Производство меди						
Обожженная руда (огарок)	Печь КС 50…60 т / ч концентрата	Уходящие газы t=700 - 950 °С запыленность 250…350 г / нм^3 SO_2=9…11%	0,2…0,3 Гкал / т.конц.	0,15 Гкал / т.конц.	Стояки воздушного охлаждения.	КУ с эффективными системами очистки
		Тепло охлаждения элементов печей t=40-50 °С (техн. вода) $t_{пара}$=200…250 °С р=3…16 ата	0,11- 0,14 Гкал/ т.конц.	0,02 Гкал / т.конц.	СИО	Внедрение СИО на давление пара ата

1	2	3	4	5	6	7
Медный штейн	Отражательная печь	Уходящие газы t=1200… 1300 ^{0}C запыленность до 50 г / нм^3 SO_2=1…2%	1,8 - 4 Гкал / т.штейн.	0,8 Гкал / т.штейн.	КУ	Унифицированные серии котлов
		Шлак t=1250°C	0,3 - 0,4 Гкал/ т.шихты		Не используются	Требуются разработка
		Тепло продукта (штейна) t=1250 ^{o}C	0,1…0,2 Гкал / т.шихты	-	Не используются	Требуются разработки
		Тепло охлаждения конструкций t=50 ^{o}C СИО пар p=3 - 16 ата	0,1 - 0,25 Гкал / т.шихты			
	Руднотермические печи (средняя производительность 900…1200 т.конц / сутки)	Уходящие газы t=1300 ^{o}C запыленность до 50 г / нм^3 SO_2 до 7%	0,04 Гкал / т.шихты		Не используется	НД
		Шлак t=1360 - 1500 ^{o}C	4 Гкал/ 1 агр.	0,5 Гкал / т.шихты	Не используется	Требуется разработка утилизационных установок
		Тепло охлаждения конструкций t=50 ^{o}C	0,1 Гкал/ т.шихты	-	Не используется	Требуется разработка СИО кессонов шлакового пояса и футеровки
Необожженный концентрат (шихта) медный штейн	Печь взвешенной плавки (КВП) и кислородно-факельной плавки (КФП) (пр-ть 600 -1500 шихты / сутки)	Дымовые газы t=1200 …1300 ^{o}C (КВП) запыленность до 500 г / нм^3 SO_2 до 75%	для КВП – 0,5 Гкал / т.конц. для КФП – 0,2 Гкал / т.конц.	для КВП – 0,2 Гкал / т.конц. для КФП – 0,1 Гкал / т.конц.	КУ типа КУКП 10/40 $t_{ух}$=400 ^{o}C	Котлы РКА-10/40; РКА-20/40; ОГ-КФП-35/100; ОГ-КФП-50/100.
		Тепло шлака t=1250… 1300 ^{o}C	~8 Гкал /ч		Не используются (нет технических решений)	Н. Д.
		штейн t=1200 ^{o}C	0,12 Гкал / т.шихты		Не используются (нет технических решений)	Н. Д.
		тепло охлаждаемых конструкций t=50 ^{o}C	0,15… 0,2 Гкал /т.шихты		Не используются	СИО огнеупорной кладки на 40 ата
Черновая медь, рафинированная медь	Анодный и вайербарсовые (пр-ть 12-15 т черн. меди / ч)	дымовые газы t=1200… 1300 ^{o}C запыленность до 140 г / нм^3	0,5 Гкал / т черн. меди	0,3 Гкал / т черн. меди	КУ типа "Стирлинг" КУЦМ-6/14	Высокотемпературные радиационные рекуператоры
		тепло конструкций вода t=50 ^{o}C; насыщенный		0,07 Гкал / т черн. меди		

1	2	3	4	5	6	7
Штейн Черновая медь	Конвертор емкостью 40…100 т	Пар СИО p=6 - 13 ата			СИО	
		Дымовые газы t =1000 - 1300 °С Запыленность до 50 г/нм^3 SO_2=12 - 18%	0,45 Гкал/т штейна	1,5 Гкал/т меди	КУ типа РКК	Котел РКК-20/40
		Тепло шлака, t=1200°С	0,43 Гкал/т штейна		Не используется	Требуется разработка технических решений
		Тепло охл. конструкций	0,2 Гкал/т штейна	0,1 Гкал/ т штейна	СИО	
Производство свинца						
Концентрат черновой свинец	Шахтная печь (производительность 450 -650 т/сутки)	Дымовые газы t=200…600 °С Запыленность 12 г/нм^3; SO_2=0,2% CO=10 -12%	0,25 Гкал/т конц.		не используется	Воздухоподогрев с дожиганием СО
		Тепло шлака t=1200 °С	0,4Гкал/т конц.	0,3 Гкал/т свинца	не используется	требуется разработка
		Тепло охл. конструкций t=50°С (приточн. вода) t=170°С; p=8…13 ата (испарит. охлажд.)	0,8Гкал/т свинца		СИО	СИО кессонов шахты и шатра
Шлак возгоны свинца	Фьюменговая печь (пр-ть 400…600 т/сут. шлака)	Дымовые газы t=1200… 1300 °С Запыленность до 250 г/нм^3; SO_2=0,7…. 1%	9…40 Гкал/ч	0,5 Гкал/т свинца	КУ	Унифициров. серии КУ типа РК Внедрение ЭТА (КУ и СИО)
		Тепло шлака t=1200… 1250°С	11 Гкал/ч		не утилизируется	Требуются разработки
		тепло охл. конструкций $t_в$=50°С $t_{пара}$=190°С p=13 ата	1 Гкал/ч		СИО	СИО кессонов шахты и шатра
Производство цинка						
Сульфидный концентрат огарок	Печь КС пр-ть 130…180 т.конц./сутки	Дымовые газы t=850… 900 °С Запыленность до 350 г/нм^3; SO_2=10 - 15%	0,6 - 0,8 Гкал/т. конц.	0,4 - 0,8 Гкал/т.конц	КУ	Унифицированная серия КУ
		тепло охл. конструкций $t_в$=50°С $t_{пара}$=250°С p=40 ата	0,1 Гкал/т. конц.	0,1 Гкал/т. конц	СИО	
		Дымовые газы	2 Гкал/т.			
Кеки возгоны цинка и других металлов	Трубчатая вельцпечь пр-ть 100-200 т.шихты/сут.	t=600 - 800 оС Запыленность 160 г/нм3; SO_2=0,5%	кеков	1,2 -1,4 Гкал/т. кеков	КУ	Унифицированные КУ

1	2	3	4	5	6	7
Производство никеля						
Медно-никелевая шихта	Отражательная печь	Дымовые газы t=1200 °С Запыленность до 100 г/нм^3	0,6 Гкал/т. шихты	0,4 Гкал/т. агломерата	КУ	Унифицированные серии КУ
		тепло охл. конструкций $t_в$=50 °С $p_{пара}$=3-16ата	0,1 Гкал/т. шихты		СИО	
Концентрат штейн	Печь взвешенной плавки	Дымовые газы t=1300°С, запыленность –500 г/нм^3; SO_2 – 80%	0,24 Гкал/т конц.	0,15 Гкал/т агломерата	КУ	КУ типа РКА на Р=40 ата
		Тепло охлажд. конструкций $t_в$=50 °С	0,1 Гкал/т конц.		не утилизируется	СИО огнеупорной кладки
		Тепло шлака t=1250 °С	0,25 Гкал/т конц.		не используется	Требуются технические разработки
Руда или концентрат медно-никелевый штейн	Руднотермическая печь 750-2000 т шихты /сутки	Дымовые газы t=1350°С, запыленность до 50 г/нм3; $SO_2 \approx 4\%$	0,2 Гкал/т рудн.	0,17 Гкал/т рудн.	не используются	
		Тепло шлака t=1300 °С	0,4 Гкал/т конц		не используется	Требуются технические разработки
		Тепло охлажд. конструкций t=50°С	0,05 Гкал/ т шихты		не используется	Разработаны СИО кессонов шлакового пояса и футеровки
Штейн никелевый файнштейн	Конверторы емкостью 40…100 т	Дымовые газы, t=1000-1250°С, запыленность до 50 г/нм^3, SO_2 = 7 - 16%	0,4 Гкал/т штейна	0,25 Гкал/т штейна	КУ типа РКК	Унифицированная серия КУ типа РК совместно с напыльником
		Тепло шлака t=1200 °С	0,6 Гкал/т штейна		не используется	Требуются технические разработки
		Тепло охлажд. конструкций Р=13 ата; t ≈ 190 °С	0,12 Гкал/т штейна		СИО напыльников	
Файнштейн огарок	Печь К. С.	Дымовые газы, t=900…1100 °С, запыленность до 100 г/нм^3, $SO_2 \approx 10\%$	0,4 Гкал/т штейна	0,1…0,2 Гкал/т файнштейна	КУ	Унифицированные серии типа РККС
		Тепло охлажд. конструкций Р=16 ата; $t_в$ = 50 °С $t_п$ = 250 °С	0,2 Гкал/т штейна		СИО	СИО на 40 ата

1	2	3	4	5	6	7
ХИМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ						
Производство аммиака						
Аммиак (схема с промывкой жидким азотом, 280 - 300 т / сутки)	Конвертор метана и окиси углерода	Конвертированный газ, t=1350 - 1400 °С (высокотемпературной конверсии природного газа); t=750 - 950 °С (одноступенчатая каталитическая конверсия природного газа); t=440 °С (за конвертором окиси углерода)		0,4 - 0,7 Гкал/т аммиака	КУ и регенеративное использование в технологической схеме	
	Колонна синтеза	Синтез-газ t=470 - 490 °С		0,12 - 0,27 Гкал/т аммиака	КУ , регенеративное использование	
Аммиак (производство в агрегатах мощностью 600 т / сут)	Трубчатая печь	Дымовые газы, t = 1035 °С, t = 200 °С,	1,65 Гкал /т 0,4 Гкал/ т (при t = 200 °С)	1,0 Гкал/т аммиака	Подогрев природного, парогазовой смеси и воздуха, КУ с экономайзером	Контактные теплообменники для использования уходящих газов t = 200 °С
	Конвертор метана и окиси углерода	Конвертированный газ, t = 800 °С	0,512 Гкал/т аммиака	0,512 Гкал/т аммиака	КУ, регенеративное использование в технологической схеме	
Аммиак (производство в агрегатах мощностью 1360 т / сут)	Трубчатая печь	Дымовые газы, t = 1000 - 1070 °С, t = 200 °С,	2 Гкал/т аммиака 0,4 Гкал/т аммиака (при t = 800 °С)	1,6 Гкал/т (с использованием технологии)	Использование в технологической схеме	Контактные теплообменники для использования уходящих газов t = 200 °С
	Конвертор метана и окиси углерода	Конвертированный газ, t = 980 - 1000 °С (за конвертором метана), t = 400…500 °С (за конвертором окиси углерода)	Н. Д.	0,13 - 0,38 Гкал/т аммиака	КУ, использование в технологии	
Производство слабой азотной кислоты						
Слабая азотная кислота (старые схемы под атмосферным давлением)	Контактный аппарат	Нитрозные газы, t = 800 - 850 °С	Н. Д.	0,74 Гкал/т	КУ (насыщенный пар)	КУ с перегретым паром Р=4 ата; t=450 °С
Слабая азотная кислота (схема с давлением в абсорбции 3,5 ата)	Контактный аппарат	Нитрозные газы, t = 800…850 °С	Н. Д	0,7 Гкал/т	КУ (насыщенный пар)	
	Абсорбционная колонна – газовая турбина	Дымовые уходящие газы t=145 °С (за газовой турбиной)	Н. Д	0,085 Гкал/т кислоты	Нет технических решений	Требуются технические разработки

1	2	3	4	5	6	7
Слабая азотная кислота (схема с давлением в абсорбции 7,3 ата, производительностью 350 т /сутки)	Контактный аппарат	Нитрозные газы, t = 800…850 °С	Н. Д	1,1 Гкал/т 0,5	КУ (насыщенный пар, Р=13 ата), подогрев хвостовых газов КУ (за газовой турбиной)	
	Абсорбционная колонна – газовая турбина	Отработанные (хвостовые) газы, t = 400 °С		Гкал/т (при t = 110 °С); 0,1 Гкал/ т (при установке экономайзера)		Установка экономайзера за КУ – контактные теплообменники
Производство карбамида						
Карбамид	Колонна синтеза	Паровой конденсат, t = 97 °С	0,14 Гкал /т карбамида	0,06 Гкал /т карбамида	Не используется (конденсат загрязнен солями железа)	
Производство метанола						
Метанол	Трубчатые печи	Дымовые газы, t = 1000 °С, t = 200 °С	5 Гкал/т метанола	3 Гкал/т метанола	КУ и регенераторы в технологических схемах	Увеличение поверхности для использования $t_{ух}$ = 200 °С
Производство фосфора						
Желтый фосфор	Руднотермические печи	Физическое тепло шлака t = 1440 °С	3 Гкал/т шлака	4,6 - 5,5 Гкал/т шлака	Не используется, нет технических решений	Требуется разработка схем грануляции для подогрева воздуха и воды
Фосфорная кислота	Циклонная печь	Продукты сгорания фосфора и теплогидротации t = 2000 °С	6,3 Гкал/т фосфора	2,8 Гкал/т фосфора	Не используется, нет технических решений	Требуется разработка новых энерготехнологических схем
Обесфторенные фосфаты	Прокалочные вращающиеся печи	Дымовые газы, t=700 °С	1,1 Гкал/т фосфата	0,8 Гкал/т фосфата	КУ	
	Циклонные печи	Дымовые газы, t=1500-1550 °С	2,6 Гкал/т	1,8 Гкал/т	КУ	
Сернокислотное производство						
Серная кислота	Обжиговые печи, энерготехнологические агрегаты	Сернистый газ при сжигании серы t=1000 - 1100°С	0,72 Гкал/т мнг	0,44 Гкал/т мнг	КУ (пар энергетических параметров)	мнг – моногидрат
		Сернистый газ, при обжиге серного колчедана: t=850 °С	0,75 Гкал/т мнг	0,46 Гкал/т мнг	КУ (пар энергетических параметров)	
	Контактные аппараты	Физическое тепло контактирования, t=400…500 °С	0,21… 0,24 Гкал /т мнг	0,06… 0,22 Гкал /т мнг	Теплообменники, встроенные в контактные аппараты	
	Абсорберы	Серная кислота, t=230-300 °С	0,32 - 0,36 Гкал /т мнг	0,1 Гкал/т мнг	Не используется	Требуется разработка конденсатора кислоты

1	2	3	4	5	6	7
Производство кальцинированной соды						
Сода кальцинированная (аммиачный метод)	Содовые печи с внешним обогревом	Дымовые газы, t = 400 - 450 °С	0,16 - 0,2 Гкал /т	Н. Д.	Не используется	Требуются технические разработки
Вода кальцинированная	Паровые кальцинаторы	Конденсат , t = 240 °С	0,2 Гкал/т	Н. Д.	Используются в расширителях для получения пара вторичного вскипания	
	Колонны дистилляции	Дистиллерная жидкость t = 110 - 113 °С	0,7 - 0,8 Гкал /т	Н. Д.	Используются для производства высокотемпературного холода, системы отопления и горячего водоснабжения, теплично – парниковых комбинатов	
НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩАЯ И НЕФТЕХИМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ						
Первичная переработка нефти						
Сырая нефть	Установка ЭЛОУ-АТ-6	Дымовые газы, t=350-450 °С	0,06 Гкал/т	0,02 - 0,03 Гкал /т	Воздухоподогреватель (ВП)	
	Установка ЭЛОУ-АВТ-6	Дымовые газы, t=400…450 °С	0,105 Гкал/т	0,05… 0,06 Гкал /т	КУ	
	Установка депарафинизации	Дымовые газы, t=470 °С	0,065 Гкал/т	0,035 Гкал/т	Дымогарные котлы АНК-301	
	Каталический риформинг					
	Установки ЛГ-35-8/300Б Л-35-11/300-95 Л-35-11/ 600 Л-35-11/ 600-68 Л-35-11/ 1000	Дымовые газы t=450 - 500 °С t=500 - 520 °С t=400 - 450 °С t=600 - 500 °С t=400 - 500 °С	[Гкал / т] 0,35 0,29 0,26 0,315 0,21	[Гкал / т] 0,12 0,19 0,1 - 0,2 0,21 0,13	 ВП ВП или КУ ВП или КУ КУ КУ	
	Гидроочистка					
	Установки: Л-24-6 Л-24-7	Дымовые газы t=300 °С t=330 - 430 °С	[Гкал / т] 0,102 0,035-0,04	[Гкал / т] 0,03 - 0,04 0,012	 ВП ВП	
Производство синтетического каучука						
Дивинил (двухстадийное дегидрирование Н-бутана)	I стадия дегидрирования	Контактные газы t=580 °С Газы регенерации t=655 °С	0,57 Гкал / т 0,15 Гкал / т		КУ КУ	Установки контактных экономайзеров после КУ
	II стадия дегидрирования	Контактные газы t=530 °С Газы регенерации t=530 °С	3,5 Гкал / т 0,57 Гкал / т		КУ КУ	
Дивинил (одностадийное дегидрирование)	Одностадийное дегидрирование Н-бутана	Контактные газы t=540 °С Газы регенерации t=650 °С	4,1 Гкал / т		КУ	
Дивинил (из спирта)	Печи разложения этилового спирта	Контактные газы t=380 °С	0,63 Гкал / т		КУ	

1	2	3	4, 5		6	7
Изопрен	Двухстадийное дегидрирование изопрена	I стадия Контактные газы t=490 °С Газы регенерации t=650 °С	0,48 Гкал / т 0,35 Гкал / т		КУ КУ	
		II стадия Контактные газы t=610 °С Газы регенерации t=610 °С	5,36 Гкал / т 0,72 Гкал / т		КУ КУ	
Изопрен	Одностадийное дегидрирование изопрена под вакуумом	Контактные газы t=565 °С Газы регенерации t=620°С Дымовые газы t=450 °С	4,55 Гкал / т 1,2 Гкал / т		КУ Не используются	КУ, подогрев воздуха
Изопрен (конденсация изобутилена и формальдегида)	Дегидрирование	Контактные газы t=530 °С Газы регенерации t=640°С Дымовые газы t=400 °С	0,55 Гкал / т 0,13 Гкал / т 0,5 Гкал / т		КУ КУ Не используются	КУ, подогрев воздуха
Стирол	Дегидрирование этилбензола	Этилбензоловый пар Контактные газы t=595 °С Дымовые газы t=450 °С	0,43 Гкал / т 1,8 Гкал / т 0,24 Гкал / т		КУ КУ КУ	
Производство этилена						
Этилен	Процесс пиролиза: трубчатые печи	Дымовые газы t=400…450 °С Пиролизный газ t=700…800 °С	2,5…3 Гкал/ т	0,8 Гкал/ т	КУ Не используется из-за большого содержания смолистых веществ	Закалочно-испарительные аппараты, спец. КУ
Производство технического углерода						
Технический углерод	Реактор циклонного типа	Отходящие газы t=700 °С	0,8…4,2 Гкал/ т		Подогреватели воздуха	
ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ						
Производство сульфатной целлюлозы						
Сульфатная целлюлоза (СаЦ)	Варочный котел непрерывн. Или период. действия	Физ. Тепло щелока t=100…120 °С Парогазовая смесь сдувок t=120…130 °С	0,06…0,12 Гкал/ т СаЦ	0,8…0,9 Гкал/т (реген.) и 0,1…0,2 в т/о 0,05…0,1 Гкал/т СаЦ	Часть тепла используется в теплообменниках для нагрева воды Нагрев воды до 70 °С в т/о поверхностного типа "Розенблат"	Тепло щелока используется в технологических процессах
		Чистый конденсат t=160 -180 °С	0,15 Гкал/ т СаЦ	0,15 Гкал/ т СаЦ (непрерывн. варка) 0,3 Гкал/ т СаЦ (периодичн. Варка	Расширители, возврат на ТЭЦ	

1	2	3	4	5	6	7
		Пары вскипания черного щелока t=100 °С	0,18 Гкал/ т СаЦ	0,15 Гкал/ т СаЦ	Подогрев технологич. воды до 70 °С в конденсаторе	
		Грязный конденсат паров выдувки t=90 - 100 °С	1,1 Гкал/ т СаЦ	0,6 Гкал/ т СаЦ	Для нагрева воды до 70 °С	
Щелок 90%	Выпарные аппараты	Вторичный пар из посл. ступени, охлаждаемый водой t=40 °С	0,08 Гкал/ т щелок	0,6 - 1,0 Гкал/ т щел.	Не используется	
		Чистый конденсат t=100 °С	0,02 Гкал/ т щел.	0,15 Гкал/ т щел.	Подогрев техн. воды, возвращ. на ТЭЦ	
	Сушильная часть пресспатов	Паровоздушная смесь t=70 °С	1 - 1,3 Гкал/ т щел.	0,5 Гкал/ т щел.	Регенеративное использование для нагрева сушильного воздуха	
Бумажное полотно	Сушильная часть бумагоделательной машины	Паровоздушная смесь t=50 - 70 °С	1,5 Гкал/т бум.	0,6 - 0,8 Гкал/т бум.	Теплорекуператоры (ТРА) для нагрева воды и воздуха	
		Чистый конденсат t=100 -130 °С	0,3 Гкал/т бум.	0,3 Гкал/т бум.	Возвращается на ТЭЦ	
Щелок	Содорегенерационный котел СРК	Тепло продувки t=250 °С	0,15 Гкал/ т щел.	0,12 Гкал/ т щел.	Теплообменники для подогрева воды	
		Тепло парогазовой смеси из бака растворителя плава t=70…105 °С	0,15 Гкал/ т щел.	0,3 - 0,4 Гкал/ т щел.	Скруббер-подогрев воды до t=55 °С	
		Физ. тепло уходящих газов после электрофильтра t=125 °С	0,4 Гкал/ т щел.	0,3 - 0,4 Гкал/ т цел.	Скруббер-подогрев воды до t=55 °С	
Серная кислота	Печи для сжигания серы	Уходящие газы t=1000 - 1300°С	0,4 Гкал/ т цел.	1,7 Гкал/т серы	Скрубберы и теплообменники для нагрева воды до t=55 °С	
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ СТРОЙМАТЕРИАЛОВ						
Производство цемента						
Цемент	Вращающаяся цементная печь	Уходящие газы t=700…900 °С t=200…400 °С на выходе из запечных т/о	0,1 - 0,4 Гкал/ т	0,04 Гкал/ т клинкера	Не используется	Теплоутилизаторы загрязн. газа
		Тепло излучения корпуса печи t=250 - 400 °С	0,021-0,04 Гкал/ т	0,006 Гкал/ т клинкера	В основном не используется, нет серийно выпускаемого оборудования	
		Тепло клинкера t=80…450 °С (после холодильника)	0,21 Гкал/т	0,19 Гкал/т	После холодильника не используется	Требуются технические разработки

1	2	3	4	5	6	7
Производство стекла						
Стекло	Горшковые печи	Уходящие газы t= 1300 - 1500 °С		250 - 300 0,1 ккал/т стекломассы	Теплообменники, КУ	
	Ванные регенеративные	t=1200 - 1300 °С (после печи)		280 ккал/т стекломассы		
Производство стеновых материалов						
Стеновые материалы (мин. вата, известь)	Вагранка для плавки минерального сырья	Уходящие газы t= 500 - 800 °С		0,334	Не используется	
Известь	Печи обжига извести	Уходящие газы t= 100…400 °С	0,116 Гкал/т	0,081 Гкал/т	Не используется	Теплообменники типа ОВА
ГАЗОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ						
Транспорт газа КС магистральных газопроводов	Газоперекачивающие агрегаты	Отходящие газы при t, °С:		Гкал / ч	Утилизационный теплообменник	
	ГТ-700-5	283		2,2	-- " –	
	ГТК-5	283		2,2	-- " –	
	ГТ-750-6	302		3,1	--" –	
	ГТ-6-750	415		5,8	-- " –	
	ГТН-6	415		6,5	-- " –	
	ГПА-Ц-6,3	410		5,5	-- " –	
	ГТК-10	294		6,7	-- " –	
	ГПА-10	385		3,4	-- " –	
	ГТН-16	408		13,0	-- " –	
	ГТН-25	385		5,4	-- " –	
	ГТН-10И	570		6,2		
ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ						
Масло растительное	Сушка семян, прессование, экстракция, рафинация	Тепло бинарной смеси, масла, конденсата, парогазовой смеси t= 40 - 130 °С		0,4 Гкал/ т масла	В наст. время исп-ся 10% от выхода в т/о для нагрева сырья	
Маргарин, майонез	Подогрев молока, воды	Конденсат, вторичный пар t= 90 - 120 °С		0,35 Гкал/ т	Не используется	
Саломас	Гидрогенезация жиров	Теплопродукции, конденсата t= 70 - 100 °С		0,4 Гкал/ т	На некоторых предприятиях исп-ся в т/о для нагрева жиров	
Глицерин	Дистилляция жирных кислот	Паровоздушная смесь, конденсат t= 90…110 °С		1,3 Гкал/ т	Не используется	
Мыло	Разогрев жиров, сушка мыла	Парогазовая смесь, конденсат t= 90 °С		0,3 Гкал/ т	Не используется	

1	2	3	4	5	6	7
Сахар-песок	Многократные выпарные установки (МВУ)	Вторичный пар t= 70 - 100 °С		0,2 Гкал/ т	Регенеративное использование в технологической схеме	
		Конденсат острого пара t= 100 - 130 °С		0,07 Гкал/ т	На питание паровых котлов	
		Конденсат вторичного пара t= 70…90 °С		0,07 Гкал/ т	50% от выхода используется на технологические нужды	
МАШИНОСТРОЕНИЕ						
Сталь	Мартеновские печи (емкость 18…90 т садки)	Уходящие газы t= 600 °С Запыленность 10…15 г/ нм^3	0,4 - 0,5 Гкал/ т ст (после рекуператора)	0,37 Гкал/ т ст.	После рекуператоров не используются	Установка КУ-16, 40; ЭКБ-1
		Охлаждение конструкции t= 40 °С t= 190 - 250 °С p=3,5 - 1,8 ата при СИО		0,29 Гкал/ т ст. в СИО	СИО, теплоохлаждающей воды не исп-ся	Унифицированные СИО
Чугун	Вагранки (3 - 10 т/ч чугуна)	Уходящие газы t= 500 - 700 °С (до очистки) t= 200 - 300 °С (после очистки)		0,35 (хим. и физ. тепло) 0,06 (физ. тепло) от t= 350 °С до 200 °С	Воздухоподогреватели различного типа	Использование по схеме: КУ→В / П → камера дожигания→ В/ П
Нагрев заготовок	Нагревательные печи производительностью 300…20000 кг/ ч	Уходящие газы t= 600 - 1300 °С (после печи) t= 300 - 700 °С (после рекуператора)		0,3 - 0,7 Гкал/т 0,2 - 0,5 Гкал/т	Рекуператоры Не используется	Требуются разработки комплексных систем утилизации

Приложение 4
(информационно-справочное)

Повышение степени использования вторичных энергоресурсов

Агрегаты-источники ВЭР	Мероприятия	Возможная экономия топлива, энергии
1	2	3
нефтеперерабатывающая промышленность		
трубчатые печи	утилизация тепла уходящих газов печей	20…50 тыс. ккал / т сырья
установка ГФУ-82	использование тепла конденсации паров бутановой и изобутановой колонн для нагрева низа изобутановой колонны	82 тыс. Гкал / год
ЛГ-35/11-300 (каталитический риформинг)	обогрев низа колонны К-4 теплом бензиновой фракции	5,3 тыс. Гкал / ч
машиностроение		
нагревательные печи (производительностью 300…20000 кг / ч)	утилизация физического тепла уходящих газов при помощи котлов-утилизаторов, подогревателей воздуха	топливо до 20…25%
термические печи (производительностью 150…9000 кг / ч)	утилизация физического тепла уходящих газов в рекуператорах	топливо до 15…20%
нагревательные и термические печи	использование тепла уходящих газов для нагрева воздуха тепловых завес	до 50% от теплозатрат на тепловые завесы
паровые прессы и молоты	утилизация тепла отработанного пара в утильбойлерных отопительных установках	теплоэнергия до 75%
промышленность строительных материалов		
стекловаренные печи	внедрение термосифонных котлов-утилизаторов (ТКУ) за печами небольшой мощности	50…70 т у.т. / год на один котел
стекловаренные печи	внедрение котлов-утилизаторов типа Г-1030Б, Г-345, КУ-16, КУ-40 за крупными печами	2…33 тыс. т у.т. / год на один котел
стекловаренные печи	внедрение утилизационных водонагревателей НИИСТа теплопроизводительностью 0,3…1,1 МВт	190..170 т у.т. / год на одну установку
вращающиеся печи для обжига керамзита	использование тепла уходящих газов при снижении их температуры с 600 до 300 ^{o}С для подогрева дутьевого воздуха	снижение удельного расхода на 34%
туннельные печи для обжига глиняного кирпича	использование тепла уходящих газов для сушки кирпича	снижение удельного расхода топлива на 15…20 %
автоклавы для пропарки силикатного кирпича	перепуск пара из одного автоклава в другой	тепло 23%
щелевые и роликовые печи для обжига керамической плитки	использование тепла уходящих газов для нагрева воды	0,3…0,5 кг у.т. / м^2

1	2	3
пищевая промышленность		
спиртовая отрасль		
агрегаты непрерывного разваривания крахмалистого сырья производит. 3000 ДАЛ / сут. (декалитр)	внедрение утилизатора тепла экстра-пара	225 т у.т. / год на одну установку
дефлегматоры брагоректификационных установок, 3000 ДАЛ / сут.	внедрение комплекса аппаратов для утилизации тепла дефлематорной воды	136 т у.т. / год на одну установку
выпарные станции спиртового цеха	внедрение термосифонных подогревателей для подогрева спиртовой бражки за счет тепла кислого конденсата	9 Гкал / ч на одну установку
брагорефтикационные установки БРУ производительностью 3000 ДАЛ / сут.	внедрение пароинжекционных установок для утилизации тепла барды и люсерной воды	42 т у.т. / год на одну установку
пивобезалкогольная отрасль		
Солодосушилки производительностью 20 т/сут	использование тепла отходящих газов от топок солодосушилок	30 т у.т. / тыс. т на одну установку
Охладители сусла	использование тепла отходящей воды в технологическом процессе	62 т у.т. / млн. декалитров
масложировая отрасль		
Линия экстракции масла, производительностью 500…1000 т/сут	использование тепла горячего масла от дистиллятора 3 ступени для подогрева воды	95 т у.т. / год
линия гидрогенезации жиров производительностью 120…150 т/сут	использование тепла саломасла после гидрогенезации для нагрева жиров и масел	20 т у.т. / год на одну установку
дезодорация масла производительностью 100…150 т/сут	использование теплажиров и масел после дезодорации для нагрева жиров и масел	19 т у.т. / год на одну установку
сушилки для маслосемян	использование тепла отходящих газов	4,3 т у.т. / год на одну установку
хлебопекарная отрасль		
хлебопекарные печи ПХС-25, БН-25, БН-50	оснащение печей теплоутилизаторами для нагрева воды	35 т у.т. / год на одну печь
печи ФТЛ-2	оснащение печей дополнительными теплоутилизаторами	12,5 т у.т. / год на одну печь
легкая промышленность		
сушильные барабанные машины ткацкого производства СБМ-3/120	утилизация тепла паровоздушных смесей в смесительных теплообменниках ТСИ-3 с пленочной насадкой	0,42 Гкал / год на одну установку
промывочные линии ткацкого производства ЛПС-120-120, ЛКС-140	утилизация сточных вод промывочных линий в центробежных теплообменных аппаратах	43 Гкал / год на один теплообменник
конвективные туннельные сушильные камеры СКП-9-7ЛМ1	использование отработанного воздуха в утилизаторах УТ-0,15	0,15 Гкал / ч на один утилизатор