

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ
ИНСТИТУТ ТЕХНИЧЕСКОЙ ТЕПЛОФИЗИКИ

На правах рукописи

ДАНИЛОВ Леонид Львович

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
ЭНЕРГИИ ТОПЛИВА В ТЕПЛОТУ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК
С ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ РЕГЕНЕРАЦИЕЙ

Специальность 05.14.04 – промышленная теплоэнергетика

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Киев – 1992



Работа выполнена в Институте
АН Украины.

Научный руководитель: доктор технических наук
Носач В.Г.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор
Федоров В.И.

кандидат технических наук,
доцент
Дубинин А.Б.

Ведущее предприятие: Институт газа АН Украины.

Защита диссертации состоится "15" сентября 1992г.
в "15" часов на заседании специализированного совета
К 016.43.02 в Институте технической теплофизики АН Укра-
ины (252057 г.Киев - 57, ул.Желябова, 2а).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИТТФ
АН Украины.

Автореферат разослан "14" сентября 1992г.

Ученый секретарь специализированного
совета, кандидат технических наук

Ф.А.Кривошей

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Несмотря на значительный прогресс в улучшении топливной экономичности энергетических установок эффективность использования топлива остается низкой и более половины его энергии бесполезно рассеивается в окружающей среде в виде низкопотенциальной теплоты.

С термодинамической точки зрения причины низкой эффективности использования топлива заключается в несовершенстве систем преобразования энергии топлива в теплоту и последующего преобразования выделившейся теплоты в работу. Причем, около 30–40 процентов располагаемой топливом работоспособности (эксергии) теряется еще на стадии преобразования энергии топлива в теплоту. Однако, традиционный путь улучшения топливной экономичности энергетических установок направлен исключительно на совершенствование второй стадии и по существу не затрагивает процесс преобразования энергии топлива в теплоту.

Применение термохимической регенерации в системах преобразования энергии топлива в теплоту позволяет совершенствовать процессы в этой системе таким образом, что топливная экономичность энергетической установки может быть улучшена без совершенствования системы преобразования теплоты в работу. Поэтому исследование и разработка систем преобразования энергии топлива в теплоту с использованием термохимической регенерации является весьма важной и актуальной задачей, решение которой необходимо для дальнейшего улучшения топливной экономичности энергетических установок.

Цель работы. Совершенствование систем преобразования энергии топлива в теплоту для энергетических установок с термохимической регенерацией.

Методы исследований. Теоретической базой диссертационной работы являются законы и методы технической термодинамики и основные положения термодинамики химического равновесия, а также эксергетический метод анализа.

Научная новизна.

I. Разработана методика расчета эксергии топлива применительно к процессам преобразования энергии в энергетических установках, а также модели преобразования энергии топлива в

АНЕ Им. В. Стефанова
АН УРСР

теплоту, при помощи которых выявлены источники необратимых эксергетических потерь.

2. Показано, что при термохимической регенерации система преобразования энергии топлива в теплоту взаимодействует с окружающей средой таким образом, что эксергетические потери при преобразовании энергии топлива в теплоту могут быть снижены без повышения температуры горения.

3. Доказано, что предельная эффективность энергетических установок с термохимической регенерацией зависит исключительно от величины эксергии топлива и потерь эксергии, обусловленных необратимым смешением исходных реагентов в процессе конверсии и процессе горения конвертированного топлива.

4. Исследовано влияние избытков продуктов сгорания в процессе конверсии и воздуха в процессе горения конвертированного топлива на эффективность применения термохимической регенерации, в результате чего установлено, что стехиометрические соотношения между исходными реагентами являются термодинамически оптимальными.

5. Показано, что каждому уровню начальных температур цикла соответствует определенная температура конверсии, обеспечивающая максимальную эффективность применения термохимической регенерации.

6. Разработаны термодинамические основы применения термохимической регенерации в процессах аккумуляции и рекуперации избыточной энергии, производимой энергетической установкой.

Практическая ценность.

1. Доказано, что топливная экономичность энергетических установок может быть улучшена за счет термохимической регенерации без повышения начальных температур их циклов.

2. Показано, что применение термохимической регенерации позволяет осуществлять процессы рекуперации избыточной энергии, минуя стадию накопления конвертированного топлива.

3. Разработаны принципиальные схемы энергетических установок с термохимической регенерацией, топливная экономичность которых на 6-7 процентов превышает достигнутый уровень.

Реализация результатов работы. Результаты диссертацион-

ной работы использованы в Саратовском политехническом институте при разработке энергетических установок с термохимическим преобразованием солнечной энергии, в научно-производственном предприятии "Энергоперспектива" (г.Москва) с целью оценки перспектив развития энергетических установок комбинированного цикла и в институте "Атомэнергопроект" (г.Киев) при технико-экономических расчетах модернизации ТЭС и ТЭЦ Киевэнерго.

На защиту выносятся.

1. Методика расчета эксергии топлива применительно к энергетическим установкам и результаты моделирования преобразования энергии топлива в теплоту.

2. Результаты исследований предельной эффективности энергетических установок с термохимической регенерацией.

3. Результаты исследований влияния избытков продуктов сгорания в процессе конверсии и воздуха в процессе сжигания конвертированного топлива, а также степени завершенности конверсии на эффективность применения термохимической регенерации.

4. Термодинамические основы разработки высокоэффективных систем аккумуляции и рекуперации избыточной энергии с использованием процессов конверсии и сжигания конвертированного топлива.

5. Принципиальные схемные решения систем преобразования энергии топлива в теплоту для энергетических установок с термохимической регенерацией.

Апробация работы. Основные методические положения и результаты диссертационной работы докладывались на: "XXI конференции молодых ученых и специалистов ЭНИН им. Г.М.Кржижановского" (г.Москва, 1980г.); Всесоюзном межотраслевом семинаре "Атомно-водородная энергетика и технология" в ИАЭ им.И.В.Курчатова (г.Москва, 1982, 1987гг.); Всесоюзном совещании "Аккумуляция энергии и пути повышения эффективности работы электростанций и экономии энергии" в ЭНИН им.Г.М.Кржижановского (г.Москва, 1985г.); Межвузовском научном семинаре "Повышение эффективности и оптимизация теплоэнергетических установок" в СПИ (г.Саратов, 1986, 1988гг.); Всесоюзной школе-семинаре

"Применение эксергетических методов анализа с целью повышения эффективности использования энергетических ресурсов" ХПИ (г. Харьков, 1988г.) и др.

Публикации. По теме диссертации опубликовано ___ печатных работ, в том числе ___ авторских свидетельства.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, приложения и перечня литературных источников из ___ наименований и включает ___ рисунков и ___ таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы диссертационного исследования и формулируется его цель.

В первой главе рассматривается состояние и перспективы развития термохимического метода повышения эффективности использования топлива применительно к энергетическим установкам и современные методы термодинамического анализа процессов преобразования энергии топлива в теплоту.

Анализ показал, что большинство исследований, посвященных решению одной из важнейших проблем энергетики - проблемы улучшения топливной экономичности энергетических установок, - направлены на совершенствование процессов преобразования теплоты в работу путем разработки методов и средств повышения начальных температур рабочего тела циклов установок и по существу не затрагивают процесс преобразования энергии топлива в теплоту с позиций его совершенствования.

Термохимическая регенерация позволяет с принципиально новых позиций решать одну из основных проблем энергетики. В отличие от традиционного пути при применении термохимической регенерации процесс преобразования энергии топлива в теплоту совершенствуется таким образом, что улучшается в целом преобразование энергии топлива в работу. Для достижения этой цели исходное топливо в смеси с продуктами сгорания подвергается конверсии с поглощением теплоты, отводимой на определенных участках пикла энергетической установки, а полученное конвертированное топливо сжигается и выделяющаяся теплота используется в этом цикле. Тем самым, в цикле установки перерабатывается больше теплоты, чем теплота сгорания исходного топлива, и,

следовательно, может быть произведена большая, чем в Установке без термохимической регенерации работа /реакции конверсии, горения конвертированного и исходного топлива приведены в табл. I/.

Таблица I.

Реакции конверсии, горения конвертированного топлива и горения исходного топлива

Вид топлива	Реакция	Тепловой эффект, ккал/моль
Твердое	$C + CO_2 + 3,76 N_2 \rightarrow 2CO + 3,76 N_2$	41,221
	$2CO + 3,76 N_2 + O_2 + 3,76 N_2 \rightarrow 2CO_2 + 7,52 N_2$	-135,275
	$C + O_2 + 3,76 N_2 \rightarrow CO_2 + 3,76 N_2$	-94,054
Жидкое	$CH_2 + 0,5(CO_2 + H_2O + 5,64 N_2) \rightarrow 1,5CO + 1,5H_2 + 2,82 N_2$	41,451
	$1,5CO + 1,5H_2 + 2,82 N_2 + 1,5(O_2 + 3,76 N_2) \rightarrow 1,5CO_2 + 1,5H_2O + 8,64 N_2$	-189,207
	$CH_2 + 1,5(O_2 + 3,76 N_2) \rightarrow CO_2 + H_2O + 5,64 N_2$	-146,756
Газообразное	$CH_4 + \frac{1}{3}(CO_2 + 2H_2O + 7,52 N_2) \rightarrow \frac{4}{3}CO + \frac{8}{3}H_2 + 2,51 N_2$	52,543
	$\frac{4}{3}CO + \frac{8}{3}H_2 + 2,51 N_2 + 2(O_2 + 3,76 N_2) \rightarrow \frac{4}{3}CO_2 + \frac{8}{3}H_2O + 10,03 N_2$	-244,313
	$CH_4 + 2(O_2 + 3,76 N_2) \rightarrow CO_2 + 2H_2O + 7,52 N_2$	-191,870

Однако до начала настоящей работы термохимическая регенерация в основном рассматривалась как средство для осуществления более полного, чем при "воздушной" регенерации, использования теплоты отработавших в установке продуктов сгорания. При этом потенциальные возможности повышения топливной экономичности энергетических установок не могли быть реализованы. Кроме того, практически отсутствовали исследования, в которых при помощи термохимической регенерации решаются задачи расширения регулировочного диапазона мощности энергетических установок.

Таким образом, обзор доступных литературных источников показал, что для достижения поставленной в диссертационной работе цели, необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать методику эксергетического анализа процессов преобразования энергии топлива в теплоту применительно к энергетическим установкам.
2. Исследовать термодинамические особенности применения термохимической регенерации в энергетических установках.
3. Разработать принципиальные схемы энергетических установок с термохимической регенерацией.

Во второй главе выполнено исследование, направленное на уточнение методики расчета эксергии топлива и её потерь при преобразовании энергии топлива в теплоту в процессе сжигания. Базой проведенных исследований послужили работы Шаргута, Ранга и других ученых, посвященных развитию эксергетического метода и его практических приложений.

Получено следующее выражение для расчета эксергии топлива

$$E_T = -\Delta H(P_o, T_o) + T_o \Delta S(P_o, T_o) + RT_o \left(\sum V_j \ln \frac{P_o}{P_{снj}} + \sum V_i \ln \frac{P_{oi}}{P_o} \right) = -\Delta H(P_o, T_o) + T_o \Delta S \quad (I)$$

определяющее работоспособность системы преобразования энергии топлива в теплоту, на входе которой имеются i -ые компоненты реагентов (топлива и окислителя), находящиеся при парциальном давлении P_{oi} и температуре окружающей среды T_o , а на выходе - j -ые компоненты продуктов (продуктов сгорания) при парциальном давлении $P_{снj}$ и температуре T_o .

В отличие от известных методик в уравнении (I) P_{cmj} соответствует парциальному давлению компонентов продуктов на выходе из энергетической установки. Это позволяет без ущерба для достоверности анализа преодолеть затруднения, связанные с разработкой термодинамической модели окружающей среды.

Для выявления источников эксергетических потерь при преобразовании энергии топлива в теплоту разработаны термодинамические модели сжигания. Основная идея, на которой базируется моделирование, заключается в следующем. Из уравнения (I) видно, что эксергия топлива E_T может быть больше, меньше или равна теплоте его сгорания Q_H^P (т.е. энергии топлива) в зависимости от знака изменения энтропии в реакции окисления топлива: $E_T > Q_H^P$, при $\Delta S > 0$; $E_T < Q_H^P$, при $\Delta S < 0$ и $E_T = Q_H^P$ при $\Delta S = 0$. Поэтому система преобразования энергии топлива в теплоту может рассматриваться как своего рода термодинамическая система, преобразующая определенное количество работы (в данном случае эксергии топлива) и теплоты (обратимой теплоты реакции окисления $T_0 \Delta S$) с температурного уровня T_0 на более высокий температурный уровень T_T , на котором происходит выделение теплоты из топливного элемента, производящего работу E_T в результате обратимого преобразования энергии топлива при параметрах окружающей среды P_0 и T_0 , и прямой или обратной тепловой машины, производящей или поглощающей теплоту при T_0 .

В результате моделирования установлено, что источником необратимых потерь эксергии является процесс, аналогичный процессу непосредственного превращения работы в теплоту при температуре T_T . Причем, для топлив, характеризующихся соотношением $\Delta S < 0$, в сравнении с другими топливами, величина работы, претерпевающая такое необратимое превращение минимальна, так как процесс преобразования их энергии в теплоту моделируется при помощи обратной тепловой машины. При этом, как известно, работа может быть превращена в теплоту без необратимых потерь.

К топливам, преобразование энергии которых при сжигании происходит подобным образом, относятся водород и оксид угле-

рода. Эксергетический КПД сжигания этих топлив в силу указанных причин превышает эксергетические КПД сжигания других видов топлив. Отсюда следует вывод, что такие топлива могут более эффективно использоваться в энергетических установках. Здесь проблема состоит лишь в том, чтобы найти приемлемый с точки зрения энергетических затрат способ их получения.

Указанная задача решается путем конверсии исходного топлива в продуктах сгорания, в результате которой образуется конвертированное топливо, состоящее из смеси оксида углерода, водорода и непрореагировавшей части исходного топлива и продуктов сгорания.

В третьей главе исследуются термодинамические особенности применения термохимической регенерации в энергетических установках.

На рис. 1 и 2 изображены схема и цикл энергетической установки с термохимической регенерацией. Источником теплоты для цикла является процесс изобарно-изотермического горения конвертированного топлива при P_0 и $T_{кт}$ в камере сгорания (КС). Получение этого топлива, как видно из схемы, осуществляется в термохимическом реакторе-теплообменнике (ТХРТ) в результате изобарно-изотермического при P_0 и T_K процесса конверсии. Для удобства анализа принималось, что теплосилового цикла установки осуществляется при помощи двух тепловых машин. Первая из них, ТМ-1, работает в температурном интервале $T_{кт} - T_K$, а вторая - в интервале $T_{кт} - T_0$. Принимается также, что обе машины работают по циклу Карно, и эти циклы внешние обратимы.

В ТМ-1 срабатывается теплота Q_1^{TM-1} , выражаемая через теплоту конверсии Q_K в виде $(T_r/T_K)Q_K$, и производится работа

$$L^{TM-1} = Q_K \frac{T_r}{T_K} \left(1 - \frac{T_K}{T_r}\right). \quad (2)$$

В ТМ-2 срабатывается теплота Q_{KT} за вычетом теплоты, отведенной в ТМ-1, и соответственно производится работа

$$L^{TM-2} = (Q_{KT} - Q_K \frac{T_r}{T_K}) \left(1 - \frac{T_0}{T_r}\right). \quad (3)$$

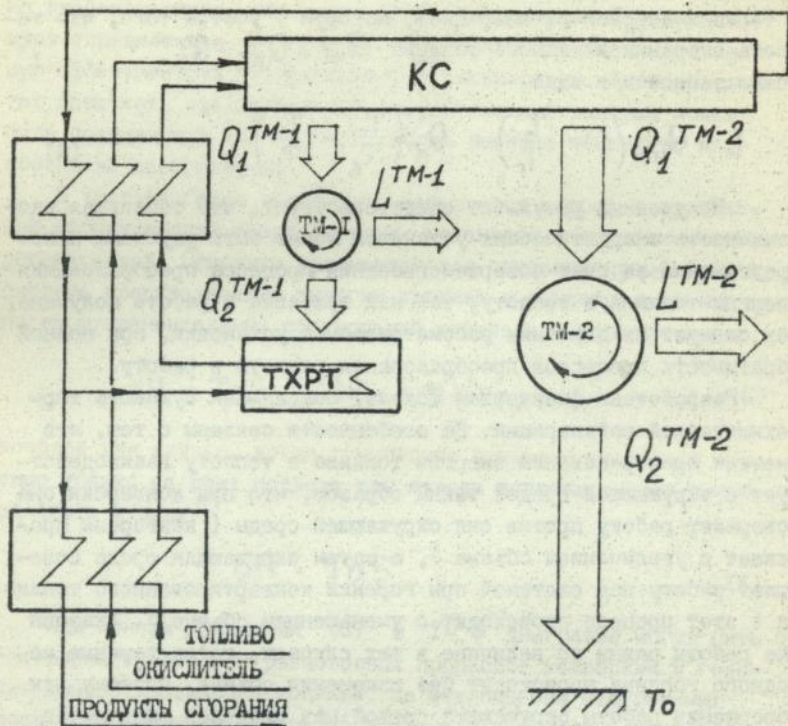


Рис.1. Схема энергетической установки с термохимической регенерацией

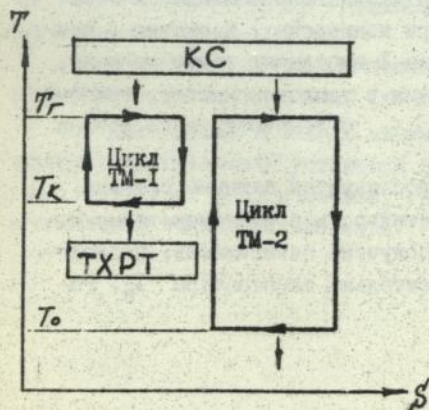


Рис.2.

Циклы энергетической установки с термохимической регенерацией.

Суммарная работа ТМ-1 и ТМ-2 определяет работу установки с термохимической регенерацией, которую с учетом того, что теплота сгорания исходного топлива $Q_{нт} = Q_{кт} - Q_k$ можно записать в виде

$$L = Q_{нт} \left(1 - \frac{T_0}{T_r} \right) + Q_k \left(\frac{T_0}{T_k} - \frac{T_0}{T_r} \right). \quad (4)$$

Полученный результат свидетельствует, что топливная экономичность энергетических установок может быть улучшена непосредственно за счет совершенствования процесса преобразования энергии топлива в теплоту, так как прибавка в работе получена, как следует из описания рассматриваемой установки, при полной обратимости процессов преобразования теплоты в работу.

Разработана физическая модель, поясняющая сущность термохимической регенерации. Ее особенности связаны с тем, что система преобразования энергии топлива в теплоту взаимодействует с окружающей средой таким образом, что при конверсии она совершает работу против сил окружающей среды (конверсия протекает с увеличением объема), а затем окружающая среда совершает работу над системой при горении конвертированного топлива (этот процесс происходит с уменьшением объема). Указанные работы равны по величине в тех случаях, когда горение исходного топлива происходит без изменения объема, поэтому при совершении работы окружающей средой над системой выделяется столько теплоты, сколько было затрачено для проведения процесса конверсии. Однако, эксергии этих теплот существенно различаются, так как температурный уровень конверсии ниже уровня, при котором протекает горение конвертированного топлива. В этом смысле, процессы расширения (при конверсии) и сжатия (при горении конвертированного топлива) выполняют такую же роль, как и процессы расширения и сжатия в тепловом насосе, трансформирующем теплоту Q_k с температурного уровня T_k на $T_{кт}$.

Далее в реферируемой главе исследуется влияние степени завершенности конверсии на эффективность применения термохимической регенерации. При этом получена зависимость, позволяющая решить уравнение (4) относительно температуры T_k . Ре-

зультаты решения интерпретированы в виде графиков на рис.3. Из графиков видно, что для каждой температуры $T_{кт}$ существует определенная температура T_k , обеспечивающая максимальную эффективность термохимической регенерации. Этот результат означает, что наибольший энергетический выигрыш может быть получен и в тех случаях, когда реакция конверсии полностью не завершается.

В третьей главе также рассматривается вопрос о предельной эффективности энергетических установок с термохимической регенерацией. Основным уравнением для описания процессов, в системе преобразования энергии топлива в теплоту является одно из фундаментальных соотношений химической термодинамики

$$dH = TdS - VdP + \sum \mu dn, \quad (5)$$

которое для случая, когда химические процессы протекают обратимо только за счет подвода или отвода теплоты, можно преобразовать к виду

$$dH = TdS. \quad (6)$$

При помощи уравнения (6) в $T-S$ диаграмме могут быть построены траектории равновесных процессов конверсии и горения конвертированного топлива, за исключением необратимых процессов смешения исходного топлива с продуктами сгорания и смешения конвертированного топлива с воздухом. По этим причинам, максимальная работа энергетической установки с термохимической регенерацией представляет собой разность между эксергией топлива и эксергетических потерь, обусловленных необратимостью смешения.

Результаты расчетов максимальной работы энергетической установки с термохимической регенерацией приведены в табл.2.

Из приведенных в табл.2 данных следует, что в предельном случае энергетическая установка с термохимической регенерацией произведет работы меньше, чем её можно было бы получить в обратимом топливном элементе.

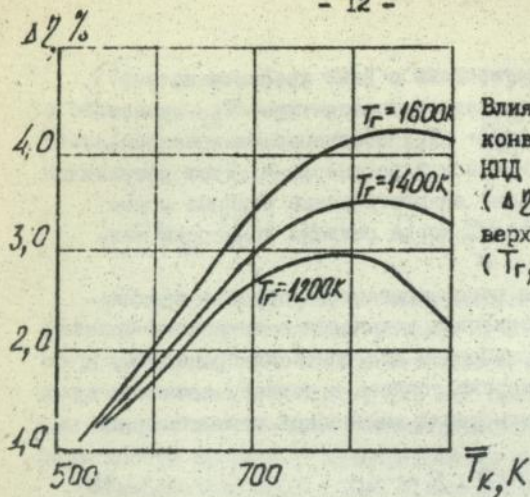


Рис. 3.

Влияние средней температуры конверсии (\bar{T}_k, K) на прирост КПД энергетической установки ($\Delta \eta, \%$) в зависимости от верхней температуры цикла (T_γ, K).

Таблица 2.

Максимальные работы энергетических установок с термохимической регенерацией (на один моль исходного топлива) и их предельный КПД.

Вид топлива	Эксергия топлива, ккал/моль	Эксергетические потери, ккал/моль			Максимальная работа, ккал/моль
		конверс.	горения	суммарн.	КПД, %
Твердое	94,285	-	4,292	4,292	$\frac{89,993}{95,58}$
Жидкое	151,857	-	5,306	5,306	$\frac{146,551}{99,84}$
Газообразное	192,533	1,416	6,416	7,823	$\frac{185,531}{97,22}$

В четвертой главе исследуется возможность применения термохимической регенерации для улучшения топливной экономичности энергетических установок и решения проблем, связанных с аккумуляцией и рекуперацией избыточной энергии.

В отличие от идеализированных установок, рассмотренных в предыдущих разделах диссертации, в реальных энергетических установках, вследствие неизотермичности процесса горения конвертированного топлива, существенное влияние на эффективность применения термохимической регенерации будут оказывать избытки продуктов сгорания в процессе конверсии и окислителя при сжигании конвертированного топлива. Избыток продуктов сгорания сдвигает равновесие в сторону образования конвертированного топлива, увеличивая эндотермичность процесса конверсии. Вместе с тем, увеличение избытка приводит к опережающему росту величины энтальпии отработавших продуктов сгорания. Анализ совместного влияния этих факторов показал, что оптимальное соотношение между реагентами конверсии будет стехиометрическим. Аналогичный вывод получен при анализе влияния избытка окислителя в процессе горения конвертированного топлива. Это связано с тем, что наличие свободного кислорода в продуктах сгорания будет снижать эндотермичность конверсии за счет реакций частичного окисления топлива еще на стадии конверсии.

Таким образом, проведенный анализ позволил определить те оптимальные соотношения между реагентами процессов конверсии и горения конвертированного топлива, которые должны соблюдаться в реальных энергетических установках.

Далее рассматривается комбинированная энергетическая установка с термохимической регенерацией. Надстроечный цикл в этой установке осуществляется при помощи термоэмиссионного преобразователя (ТЭП), а базовым циклом является паросиловая. Схема установки представлена на рис.4. Передача теплоты из надстроечного цикла в базовый осуществляется промежуточным теплоносителем - воздухом, который последовательно проходит через воздухоподогреватели (7) и парогенератор (5). Теплота к воздухоподогревателям (7) подводится от части коллекторов ТЭП, а оставшаяся часть коллекторов охлаждается

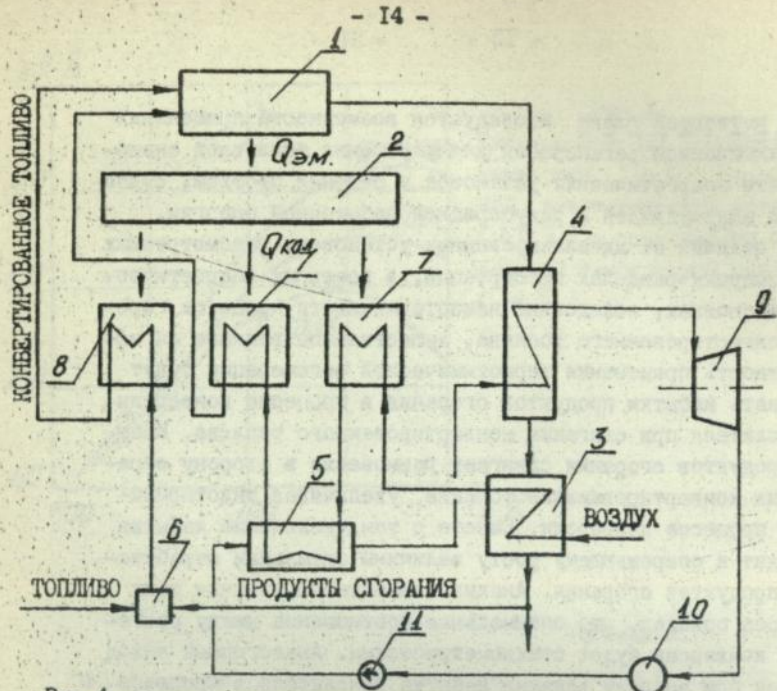


Рис. 4. Схема комбинированной энергетической установки с термохимической регенерацией.

- 1. Камера сгорания. 2. Термоэмиссионный преобразователь.
- 3. Воздушный предподогреватель. 4. Основной парогенератор.
- 5. Котель-утилизатор. 6. Смеситель. 7. Воздухоподогреватели.
- 8. Термохимический реактор. 9. Паровая турбина.
- 10. Конденсатор. 11. Питательный насос.

$Q_{эм}$ - теплота к эмиттеру; $Q_{кол}$ - теплота от коллектора.

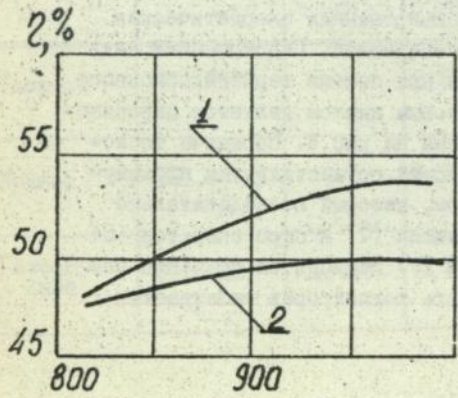


Рис. 5

Влияние температуры конверсии и подогрева воздуха (T, K) на эффективность комбинированной установки ($\eta, \%$).

- 1 - термохимическая регенерация
- 2 - воздушная регенерация

за счет отвода теплоты в термохимический реактор-теплообменник (8) для компенсации теплоты конверсии. Полученное конвертированное топливо сжигается и выделяющаяся теплота передается эмиттерам ТЭП. Продукты сгорания после охлаждения в ТЭП через основной парогенератор (3) и воздушный предподогреватель (4) отводятся в атмосферу.

Результаты анализа эффективности применения термохимической регенерации в такой комбинированной установке обобщены в виде зависимости ее КПД от температуры конверсии на рис. 5. Для сопоставления на этом графике представлена зависимость КПД установки без термохимической регенерации, в которой подогрев воздуха осуществляется до температур, равных температуре конверсии.

Далее в реферируемой главе исследуется возможность применения термохимической регенерации для решения проблемы расширения регулировочного диапазона мощности энергетических установок. Основная идея, используемая при решении этой проблемы, заключается в следующем. Избыточная энергия, производимая энергетической установкой, расходуется для осуществления обратного теплосилового цикла. В принципе этот цикл может осуществляться в обрабатываемой газотурбинной установке. Теплота, отведенная от обратного цикла, используется для проведения процесса конверсии. При этом, в процессе конверсии передается больше теплоты, чем ее можно было бы получить при непосредственном преобразовании избыточной энергии в теплоту. Полученное конвертированное топливо, минуя стадию накопления, используется в энергетической установке.

При такой организации процессов аккумуляции и рекуперации избыточной энергии возможна ситуация, когда рекуперированная энергия будет превышать избыточную. Это может быть тогда, когда температура сжигания конвертированного топлива T_{Γ} выше температурного уровня конверсии $T_{\text{К}}$. Для этого случая разность между рекуперированной $E_{\text{рек}}$ и избыточной энергией $E_{\text{изб}}$ будет иметь вид

$$\Delta L = E_{\text{изб}} \frac{T_0}{T_{\Gamma}} \left(\frac{T_{\Gamma} - T_{\text{К}}}{T_{\text{К}} - T_0} \right) \quad (7)$$

Кроме того, предложенная организация процессов преобразования избыточной энергии позволяет отказаться от накопителя большой энергетической емкости, на сооружение которого обычно приходится около 80% капитальных затрат.

В заключении сформулированы новые результаты, полученные при диссертационном исследовании.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Разработана методика расчета эксергии топлива применительно к процессам преобразования его энергии в энергетических установках.
2. Разработаны термодинамические модели преобразования энергии топлива в теплоту при сжигании, при помощи которых выявлены источники эксергетических потерь в этом процессе и определены температуры горения, обеспечивающие минимально возможные потери эксергии при преобразовании энергии топлива в теплоту.
3. Показано, что при термохимической регенерации процесс преобразования энергии топлива в теплоту совершенствуется не путем повышения температурного уровня, на котором происходит выделение теплоты, а за счет увеличения количества выделяемой теплоты. При этом топливная экономичность установки может быть улучшена без совершенствования ее теплосилового цикла.
4. Доказано, что предельная эффективность энергетических установок с термохимической регенерацией зависит исключительно от величины эксергии топлива и эксергетических потерь, обусловленных необратимыми смещением реагентов в процессах конверсии и горения конвертированного топлива.
5. Установлено, что соотношение между исходным топливом и продуктами сгорания в процессе конверсии и между конвертированным топливом и окислителем в процессе горения должны быть стехиометрическими для получения максимально возможного эффекта применения термохимической регенерации.
6. Установлено, что каждому уровню максимальных температур теплосилового цикла соответствует определенная температура конверсии, при которой прирост работы, получаемой за счет

термохимической регенерации, наибольший. Для современных энергетических установок эта температура конверсии находится в пределах 800+1000 К.

7. Обоснованы преимущества применения термохимической регенерации в процессах аккумуляции и рекуперации избыточной энергии, производимой энергетической установкой в период избытка мощности. При этом, работа установки может быть эффективней, чем ее работа в базовом режиме.

СПИСОК ОСНОВНЫХ ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Носач В.Г., Кривоконь А.А., Данилов Л.Л. Термодинамический анализ циклов с термохимической регенерацией тепла. - Препринт ИЭД АН УССР, № 268, Киев, 1982. - 41с.
2. Носач В.Г., Данилов Л.Л. Использование ядерного и органического топлива в открытых термохимических циклах. - Вопросы атомной науки и техники. Сер. Атомно-водородная энергетика и технология., 1983, вып.15(2), с.67-69.
3. Носач В.Г., Данилов Л.Л. Термодинамическая модель конверсии органического топлива. - Химическая технология, 1986, №6 - с.68-70.
4. Данилов Л.Л., Журавель Е.В. Термохимическая переработка топлива в системах маневрирования мощности. - Тезисы докладов н.-т. конф. Повышение эффективности использования топлива в энергетике, промышленности и на транспорте., Киев, - с.22-23.
5. Носач В.Г., Данилов Л.Л., Журавель Е.В. К вопросу о максимальной полезной работе энерготехнологической системы использования природного газа. В кн. Повышение эффективности использования топлива в народном хозяйстве., Т.1, Рига, Изд. ЭИИ АН Лат. ССР - с.133-141.
6. Носач В.Г., Данилов Л.Л. Термодинамическая модель сжигания органического топлива. - Промышленная теплотехника, 1991, Т.13, №3 - с. 109-112.

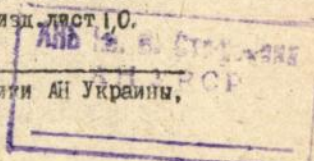
Подписано к печати 29.X.1992г. Формат 60x84/16

Бумага офсетная Уол.-печ. лист, 1,0. Уч.-изд. лист 1,0.

Тираж 100. Заказ 1130. Бесплатно

Полиграф. уч-к Института электродинамики АН Украины,

252057, Киев-57, проспект Победы, 56.



AB 26.199