

УДК 621.311

БАСОК Б.И., КОЛОМЕЙКО Д.А.

Институт технической теплофизики НАН Украины

АНАЛИЗ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК. ЧАСТЬ III. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СХЕМНЫХ РЕШЕНИЙ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК

Наведено когенераційні схеми на базі двигуна внутрішнього згоряння, а також теплові схеми, в яких когенераційна установка є надбудовою парових і водогрійних блоків. Розраховано тепловий баланс кожної схеми та визначено вузли основних втрат теплоти.

Приведены когенерационные схемы на базе двигателя внутреннего сгорания, а также тепловые схемы, в которых когенерационная установка является надстройкой паровых и водогрейных блоков. Рассчитан тепловой баланс каждой схемы и определены узлы основных потерь теплоты.

We present cogeneration schemes based on a reciprocating internal combustion engine as well as thermal schemes where the cogeneration plant is a superstructure above steam and water-heating boilers. We have also calculated the heat balance of each scheme and determined the sites of main heat losses.

c – теплоемкость;
 G – расход;
 Q – теплота;
 t – температура;
 ВК – водогрейный котел;
 ГВС – горячее водоснабжение;
 ДВС – двигатель внутреннего сгорания;
 КГУ – когенерационная установка;

КИТ – коэффициент использования теплоты топлива;
 КПД – коэффициент полезного действия;
 КУ – котел утилизатор;
 ПК – паровой котел.
Индексы верхние:
 р – рабочая.
Индексы нижние:
 н – низшая; g – газ; i – теплоноситель.

Эффективность использования топлива различных схемных решений, в состав которых входит когенерационная установка, можно оценить при помощи теплового баланса. При этом будет определен показатель энергетической эффективности – коэффициент использования теплоты топлива [1], также основные узлы, в которых происходят наибольшие потери энергии. Таким образом, можно разработать методику анализа топливной эффективности когенерационных схем на базе различного энергогенерирующего оборудования и решить задачу расчета тепловых балансов основных когенерационных схем, в состав которых входит двигатель внутреннего сгорания.

При расчете использовались следующие соотношения: теплота, выделившаяся при сгорании топлива:

$$Q_g = Q_n^{pg} \quad (1)$$

где: Q_n^p – низшая теплота сгорания газа.

Теплота, выделившаяся при теплообмене:

$$Q_i = c_i G_i \Delta t \quad (2)$$

Для определения теплоемкости уходящих газов использовалась методика, приведенная в работе [2].

Рассмотрим первую тепловую схему когенерационной установки на базе ДВС FG Wilson [3,4]. Тепловой баланс схемы представлен на рис. 1.

Как видно из баланса, основные тепловые потери в схеме приходятся на теплообменники утилизации теплоты уходящих газов и контура охлаждения двигателя, а также с уходящими газами. Коэффициент использования теплоты топлива составляет 86,2 %.

Упрощенная тепловая схема, в состав которой входит водогрейный котел, представлена на рис 2.

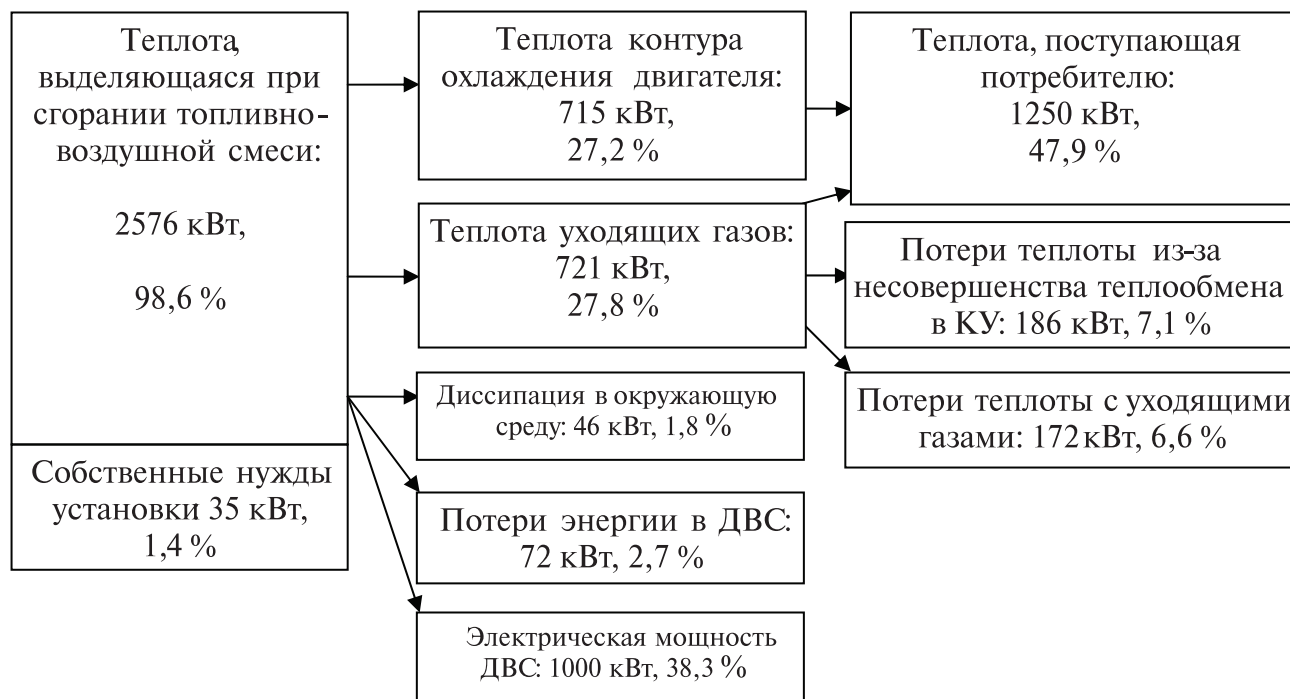


Рис. 1. Тепловой баланс когенерационной схемы на базе ДВС и пассивных утилизаторов теплоты.

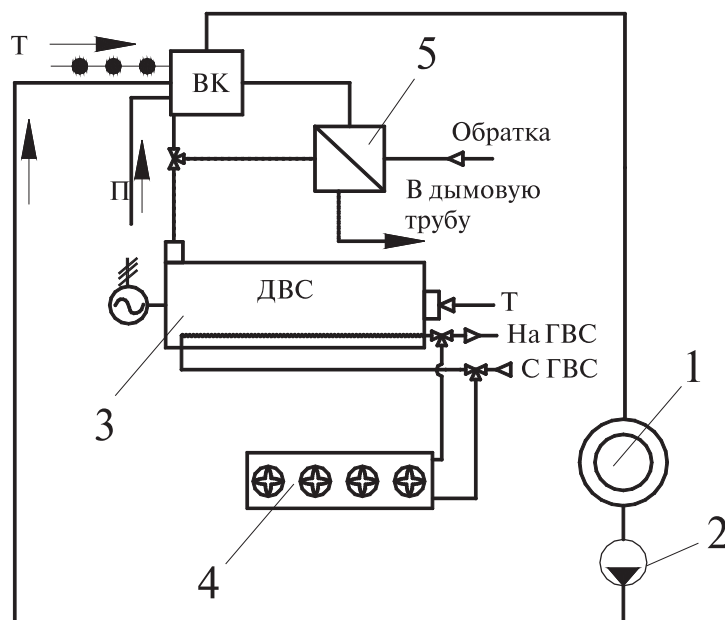


Рис. 2. Тепловая схема когенерационной установки на базе ДВС и ВК: 1 – тепловой потребитель, 2 – циркуляционный насос, 3 – двигатель внутреннего сгорания, 4 – воздушный охладитель, 5 – утилизационный теплообменник, ВК – водогрейный котел, Т – подача топлива, П – подпитка питательной водой.

В схеме (рис. 2) уходящие газы после ДВС поступают в водогрейный котел непосредственно,

или происходит предварительный подогрев питательной воды. Для расчета теплового баланса



Рис. 3. Тепловой баланс когенерационной схемы на базе ДВС и ВК.

был выбран водогрейный котел типа КВ-ГМ-30 из условий, что доля уходящих газов ДВС составит не более 10 % от массового расхода уходящих газов котла. Таким образом водогрейный котел служит утилизатором выхлопа ДВС. Двигатель служит надстройкой водогрейной котельной. Тепловой баланс схемы представлен на рис. 3.

Основные потери теплоты топлива связаны с химической и механической неполнотой сгорания топлива в котле, а также от наружного охлаждения котельного агрегата и потерей тепла с уходящими газами. КИТ этой схемы составляет 93 %, это обусловлено достаточно высоким КПД водогрейного котла – 91,2 %. При установке теплообменника глубокой утилизации КИТ схемы возрастет до 95,1 %, потери с уходящими газами составят 840 кВт. Температура уходящих газов снизится до 60 °С, при этом необходимо стальное исполнение дымовой трубы.

Следующей схемой является надстройка парового конденсационного блока когенерационной установкой на базе ДВС, рис. 4. В ней уходящие

газы после ДВС поступают в паровой котел непосредственно или происходит предварительный подогрев питательной воды. Далее пар после котла Е-75-3,9-440 ГМ (БКЗ 75-3,9 ГМА-2) поступает в конденсационные турбины К-6-35 и К-12-35. Тепловой баланс представлен на рис. 5. Конденсационный блок, содержащий турбины, в которых отсутствуют отборы пара, является малоэффективным с точки зрения использования теплоты топлива. Основные потери приведенной схемы сосредоточены в конденсаторе и конденсационных турбинах, что обусловлено их невысоким КПД. Так как КПД парового котла составляет 93 %, то достаточно высокая величина потерь теплоты в котле и с уходящими газами. Коэффициент использования теплоты топлива такой схемы составляет 24,3 %. Надстройка двигателем внутреннего сгорания и котлом утилизатором позволила повысить КИТ схемы на 1,3 %.

Следующая анализируемая схема работает при условии, что уходящие газы после ДВС направ-

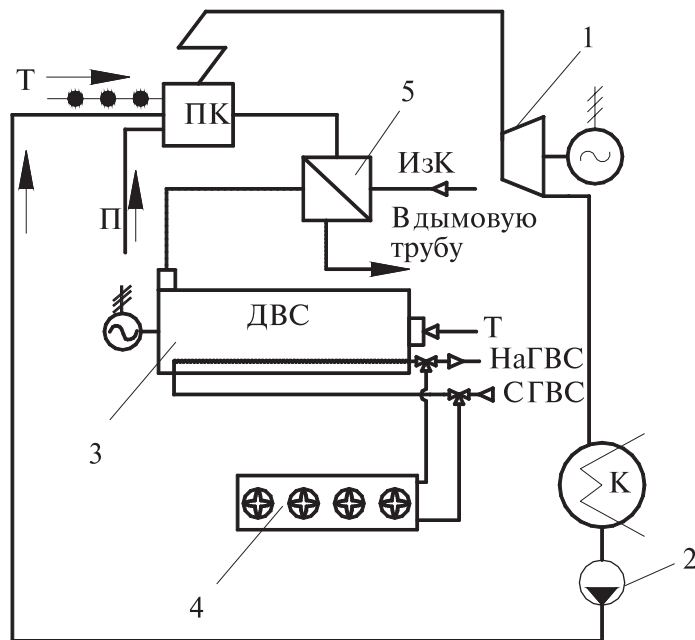


Рис. 4. Тепловая схема когенерационной установки на базе ДВС и конденсационного блока:

- 1 – паровые турбины, 2 – циркуляционный насос,
 3 – двигатель внутреннего сгорания, 4 – воздушный охладитель, 5 – утилизационный теплообменник,
 К – конденсатор, ПК – паровой котел, Т – подача топлива, П – подпитка питательной водой.

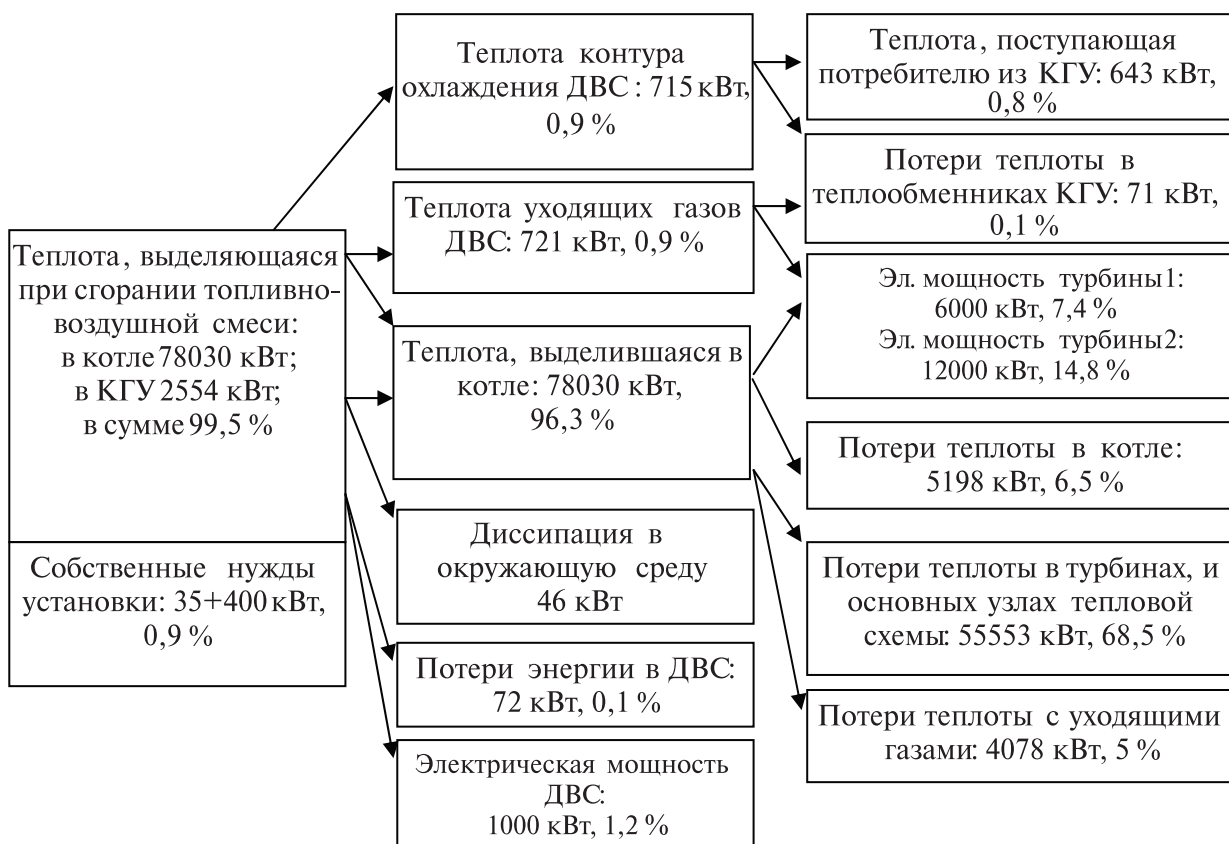


Рис. 5. Тепловой баланс когенерационной схемы на базе ДВС и конденсационного блока.

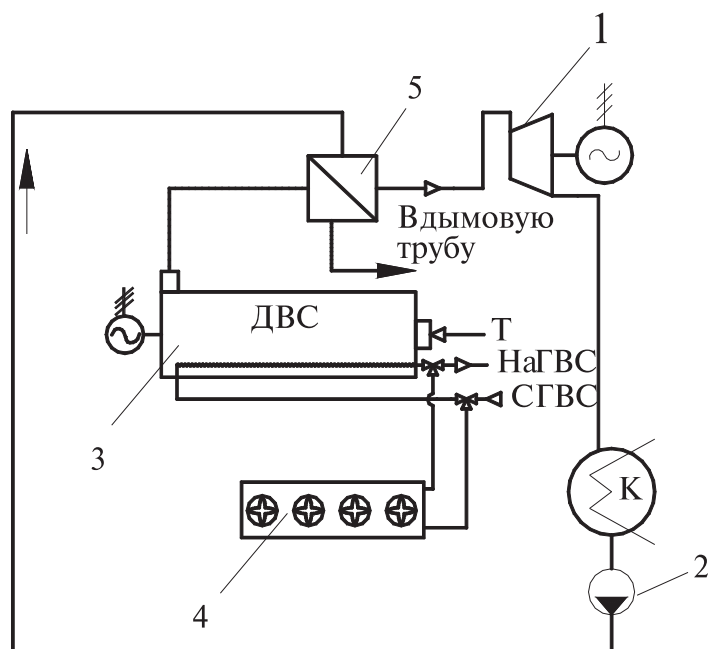


Рис. 6. Тепловая схема когенерационной установки на базе ДВС и паровой турбины малой мощности: 1 – паровая турбина малой мощности, 2 – циркуляционный насос, 3 – двигатель внутреннего сгорания, 4 – воздушный охладитель, 5 – утилизационный теплообменник, К – конденсатор.

ляются на производство пара для паровой турбины малой мощности, рис. 6.

Реализация такой схемы возможна в тех случаях, когда вся тепловая нагрузка невосстановленная или существует сезонное потребление теплоты. При сезонном потреблении всей теплоты возможно отключение паровой турбины и пар после утилизатора поступает потребителю. Тепловой баланс такой схемы аналогичен балансу, приведенному на рис. 1, с той лишь разницей, что, используя теплоту уходящих газов, получаем 150 кВт электрической мощности на клеммах генератора паровой турбины. При работе без паровой турбины тепловой баланс аналогичен балансу на рис. 1. КИТ вышеприведенной схемы составляет 68,7 %.

В качестве заключительной схемы приведем комбинированную схему с паровым и водогрейным котлом, рис. 7. Утилизация уходящих газов происходит в паровом котле, а теплота контура охлаждения двигателя используется для предварительного подогрева питательной воды водогрейного котла. Воздушный охладитель (4) во всех схемах используется для аварийного сброса теплоты контура охлаждения дви-

гателя. Тепловой баланс такой схемы приведен на рис. 8. Так как паровые турбины в этой схеме являются конденсационными, то основные потери схемы сосредоточены в основных узлах парового контура. Коэффициент использования теплоты топлива комбинированной схемы составил 46,8 %.

Приведенный анализ показал, что наиболее эффективной, с точки зрения использования топлива, является тепловая схема когенерационной установки на базе ДВС и ВК. Это связано с высоким КПД водогрейного котла. В такой схеме когенерационная установка может быть использована для покрытия собственных электрических нужд котельной и увеличения теплового КПД котельного агрегата. Целесообразно использовать когенерационную установку в качестве надстройки конденсационных блоков, это позволит значительно увеличить суммарный КПД схемы. Энергетический блок на базе ДВС, ПК и ВК может с высокой эффективностью работать в условиях резко изменяющегося графика тепловой и электрической нагрузки, за счет количественно-качественного регулирования нагрузки.

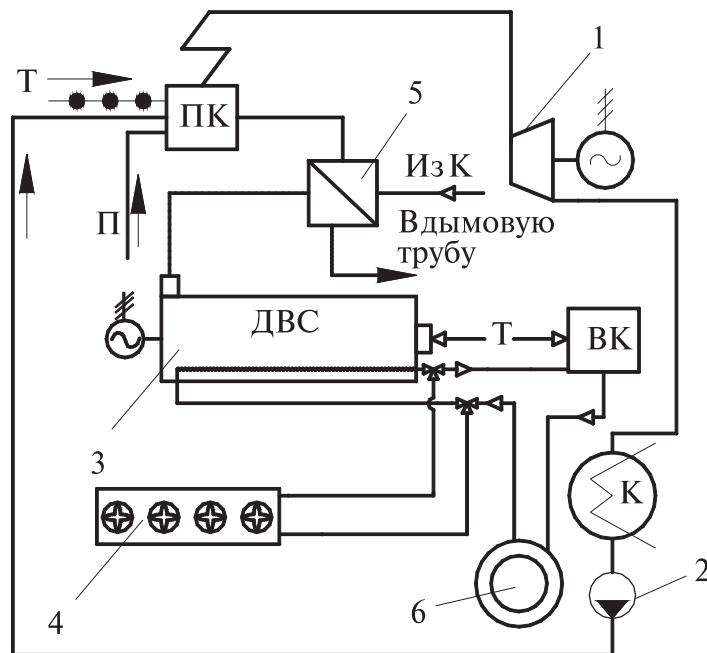


Рис. 7. Тепловая схема когенерационной установки на базе ДВС, ПК и ВК: 1 – паровые турбины, 2 – циркуляционный насос, 3 – двигатель внутреннего сгорания, 4 – воздушный охладитель, 5 – утилизационный теплообменник, 6 – потребитель тепловой нагрузки, К – конденсатор, ВК – водогрейный котел, ПК – паровой котел, Т – подача топлива, П – подпитка питательной водой.

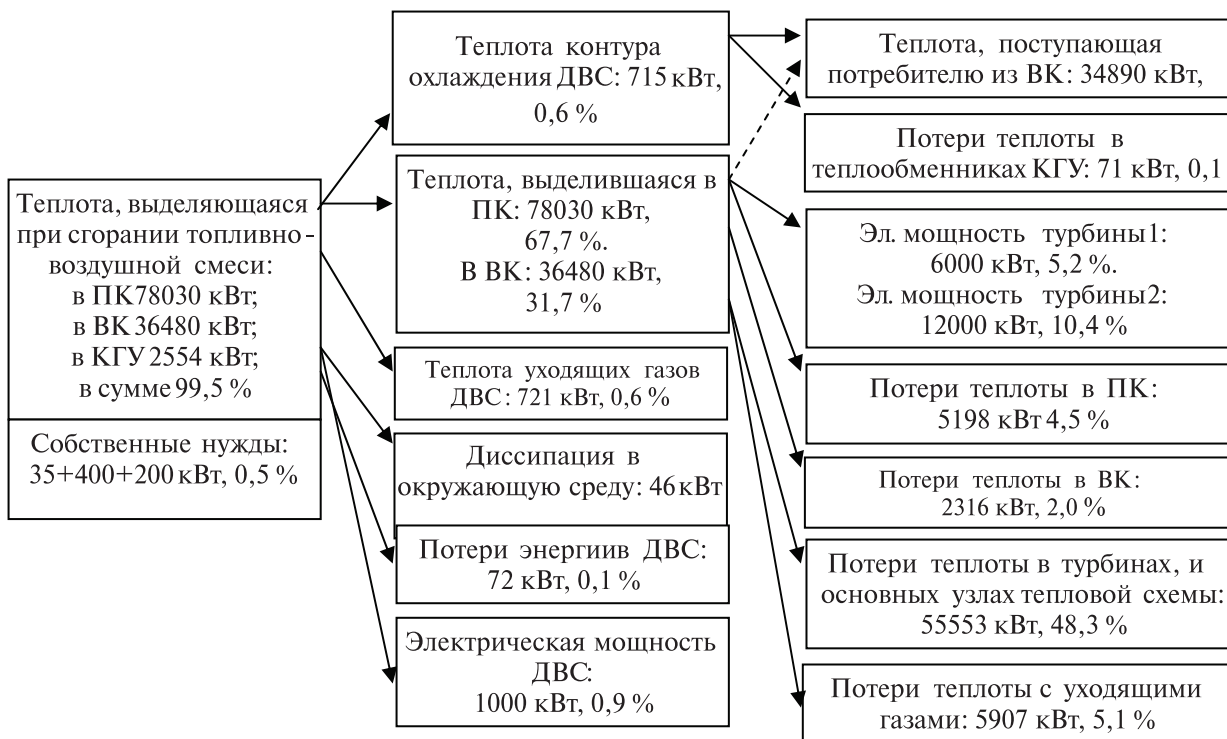


Рис. 8. Тепловой баланс когенерационной установки на базе ДВС, ПК и ВК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Басок Б.И., Базеев Е.Т., Диденко В.М., Коломейко Д.А. Анализ когенерационных установок 1. Классификация и основные показатели // Промышленная теплотехника – 2006 – № 3. – С. 83–89.

2. Любчик Г.М., Кравчук О.Є., Ід Аль-зубі, Варламов Г.Б. Экспертиза екологічних характеристик пальників та камер згоряння ГТУ і ПГУ. – К.: НТУУ "КПІ", 1997. – 52 с.

3. Басок Б.И., Коломейко Д.А. Анализ когенерационных установок 2. Анализ энергетической эффективности // Промышленная теплотехника – 2006 – № 4. – С. 79–83.

4. Коломейко Д.А., Корнеев И.Ю. Анализ энергетической эффективности когенерационной установки фирмы "WILSON" типа PG1250B // Промышленная теплотехника – 2005. – Т. 27, №3. – С. 46–49.

Получено 10.07.2006 г.

УДК 620.9

ГЕЛЕТУХА Г.Г., ЖЕЛЕЗНАЯ Т.А.

Институт технической теплофизики НАН Украины

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ „ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ УКРАИНЫ НА ПЕРИОД ДО 2030 ГОДА”

Проведено критичний аналіз основних положень "Енергетичної стратегії України на період до 2030 року". Обґрунтовано, що ряд стратегічних показників спрогнозовано недостатньо коректно, що заздалегідь визначає майбутнє відставання України з ефективного використання енергії і розвитку відновлюваних джерел енергії. Зроблено висновок про те, що практично всі ключові показники Стратегії "підігнано" під основну ідею документа – розвиток енергетики України за рахунок пріоритетного використання атомної енергії.

Выполнен критический анализ основных положений "Энергетической стратегии Украины на период до 2030 года". Обосновано, что ряд стратегических показателей спрогнозирован недостаточно корректно, что заранее предопределяет будущее отставание Украины по эффективному использованию энергии и развитию возобновляемых источников энергии. Сделан вывод о том, что практически все ключевые показатели Стратегии "подогнаны" под основную идею документа – развитие энергетики Украины за счет приоритетного использования атомной энергии.

Critical analysis of main provisions of "Energy strategy of Ukraine for the period till 2030" is done. It is grounded that a number of important indexes are not predicted well enough. That predetermines future lag of Ukraine in effective energy use and development of renewable energy sources. It is concluded that nearly all key indexes of the Strategy are adjusted to the main idea of the document – development of energy sector of Ukraine at the expense of priority use of nuclear power.

АЭС – атомная электростанция;
ВВП – валовой внутренний продукт;
ВИЭ – возобновляемые источники энергии;
ГЭС – гидроэлектростанция;
ГАЭС – гидроаккумулирующая электростанция;
НВИЭ – нетрадиционные и возобновляемые источники энергии;

ППС – по паритету покупательной способности;
ТЭР – топливно-энергетические ресурсы;
ХАЭС – Хмельницкая атомная электростанция.

Индексы

т – тепловой;
э – электрический.

В марте 2006 г. Кабинет Министров Украины утвердил "Энергетическую стратегию Украины на период до 2030 года" (далее Энергетическая стратегия или Стратегия). Она вызвала весьма неоднознач-

ную реакцию со стороны как специалистов, так и общественности, поскольку имеет ярко выраженный "атомный" характер. Планируется строительство 11 новых блоков АЭС суммарной мощностью