- **БОНДИН ЮРИЙ НИКОЛАЕВИЧ** генеральный директор ГП НПКГ "Зоря" "Машпроект", г. Николаев
- **ЗАХАРОВ СЕРГЕЙ ВИТАЛЬЕВИЧ** начальник ИТЭК "Каборга" ГП НПКГ "Зоря" "Машпроект", г. Николаев
- **РОМАНОВ ВЯЧЕСЛАВ ВИКТОРОВИЧ** к.т.н., директор по энергетическим программам ГП НПКГ "Зоря" "Машпроект", г. Николаев
- РАИМОВ РУСТЕМ ИЛЬГИЗАРОВИЧ главный конструктор проекта ГП НПКГ "Зоря" -

# ПРОБНЫЙ ПУСК, КОМПЛЕКСНОЕ ОПРОБОВАНИЕ И ВВЕДЕНИЕ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В ПОСЕЛКЕ КАБОРГА НИКОЛАЕВСКОЙ ОБЛАСТИ НА БАЗЕ ВНОВЬ СОЗДАННОГО ДВИГАТЕЛЯ ГТД-110

У статті аналізуються результати комплексного випробовування і введення в експлуатацію досліднопромислової електростанції у с. Каборга, Миколаївської області. Розглядаються перваги електростнацій, створених на базі двигунів ГТД-110.

Results of a complex test and introduction of experiment-industrial power stations in v. Kaborga of Mykolaiv re-

## Постановка проблемы и выделение нерешённых задач

Текущее состояние энергетики Украины характеризуется неуклонным старением оборудования тепловых электростанций, низким КПД (25-30%) и соответственно ростом удельного расхода топлива на кВт выработанной мощности.

По данным "Інститута Енергетичних Досліджень" (г. Киев) на Украине в замене и модернизации нуждаются практически паросиловых блоков из-за их полного износа. По данным Государственного комитета Украины по энергосбережению, в 1999 году энергоемкость в Украине в 4,5 раза превышала этот показатель в Европейском Союзе. Это означает, что для производства того уровня национального продукта тратится энергии в 4,5 раза больше. Имеющаяся программа модернизации энергетики Украины разработана на старой технологической базе – паротурбинных установках большой мощности, но и она не действует.

В мировой энергетике уже принят другой, более

эффективный путь развития – использование технологии высокоэффективного сжигания топлива с глубокой утилизацией тепла отходящих газов. Эта технология основана на базе использования газотурбинных и основанных на их базе парогазовых установках с уровнем КПД выше 52-55% (в перспективе до 60% и более), служащих для получения электроэнергии и тепла. Их глобальное отличие от паротурбинных установок, служащих для получения электроэнергии и тепла состоит в том, что выработка тепла идет не за счет снижения производства электроэнергии в установке, а за счет утилизации тепла отходящих газов газотурбинных установок. тепло, полученное дополнительных затрат, может быть использовано производства дополнительной электроэнергии, так и для теплофикации или других нужд. Такое использование тепла, полученного без дополнительных затрат, обеспечивает высокий парогазовой установки, расхода следовательно снижение удельного топлива, что чрезвычайно важно для энергетики государства.

Повышение КПД электрогенерирующей парогазовой установки в два раза позволяет снизить потребление топлива в два раза. Это говорит о том, что применение парогазовых установок цикла взамен паросиловых установок не ведет к увеличению потребления топлива (природного наоборот электростанции сохраняющемся расходе природного газа значительно увеличивают производство электроэнергии.

#### Изложение основного материала

На рис. 1 показаны данные о себестоимости вырабатываемой электроэнергии в зависимости от КПД энергетического блока тепловой электростанции и стоимости топливного природного газа. Данные просчитаны для экономических условий Украины специалистами ГП НПКГ "Зоря" - "Машпроект" и проектного института ОАО "Инпроектсервис" (г. Николаев).

Эти условия характеризуются тем. что стоимость электроэнергии на рынке Украины 2,5-3 цента за 1 что приблизительно в 2-2,5 раза ниже мировой, а стоимость топливного газа 60-70 долл. США за  $1000 \text{ м}^3$ , что лишь на 25-30% ниже средней цены на Западном рынке. При таком соотношении цен на электроэнергии и топливо прибыль в 20-25% могут давать энергетически блоки с КПД не менее 45%, что легко достижимо для электрогенерирующих парогазовых установок.

Доводы противников использования парогазовых установок в Украине по причине отсутствия в государстве достаточного количества природного газа – не являются убедительными. Сегодня доля потребления природного газа на тепловых электростанциях составляет около 50%. Строительство замещающих мощностей применением парогазовых технологий позволит снизить потребление газа на вновь построенных электростанциях в силу их более высокой экономичности. Так, по расчетам ОАО "Институт Теплоэлектропроект", парогазовая установка ПГУ-325 (мощность 325 МВт, КПД – 52%), разработанная установки газотурбинной (разработчик ГП НПКГ "Зоря" - "Машпроект"), в сравнении с современной паросиловой установкой ПСУ-320 (мощность 320 МВт, КПД - 41%) в год позволяет экономить до 120 млн. метров кубических газа. Тепловая электростанция, состоящая из четырех блоков ПГУ-325 за год работы сэкономит по сравнению с паросиловыми блоками не менее 500 млн.м<sup>3</sup> природного газа, или 30 млн.долл. США.

Растущий интерес к газотурбинным технологиям вызван и другими факторами, и в первую очередь опережающими темпами роста параметров ГТД, таких как КПД, мощность, экологическая чистота. Парогазовые установки имеют еще некоторые преимущества в сравнении с другими видами энергогенерирующих установок. Значительно короче срок ввода в эксплуатацию (табл. 1). Существенно ниже первоначальные капитальные затраты и, соответственно, короче

# СЕБЕСТОИМОСТЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРОИЗВЕДЕННОЙ НА ГАЗОТУРБИННЫХ И ПАРОГАЗОВЫХ УСТАНОВКАХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТОИМОСТИ ГАЗА И КПД УСТАНОВКИ $(\eta)$

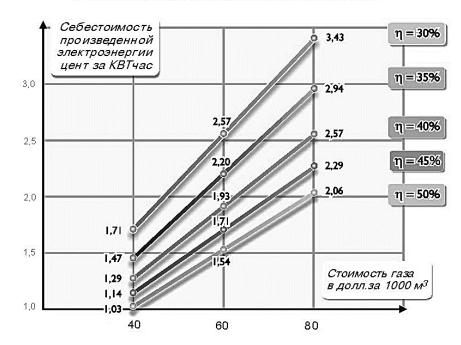


Рис. 1.

Тип электростанции	Срок ввода, год	<b>Цена, долл. США/кВт</b>	кпд, %	
ПТУ	6-8	1200-1400	35-44	
ПГУ	1-3	600-900	50-60	
АЭС	7-10	1500-2500	30-33	

Таблица 1. Срок ввода в эксплуатацию энергогенерирующих установок

Разработка и производство газотурбинных двигателей и парогазовых установок стало одной из основных отраслей промышленности в наиболее развитых индустриальных странах мира. В связи с этим, создание для тепловых электростанций новых парогазовых установок с высоким уровнем КПД на основе современных газотурбинных двигателей имеет первостепенное значение для энергетики Украины.

### Этапы создания газотурбинной установки ГТЭ-110

Газотурбинная установка ГТЭ-110 с новым газотурбинным двигателем ГТД 110 разработана

ГП НПКГ "Зоря" - "Машпроект" (Украина) для современных ПГУ в соответствии с Соглашением Украины межлу Правительством И Правительством Российской Федерации "O совместном производстве парогазовых установок тепловых электростанций". Заказчиками являлись Минэнерго Украины и РАО "ЕЭС России". Основные показатели ГТЭ-110 в условиях ISO 2314 приведены в таблице 2.

Газотурбинный двигатель ГТД 110 предназначен, для работы в составе парогазовых установок различной мощности с коэффициентом полезного действия 52-55% и более, а также может работать в качестве электростанции простого цикла для покрытия пиковых электрических нагрузок. Он

Основные показатели ГТЭ-110

Таблица 2.

Наименование параметра	Базовая номинальная мощность	Пиковая номинальная мощность	
Мощность, МВт	114,5	125	
Коэффициент полезного действия, % (по ISO)	35,5	36,0	
Температура газов перед турбиной, °С	1210	1270	
Температура уходящих газов, °С	525	555	
Расход уходящих газов, кг/с	362	363	
Степень повышения давления	14,7	15	

может быть использован для строительства новых электростанций и реконструкции имеющихся. На его основе ГП НПКГ "Зоря" - "Машпроект" разработаны парогазовые установки ПГУ-160 (мощность  $160~\mathrm{MBT}$ ) и ПГУ-325 (мощность  $325~\mathrm{MBT}$ ).

Отличительной особенностью двигателя ГТД-110 является его малый вес, не превышающий 60 тонн, и габариты. Это позволяет осуществлять поставку двигателя на место эксплуатации в полностью собранном и испытанном на заводе-изготовителе виде.

Первый газотурбинный двигатель ГТД 110 был изготовлен в 1998 г. ГП НПКГ "Зоря" - "Машпроект". Общий вид ГТД в сборочном цехе приведен на рис. 2.

В период 1998-2000 г, на испытательном стенде ГП НПКГ "Зоря" - "Машпроект" (рис. 3) проведены испытания газотурбинного двигателя ГТД 110 №1. Испытания проводились на жидком и газообразном

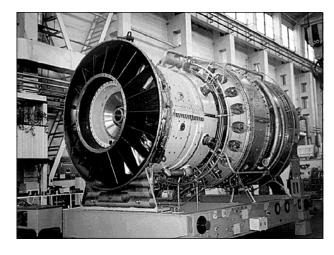


Рис.2. Общий вид ГТД в сборочном цехе

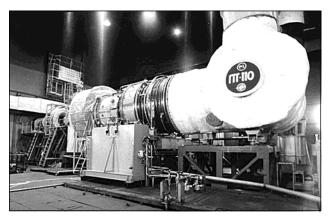


Рис. 3. Испытательный стенд ГП НПКГ "Зоря" - "Машпроект"

топливах с нагрузкой на гидротормоз. Результаты испытаний двигателя ГТД 110 №1 на стенде позволили сделать вывод о правильности выбранных технических решений, заложенных в ГТД 110, и подтвердили его расчетные теплотехнические показатели.

Положительные результаты испытаний двигателя ГТД 110 №1 на стенде ГП НПКГ "Зоря" - "Машпроект" позволили РАО "ЕЭС России" принять решение об изготовлении ГП НПКГ "Зоря"-"Машпроект" совместно с ОАО "НПО "Сатурн" газотурбинного двигателя ГТД 110 №2 и строительстве на базе установки ГТЭ-110 опытной электростанции на Ивановской ГРЭС (г.Комсомольск, Ивановская Россия). область, Проект газотурбинной электростанции "Институт выполнил OAO Теплоэлектропроект".

Двигатель ГТД-110 № 2 был изготовлен и испытан на испытательном стенде ГП НПКГ "Зоря"-"Машпроект" в сентябре 2001 года. После испытаний ГТД-110 №2 был доставлен

Рис. 4. Машинный зал ИвГРЭС

на ИвГРЭС 6 ноября 2001 г. и смонтирован в машинном зале электростанции (Рис. 4) совместно с другим оборудованием газотурбинной установки.

Пуск ГТЭ-110 с выходом генератора в сеть был произведен 12 декабря 2001 г. В сентябре 2003 г. были проведены межведомственные испытания ГТЭ-110. Установка подтвердила свои технические показатели и принята в опытно-промышленную приемочной эксплуатацию. Акт комиссии утвержден РАО "ЕЭС 30.09.2003. России" Технические условия на установку газотурбинную энергетическую ГТЭ-110 ТУ У 29.1-31821381-009-2003 зарегистрированы Госстандартом Украины 9.06.2003 г.

На сегодняшний день ГТЭ-110 работает для выдачи электроэнергии В базовом использования. РАО "ЕЭС России" решение о строительстве двух блоков ПГУ-325 на ИвГРЭС. В соответствии с договором № 1090 ГП НПКГ "Зоря"-"Машпроект" разрабатывает комплект конструкторской документации привязке ГТЭ-110 в составе ПГУ-325 на ИвГРЭС. Планируется заключение договора о между ГП НПКГ "Зоря"-"Машпроект" и ОАО "НПО "Сатурн" о совместном изготовлении и поставке оборудования ПГУ-325 на ИвГРЭС.

### Создание опытно-промышленной электростанции "Каборга"

В 2000 г. ГП НПКГ "Зоря" - "Машпроект" принято решение о сооружении на испытательной станции в поселке "Каборга" Николаевской области опытно-промышленной электростанции на базе парогазовой установки ПГУ-160. Это было обусловлено следующими факторами:

- необходимостью продолжения длительных испытаний ГТЭ-110 в промышленных
  - условиях с обеспечением "лидерной" наработки и подтверждением ресурсных показателей;
  - необходимостью подготовки специалистов для дальнейшего осуществления строительства электростанций любой мощности "под ключ";
  - обеспечением выработки и продажи электроэнергии при работе установки в базовом классе использования.
  - обеспечением покрытия пиковых нагрузок;
  - демонстрации отечественным энергетикам и зарубежным заказчикам возможностей современной энергетической установки;
  - созданием на базе ГТЭ-110 семейства газотурбинных

двигателей для энергетики.

В состав опытно-промышленной электростанции, на базе парогазовой установки ПГУ-160 входят:

- газотурбинная установка ГТЭ-110 в составе газотурбинного двигателя ГТД 110 мощностью 110 МВт и электрогенератора со вспомогательным оборудованием;
- котел-утилизатор с вспомогательным оборудованием;
- паротурбинная установка мощностью 50 МВт с конденсатором, электрогенератором и вспомогательным оборудованием;
- автоматизированная система управления электростанцией;
- система выдачи мощности.

Создание опытно-промышленной электростанции на базе парогазовой установки ПГУ-160 предусматривает две очереди:

- первая очередь включает в себя ввод в действие газотурбинной установки ГТЭ-110 в составе газотурбинного двигателя ГТД 110 и турбогенератора.
- вторая очередь включает в себя доукомплектование газотурбинной установки котлом-утилизатором и паровой турбиной.

## Завершение работ первой очереди строительства ОПЭ "Каборга"

В апреле 2001 г. подписано Постановление Кабинета Министров Украины №358 "О финансировании достройки опытно-промышленной электростанции "Каборга". Финансирование работ ведется за счет бюджетных государственных средств, средств Минэнерго Украины, средств ГП "Энергорынок" и собственных средств ГП НПКГ "Зоря" - "Машпро-ект". Поручением Президента Украины №1-14/1474 от 30.10.2001 г.



Рис. 5. Установка ГТЭ-110 в машинном зале

подтверждена необходимость реализации в полном объеме всех принятых решений по строительству опытно-промышленной электростанции "Каборга". Постановлением Кабинета Министров Украины №1082 от 25.07.2002 г. "О внесении изменений в Постановление Кабинета Министров Украины №358" и Постановлением №551 от 19.04.2002 г. была подтверждена необходимость финансирования достройки ОПЭ "Каборга".

Постановление КМ Украины №1082 от 25.07.2002 г. выполнено 01.04.2003 г.

Постановление КМ Украины №551 от 19.04.2002 г. выполнено 08.11.2003 г.

В соответствии с Постановлениями направлено средств непосредственно на строительство ОПЭ "Каборга" (без учета налога на прибыль) 46,025 млн. грн. На 15.12.2003 г эти средства освоены в полном объеме.

ГП НПКГ "Зоря" - "Машпроект" затрачены собственные средства на строительство ОПЭ "Каборга" в объеме 12,53 млн. грн. на 01.02.2004 г (без учета стоимости газотурбинного двигателя).

Таблица 3. Объемы финансирования строительства ОПЭ "Каборга"

Источник финансирования	Выделено	Получено
Постановление №358 от 13.04.2001г:		
- за счет средств ДП "Энергорынок"	20,00	20,00
- бюджетные средства	12,00	0,95
Постановление №1082 от 25.07.2002 г:		
- за счет средств ДП "Энергорынок"	35,64	35,64 в т.ч. НДС – 5,940 н/прибыль – 11,065
Постановление №551 от 19.04.2002 г:		
- бюджетные средства	0,5	0,5
итого:	68,14	57,09

Сметная стоимость строительства I очереди ОПЭ "Каборга" составляет 69,36 млн. грн. Дефицит денежных средств на ввод в эксплуатацию I очереди ОПЭ "Каборга" составляет 10,805 млн.грн. В таблице 3 приведен объем выделяемых финансовых средств на строительство ОПЭ "Каборга".

Разработка проектной документации первой очереди строительства электростанции была выполнена на основании "Технического задания на создание опытно-промышленной электростанции на базе ПГУ-160 с газотурбинной установкой ГТЭ-110 на площадке "Каборга" (В7110ТЗ-06С1)", разработанного ГП НПКГ "Зоря" - "Машпроект" и утвержденного 29.06.2000 г. В настоящее время разработан в полном объеме комплект рабочей документации первой очереди строительства.

В состав оборудования первой очереди, изготовленного ГП НПКГ "Зоря" - "Машпроект" входят:

- газотурбинный двигатель ГТД 110 мощностью 110 МВт на раме;
- теплозвукоизолирующее укрытие ГТД 110 с установленными в нем трубопроводами системы пожаротушения и блоками шумоглушения, установленными на входе и выходе в систему охлаждения укрытия;
- коробка приводов с установленным на ней валоповоротным устройством и дублирующим маслонасосом системы аварийной остановки ГТЭ;
- блок маслоагрегатов, единый для двигателя и генератора (БМА);



Рис. 6. Комплексное воздухоочистительное устройство

- маслопроводы между БМА, ГТД, генератором и коробкой приводов;
- блок топливорегулирующей аппаратуры (БТА) газообразного топлива в укрытии с системой вентиляции и трубопроводами системы пожаротушения;
- трубопроводы между БТА и ГТД;
- блок системы пневмоуправления (БСП) с трубопроводом между БСП и ГТД;
- комплексное воздухоочистительное устройство ГТД с фильтрами и блоком шумоглушения (ВОУ);
- выходной газоход (патрубок выхлопной);
- входная улитка ГТД с участком воздухоподвода;
- система автоматического регулирования, управления, защиты и контроля (САУ) ГТЭ-110 и технологических систем электростанции с агрегатами бесперебойного питания и системой контроля вибрации;
- пульт управления ГТЭ с рабочей станцией оператора, включающей в себя системный блок, дисплей, клавиатуру, манипулятор типа "мышь";
- система контроля загазованности в укрытиях ГТД и БТА;



Рис. 7. Генератор ТЗФГ-110

- система сигнализации о пожаре в укрытиях ГТД и БТА;
- промежуточная металлическая рама между ГТД и силовым полом;
- ответные фланцы и электрические соединители на все вышеуказанное оборудование.
- В состав оборудования первой очереди, приобретенного ГП НПКГ "Зоря" "Машпроект" входят:
  - турбогенератор типа ТЗФГ-110-2УЗ мощностью 110 МВт на раме с замкнутой системой воздушного охлаждения активных



Рис. 8. ОРУ-150 кВ



Рис. 9. Трансформатор 200 МВА

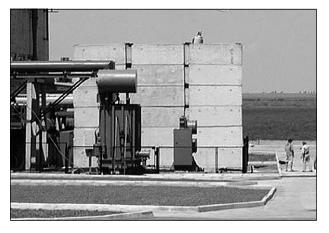


Рис. 10. Реактор



Рис. 11. Насосная станция оборотного водоснабжения



Рис. 12. Градирня



Рис. 13. Шахта газовыхлопа с дымососными установками

- системы противоаварийной автоматики и управления электроэнергетикой;
- открытое распределительное устройство;
- трансформатор 10/150 кВ мощностью 200 MBA;
- реактор мощностью 70 MBA;
- шинопроводы между генератором и трансформатором и реактором;
- оборудование замкнутого контура охлаждения с насосами и градирнями;
- оборудование береговой насосной станции;
- оборудование подстанции 35/10 кВ;
- оборудование стендовых технологических систем (топливной, масляной, водяной, воздушной и др.);
- шахта газовыхлопа с шумоглушением;







- оборудование станционных распределительных устройств;
- станционная система водяного и углекислотного пожаротушения;
- станционная система сигнализации о пожаре и контроля загазованности;
- оборудование компрессорной станции;
- оборудование станционной системы подачи газа с ППГ, фильтрационным оборудованием и мерным узлом;
- оборудование систем обеспечения работы электростанции (отопления, вентиляции, освещения и др.).

За период 2002-2003 гг. выполнен следующий объем строительно-монтажных работ:

- произведена достройка машинного зала электростанции, установлен новый силовой пол и подкрановые пути с обеспечением суммарной грузоподъемности кранов 80 тонн;
- произведена достройка административно бытового корпуса с пультовым залом, помещением для размещения РУ 10 кВ,



Рис. 16. Шкафы ГРУ



Рис. 15. Шкафы РУСН 0,4 кВ

- системы возбуждения и выключателей трансформатора и реактора, помещением РУСН 0,4 кВ, помещением для размещением САУ, административными и бытовыми помещениями;
- построено капитальное сооружение для размещения пускового устройства генератора, щита постоянного тока, аккумуляторной;
- построено и смонтировано ОРУ-154 кВ;
- смонтирована шахта газовыхлопа;
- смонтировано комплексное воздухоочистительное устройство и воздухоподвод;
- смонтировано оборудование замкнутой системы охлаждения, береговая насосная станция и реконструирован водозабор;
- смонтирована линия электропередачи "Каборга" "Трихаты":
- в машинном зале в полном объеме смонтирована газотурбинная установка ГТЭ-110 с генератором ТЗФГ-110;
- в полном объеме смонтирована система выдачи мощности от генератора в сеть;
- смонтировано оборудование системы возбуждения и тиристорного пускового устройства;
- в полном объеме смонтированы распределительные устройства и сети;
- в полном объеме смонтированы внутриплощадочные коммуникации;
- выполнено строительство газопровода, обеспечивающего подвод газа с давлением 2,5 МПа к ГТЭ-110;
- реконструирована ГРС "Очаково", обеспечивающей подвод топливного газа требуемым расходом к ГТЭ-110.

Весь объем оборудования обеспечивает работу электростанции с выдачей электроэнергии в сеть. В соответствии с разработанными программами в апреле – мае 2004 г. проведены

индивидуальные испытания систем, агрегатов и оборудования газотурбинной установки ГТЭ-110 и всего оборудования электростанции. Результаты испытаний утверждены в Актах рабочих комиссий. 20 мая 2004 г. выполнен пробный пуск электростанции с вхождением в сеть и набором нагрузки 20 МВт. Полученные результаты подтвердили работоспособность газотурбинной установки и всего оборудования электростанции.

В конце мая и в июне ведется подготовка к комплексному опробованию согласно "Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей". В объем комплексного опробования входит провидение 72-часовых испытаний газотурбинной установки на режиме номинальной мощности с выдачей электроэнергии в сеть и выполнением 10 пусков. Начало 72-часовых испытаний намечено в первой декаде июля. Выполнение комплексного опробования с утверждением Акта рабочей комиссии позволит ввести электростанцию в опытно-промышленную эксплуатацию и начать работы по второй очереди строительства.

### Вторая очередь строительства ОПЭ "Каборга"

На второй очереди строительства планируется введение в эксплуатацию паротурбинной установки мощностью 50 МВт. Общая мощность ПГУ будет составлять 160 МВт. В 2003 г. ОАО "Инпроектсервис" (г. Николаев) разработано технико-экономическое обоснование строительства второй очереди ОПЭ "Каборга".

Вторая очередь строительства опытно-промышленной электростанции "Каборга" предусматривает введение в эксплуатацию следующего оборудования ПГУ-160:

- паротурбинной установки мощностью 50 МВт с генератором, конденсатором, системой смазки и управления;
- утилизационной котельной установки с котлом-утилизатором, сепараторами пара, арматурой и трубопроводами, установленными на котле-утилизаторе и сепараторе;
- оборудования тепловой схемы (насосы, задвижки, электроприводная арматура, специальное оборудование);
- системы управления электростанцией;
- электрооборудования собственных нужд, высоковольтного оборудования, шинопроводов от генератора паротурбинной установки;
- системы подачи воды к конденсатору паровой турбины с системой охлаждения, береговой насосной станцией, водозабором;
- системы охлаждения маслохолодильников, воздухоохладителей генератора с насосной станцией



Рис.17. Общий вид ОПЭ "Каборга"

• системы водоподготовки котельной химочищенной воды.

Для обеспечения введения в эксплуатацию второй очереди строительства необходимо выполнить:

- реконструкцию машинного зала электростанции для размещения паротурбинной установки, пультового зала для размещения оборудования системы управления, котельной, станции сжатого воздуха, других помещений и сооружений с учетом обеспечения работы паротурбинной установки;
- строительство капитальных сооружений для размещения береговой насосной станции, оборудования системы охлаждения, оборудования тепловой схемы, расширения аккумуляторной, транспортного портала у машинного зала, склада хранения оборудования и др.;
- строительство фундамента для котла утилизатора с учетом укрепления берега, строительство фундаментов под размещение оборудования паротурбинной установки;
- монтаж и введение в эксплуатацию оборудования второй очереди.

В соответствии с технико-экономическим обоснованием, подготовленным ОАО "Инпроектсервис" общая сумма затрат на строительство ОПЭ "Каборга", с учетом затрат первой очереди строительства, составит эквивалент 55 млн. долл. США, что составляет 343,8 долл. США на 1 кВт полученной мощности. Срок окупаемости проекта с момента начала эксплуатации — около 6 лет.

Этот показатель существенно ниже аналогичных показателей других производителей ПГУ. Сравнительные технические и стоимостные показатели ПГУ различных фирм, подготовленные по данным ежегодника "Gas Turbine World" 2001-2002 гг. приведены в таблице 4.

Высокоэффективное сжигание природного газа и глубокая утилизация тепла основной путь

Таблица 4. Сравнительные технические и стоимостные показатели ПГУ

Наименование фирмы, марка ПГУ	Мощность ПГУ, МВт	КПД ПГУ, %	Количество и марка ГТД	Количество, мощность ПТУ	Стоимость ПГУ, млн. долл. США	Цена за 1 кВт мощности, долл. США
ГП НПКГ "Зоря"– "Машпроект", ПГУ-160	160	50,2	1хГТД-110	1х50 МВт	55,0	343,8
Alstom Power, KA13D-1	147,1	48,6	1xGT13D	1х53 МВт	74,9	510
Alstom Power, KA11N2	170,0	50,3	1xGT11N2	1х56 МВт	82,6	486
Siemens Westinghouse, 1.W501D5A	172,0	50,2	1x501DE5A	1х59 МВт	85,9	499

развития энергетики.

#### Вывод

Результаты испытаний ГТЭ-110 подтвердили все основные проектные показатели установки.

НПКГ "Зоря"-"Машпроект" закончено строительство первой очереди опытно-промышленной электростанции в поселке Каборга Николаевской области. Проведены индивидуальные испытания систем и оборудования газотурбинной установки и технологического оборудования электростанции. 20 мая 2004 г. выполнен пробный пуск с проведением синхронизации, выдачей электроэнергии в сеть и набором нагрузки до 20 МВт. Оборудование газотурбинной установки И станционное технологическое оборудование подтвердили свою работоспособность. В июне 2004 г. ведется подготовка к комплексному опробованию в объеме,

предусмотренном Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей. В объем комплексного опробования входит проведение 72-часовых испытаний на режиме номинальной мощности с выдачей электроэнергии в сеть и выполнение 10 пусков. Выполнение комплексного опробования с утверждением Акта рабочей комиссии позволит ввести электростанцию в опытно – промышленную эксплуатацию и начать работы по второй очереди строительства.

Разработано технико-экономическое обоснование создание электростанции на ОПЭ "Каборга" парогазовой установки ПГУ-160. Создание ПГУ-160 с газотурбинной установкой ГТЭ-110 позволит:

- продолжить длительные испытания ГТД 110 в промышленных условиях в составе парогазовой установки;
- продемонстрировать современный путь

#### Література

- Бондин Ю.Н., Сорочин В.В. Реконструкция газопроводов на базе отечественной техники // Нефть и газ. – 2000. №4 – С. 30-33
- 2. Блинов П.А., Земеров С.В., Рубцов Г.К. Об экономической эффективности сооружения парогазовой установки на газокомпрессорной станции // Промышленная энергетика. 1999. №3. С. 2-4.
- Билека Б.Д., Васильев Е.П., Кабаков В.Я. Энергоустановки на низкокипящих рабочих телах для утилизации сбросной теплоты ГПА для выработки электроэнергии на компрессорных станциях магистральных газопроводов // Сборник докладов научно-"Использование производственной конференции газотурбинных, уста-новок когерационных возобновляемых источников энергии для решения