

Многорезимные карнотизированные газотурбинные установки (МКГТУ) мощностью от 1 по 12 МВт эл.

Е. Г. Будылов, М. М. Тревгода

Описание продукта/технологии

Многорезимные карнотизированные (с термодинамическим циклом, приближенным к циклу идеальной тепловой машины – циклу Карно) газотурбинные установки¹ с электрической мощностью от 1 по 12 МВт могут иметь применение в качестве транспортабельных газотурбинных энергостанций (от ТГТЭС-1 по ТГТЭС-12), локомотивных и судовых двигателей, а также двигателей иных транспортных средств и трубопроводного транспорта.

Интерес представляют все направления использования МКГТУ. Наиболее широкое применение МКГТУ будут иметь в региональном энергоснабжении в виде ТГТЭС.

ТГТЭС является многофункциональным источником электроэнергии и тепла для автономного энергоснабжения промышленных и бытовых потребителей в виде одно модульных и/или много модульных энергостанций, а также для поставки электроэнергии в местную или централизованную энергосистему. Тепловая энергия может поставляться потребителю в систему теплофикации в объёме попутного тепла (без снижения электрической мощности) или в большем объёме при некотором снижении установленной электрической мощности. При снижении электрической мощности станция может также выдавать высокопотенциальную тепловую энергию (с температурой до 1 100 °С) для различных энерготехнологических применений.

Основные технико-экономические характеристики энергостанций, оцененные по результатам технической проработки проекта, имеют значения, представленные в таблице 1:

Таблица 1

Наименование характеристик	ТГТЭС-1	ТГТЭС-12
Тепловая мощность, МВт	1,75	21,0
Расход топлива (природного газа), м ³ /кВтч	0,14	
Электрический (системный) к.п.д., %	60,0	
Установленная электрическая мощность (брутто), МВт	1,05	12,6
Электрическая мощность, отдаваемая в сеть, МВт	1,0	12,0
Мощность теплофикационная (без снижения электрической), Гкал/час	0,3	3,6
КИУМ, %	99,2	
Годовой отпуск электроэнергии, ГВтч	8,69	104,28
Годовой отпуск тепловой энергии коммунальных параметров, Ткал	2,62	31,38
Ресурс назначенный, тыс. час	~100	
Продолжительность работы до капитального ремонта, тыс. час	~25	
Количество капитальных ремонтов	3	
Срок службы энергостанции, лет	50	
Число остановов на ППР	31	
Продолжительность одного останова на ППР, час	~28	

Дополнительно следует отметить, что ТГТЭС-1 и ТГТЭС-12 присущи следующие потребительские характеристики, предварительные значения которых представлены в таблице 2):

¹ - по граничным значениям электрической мощности обозначения установок будут соответственно МКГТУ-1 и МКГТУ-12

Таблица 2

	ТГТЭС-1	ТГТЭС-12
Масса установки, т	4÷5	20÷25
Габаритные размеры установки LxWxH, м	4x3x2	10,0x3,5x4,2
Удельная материалоемкость, кг/кВт	1,5÷2,5	
Снижение к. п. д. энергопреобразования при работе энергоблока на частичной мощности, вплоть до 20% от установленной, %	не более чем до 55 %	
Суммарный к. п. д. с учётом выдачи тепла для нужд теплофикации, %	до 85 %	
Возможность использования различных газообразных и жидких топлив	природный газ, сингаз и др., керосин, дизтопливо, нефть, мазут	
Расход топлива в режиме холостого хода, % от номинального	3÷5	
Малая пусковая мощность, кВт	3÷5	
Малошумность энергоблока, дБ	50÷60	
Уровень удельных выбросов выхлопных газов (экологичность), кг/кВт	~ в 1,5 раза ниже, чем у лучших ГТУ	
Транспортабельность (размещение оборудования ТГТЭС-12 в транспортном блоке)	возможность доставки энергостанции в состоянии полной заводской готовности различными видами транспорта: железнодорожным, автомобильным и водным	

Возможна доработка базового модуля, обеспечивающая производство высокопотенциальной тепловой энергии горячего газа с температурой до ~1 100°C при соответствующем уменьшении электрической мощности и регулировании соотношения между выдаваемыми электрической и теплофикационной мощностями.

Сравнение с конкурирующими решениями

В таблице 3 представлены основные параметры ГТУ, наиболее близких по мощности как к МКГТУ-1, так и к МКГТУ-12:

Таблица 3

Наименование параметров	МКГТУ		ГТУ				
	ТГТЭС-1	ТГТЭС-12	Saturn 20, Solar Turbines	12П ²	SGT-400 "Циклон" Siemens	GE 10-1 ³	Mars 100 Turbomach SA
Электрическая мощность, МВт	1,05	12,6	1,2	12,4	12,9	11,25	11,43
К.П.Д., %	60,0	60	24,4	34,6	34,8	31,4	33,0
Температура газов на входе в турбину, °С					1256		
Температура газа на выходе из турбины, °С			506	470	555		484
Расход рабочего тела через двигатель, кг/с				44,7	39,4		
⁴ Топливо	пг&жт						
Ресурс, тыс.ч							
межремонтный	25	25		25			
назначенный	100	100		100			
Масса, т	4÷5	20÷25	14,0				
Габаритные размеры, м	4x3x2	10,0x3,5x4,2	6,0x7,61x1,8				

Видно, что экономичность ТГТЭС-1 и ТГТЭС-12 (к. п. д.) в 2,5 раза выше, чем у Saturn 20, и в 1,7÷1,9 раза выше по сравнению с остальными аналогами.

² - производитель Пермский моторный завод

³ - фирмы General Electric

⁴ - пг&жт – природный газ или различные виды жидкого топлива

Перечень фирм, производящих ГТУ или ТЭС на их основе, значительно шире представленных в таблице 2:

- российские:
 - ✓ ОАО "Пермский моторный завод" (г. Пермь)
 - ✓ АО «Люлька-Сатурн» (Москва),
 - ✓ ОАО «Рыбинские Моторы» (г. Рыбинск), оба входят в НПО «Сатурн»,
 - ✓ НПП им. В.Я. Климова (Санкт-Петербург),
 - ✓ ФГУП ММП «Салют» (Москва) и другие
- зарубежные:
 - ✓ [Capstone \(Кэпстоун\)](#) - микротурбины,
 - ✓ [General Electric \(Дженерал Электрик\), GE](#) – ГТУ GE 10 –1 и GE 10 –1,
 - ✓ [Kawasaki \(Кавасаки\)](#) – ГТУ мощностью от 1,1 до 19,1 МВт ,
 - ✓ [MAN TURBO AG](#) – ГТУ тип ТНМ мощностью от 5 до 10 МВт и тип FT8 мощностью 27,6 МВт и др.,
 - ✓ [Mitsubishi Heavy Industries, \(Митсубиши Хэви Индастриз\)](#) – ГТУ мощностью от двадцати киловатт ([микротурбины](#)) до нескольких десятков МВт,
 - ✓ [OPRA \(ОПРА\)](#) – ГТУ мощностью от 2 до 10 МВт,
 - ✓ [Rolls-Royce \(Роллс-Ройс\)](#) – ГТУ мощностью от 4 до 58 МВт,
 - ✓ [Siemens \(Сименс\)](#) – ГТУ SGT 100 – 800 мощностью соответственно от 4,3 до 47 МВт.,
 - ✓ [Solar Turbines \(Солар Турбайнз\)](#) – ГТУ мощностью 1,2 до 22 МВт.,
 - ✓ [Turbomach5 \(Турбомах\)](#) – ГТУ мощностью 1,2 до 22 МВт,
 - ✓ [Calnetix](#) - микротурбины мощностью 100 кВт,
 - ✓ [Dresser–Rand](#) – ГТУ мощностью от 1,53 до 2,25 МВт.

Модельные ряды некоторых производителей, характеризующие рынок подобной продукции, представлены на рисунках 1-5. Здесь же приведены сведения об экономичности (к.п.д.) установок.

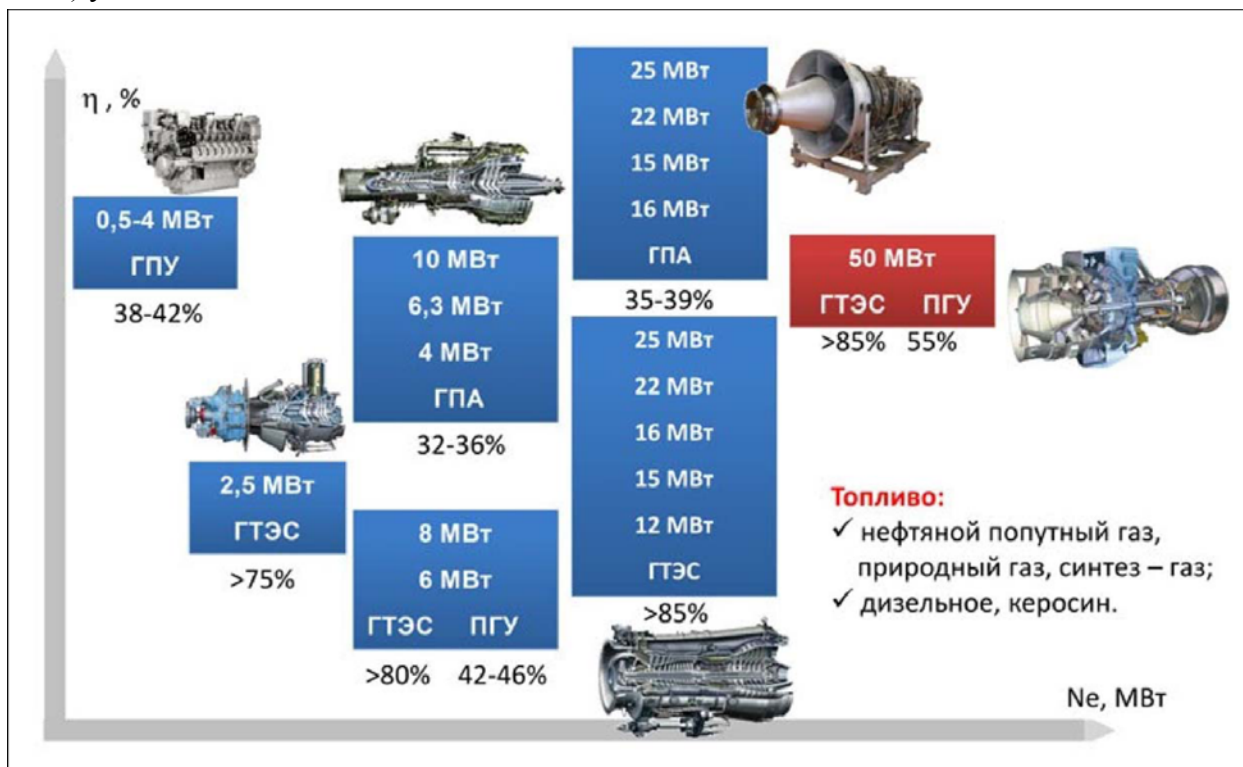


Рисунок 1 Модельный ряд ГТУ НПО "Сатурн" [1]

⁵ - фирма Turbomach производит ТЭС на базе ГТУ производства фирмы Solar Turbines

Газотурбинные установки Пермского моторного завода	Мощность, МВт												к.п.д., %	
			2,5	4	6					10	12	16		25
ГТУ-2,5П														21,1
ГТУ-4П														24,0
ГТУ-6П														26,2
ГТУ-10П														32,5
ГТУ-12П														32,6
ГТУ-16П														35,5
ГТУ-25П														36,7

Рисунок 2 Модельный ряд ГТУ ОАО "Пермский моторный завод" [2]

Газотурбинные установки Siemens серии SGT	Мощность, МВт										к.п.д., %		
		4,3	5,2	6,7	8	13	17	25	29	47			
SGT-100 «Тайфун»													30,5
SGT-200 «Торнадо»													31,5
SGT-300 «Темпест»													31,2
SGT-400 «Циклон»													34,8
SGT-500													32,2
SGT-600													34,2
SGT-700													36,0
SGT-800													37,5

Рисунок 3 Модельный ряд ГТУ Siemens серии SGT [3]

Газотурбинные установки TURBOMACH	Мощность, МВт												к.п.д., %	
		1		5		10		15		20				
TURBOMACH 1601													24,4	
TURBOMACH 4701													27,8	
TURBOMACH 6201													29,3	
TURBOMACH 6001R														
TURBOMACH 7901													31,5	
TURBOMACH 7401														
TURBOMACH 10301														
TURBOMACH 16002													33,0	
TURBOMACH 20501													35,2	
TURBOMACH 30002														39,2

Рисунок 4 Модельный ряд ГТУ TURBOMACH [4, 5]

Газотурбинные установки Solar Turbines	Мощность, МВт																к.п.д. двиг., %
	1	5	10	15	20												
Saturn 20																	24,4
Centaur 40																	35,7
Centaur 50																	35,7
Mercury 50																	
Taurus 60																	35,7
Taurus 65																	
Taurus 70																	35,7
Mars 90																	35,7
Mars 100																	35,7
Titan 130																	35,2
Titan 250																	

Рисунок 5 Модельный ряд ГТУ Solar Turbines [5, 6]

Представленные данные по к. п. д. аналогов показывают, что электрический или механический к. п. д. собственно ГТУ не превышает 40%, однако комбинирование ГТУ с паровой турбиной увеличивает электрический к. п. д. ПГУ до 50÷55% [7]. Тем не менее, указанный уровень к. п. д. остаётся ниже уровня к. п. д. предлагаемой МКГТУ-1 (ТГТЭС-1) и МКГТУ-12 (ТГТЭС-12).

Кроме того, большинство предлагаемых ГТУ, близких по установленной электрической мощности к МКГТУ-12, не являются мобильными, т. е. при их сооружении требуются строительные работы по возведению защитных сооружений для размещения ГТУ и обеспечивающих систем и оборудования.

ТГТЭС-1 и ТГТЭС-12 изначально являются мобильными энергостанциями полностью заводского изготовления и перемещаемыми к месту эксплуатации любым доступным по грузоподъёмности транспортом, как, например, ГТУ FT8 MOBILEPAC (см. рисунок 6).



Рисунок 6 ГТУ FT8 MOBILEPAC

Необходимые инвестиции

Сметная стоимость проектов сооружения серийных энергостанций ТГТЭС-1 и ТГТЭС-12 на стадии подготовки инвестиционного предложения и декларации о намерениях оценивается главным конструктором ОКБ ГТ НП ОАО "Сатурн-ГТ" по удельной стоимости установленной электрической мощности в диапазоне 700÷1 000 \$/кВт.

Для головных энергостанций этот показатель ориентировочно принят равным 2 200 \$/кВт.

Фирма Solar Turbines оценивает свои серийные модульные газотурбинные тепловые электростанции (мощностью от 2 до 70 МВт) – по цене 1 450 \$ за 1 кВт комплектной установки [8] или 1 000 €/кВт [9]

При ориентировании на верхнюю границу диапазона удельной стоимости установленной мощности для энергостанций рассматриваемой мощности, стоимость сооружения се-

рийных энергостанций ТГТЭС-1 и ТГТЭС-12 составит соответственно ~31 млн. руб. и ~370 млн. руб. с учетом брутто установленной электрической мощности (1,05 и 12,6 МВт) и среднего курса доллара за 2011 год (29,387 руб.). Для головных энергостанций этот показатель составит ~68 млн. руб. и ~815 млн. руб. соответственно, в том числе ~10 млн. руб. и ~80 млн. руб. стоимость разработки.

Для сопоставления приведенных данных по стоимости сооружения ТГТЭС-1 и ТГТЭС-12 ниже приведены сведения о стоимости строительства и реконструкции ТЭС. В основном это сведения о сооружении или реконструкции Краснодарской и Североуральской ТЭС с ПГУ-410. Результаты анализа этих сведений представлены в таблице 4.

Таблица 4

Стоимость сооружения, млрд. руб.	Удельная стоимость установленной мощности, \$/кВт	Источник
~7,93 (190 млн. €)	~645 (390 €/кВт или ~543 \$/кВт только новой мощности)	[10]
0,126	600	[11]
11,8	960	[12]
12,0	976	[13]
15,0	1 220	[14]
~14,61 (350 млн. €)	1 188	[15]
24,45	1 988	[16]

Как следует из таблицы 4, диапазон значений удельной стоимости установленной мощности по интернет – источникам несколько шире, чем оцененный разработчиками ГТУ. А средние значения указанных диапазонов соотносятся как 850 \$/кВт и 1068 \$/кВт.

По предварительным оценкам с учётом указанных выше стоимостей разработки и сооружения отпускные тарифы серийных и головных ТГТЭС-1 и ТГТЭС-12 ожидаются, соответственно, на уровне 266 и 314 коп/кВтч и 156 и 233 коп/кВтч.

Результаты предварительной оценки окупаемости проекта разработки и изготовления головного образца ТГТЭС-1 и ТГТЭС-12 за счёт бесплатных и безвозвратных инвестиций в зависимости от себестоимости изготовления серийных ТГТЭС-1 и ТГТЭС-12 при отпускной цене с НДС по 1 000 \$/кВт установленной электрической мощности представлены на рисунке 7.

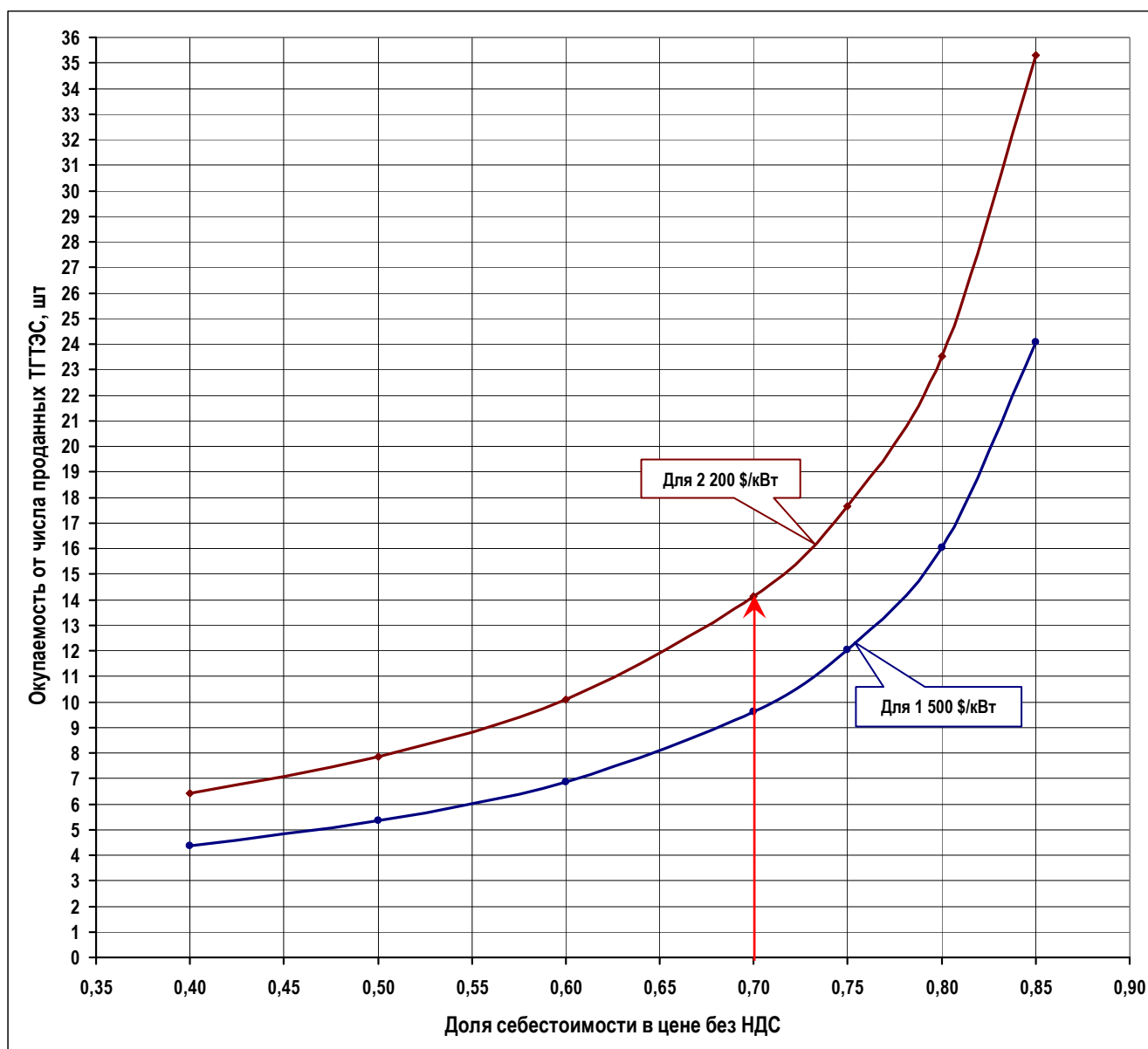


Рисунок 7 Предварительная оценка окупаемости безвозвратных инвестиций в зависимости от себестоимости продукции при её цене без НДС 1 000 \$/кВт установленной электрической мощности

Поскольку, по оценкам разработчиков ТГТЭС-1 и ТГТЭС-12 ОКБ ГТ НП ОАО "Сатурн-ГТ", себестоимость серийной установки ожидается на уровне 0,7 от цены без НДС, окупаемость инвестиций обеспечивается от продажи 15 серийных как ТГТЭС-1, так и ТГТЭС-12 при удельной стоимости установленной электрической мощности головного образца 2 200 \$/кВт. При удельной стоимости установленной электрической мощности головного образца 1 500 \$/кВт окупаемость инвестиций обеспечивается от продажи 10 серийных ТГТЭС-1 или ТГТЭС-12.

Схема коммерциализации и бизнес-модель

Предлагаемая энергостанция является наукоёмким и высокотехнологичным продуктом, её разработка предусматривается в кооперации предприятий:

- ФГУП "ГНЦ РФ-ФЭИ" – научное руководство,
- ОКБ ГТ НП ОАО "Сатурн-ГТ" – главный конструктор и испытатель головного образца ТГТЭС-1 или ТГТЭС-12,

– ОАО "Сатурн-ГТ" – серийное производство ТГТЭС-12, а в проекте работа по привязке к заводской технологии.

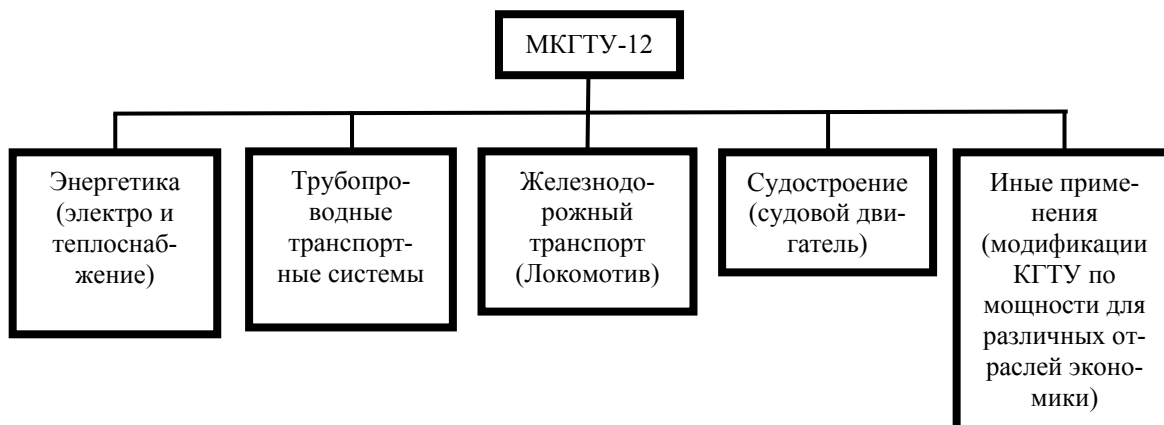
Головной (пилотный) образец предполагается изготовить на специализированном предприятии ОАО "Сатурн-ГТ" с закупкой необходимых комплектующих, таких как электрогенератор и др.

Серийное производство с комплектацией МКГТУ-1 под ключ до энергостанции ТГТЭС-1 предполагается организовать на ОАО "КАДВИ".

Серийное производство с комплектацией МКГТУ-12 под ключ до энергостанции ТГТЭС-12 может быть размещено как на ОАО "Сатурн-ГТ", так и ОАО ПМЗ.

Характеристики рынка создаваемого продукта/технологии

Рыночные ниши создаваемого продукта могут быть описаны следующей схемой:



Предполагается, что ТГТЭС-12 будет более компактным продуктом, чем ГПА-12 на базе ГТУ-12П производства Пермского моторного завода (ПМЗ) (см. рисунки 8 и 9 соответственно), продукция которого пользуется спросом на российском рынке энергетического оборудования. Номенклатура продукции ПМЗ представлена на сайте [17]. Перечень этой продукции в части ГТУ представлен в таблице 5.



Рисунок 8 ГПА-12

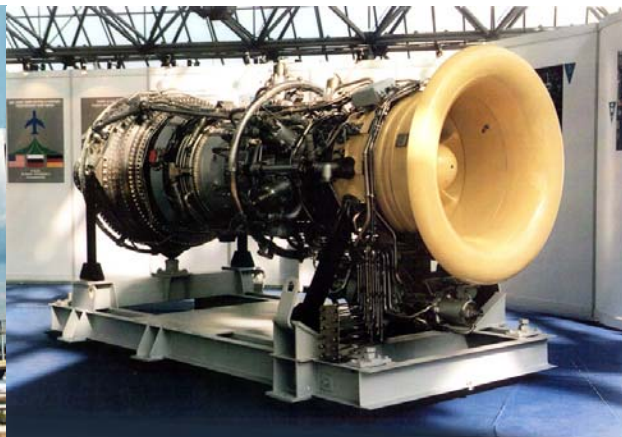


Рисунок 9 ГТУ-12П

Таблица 5 Номенклатура продукции [17] и список объектов с ГТУ производства ПМЗ, введенных/вводимых в эксплуатацию на 01.08.2011 г. [18]

Наименование продукции	Установленная мощность, МВт	Количество эксплуатируемых, шт.	Наработка в эксплуатации, час	Применение
ГТУ-2,5П	2,5	138	3 136 473	ГТУ электростанции, ГТУ для энергетики, ГТУ для трубопроводного транспорта [17]
ГТУ-4П	4	36	1 255 488	
ГТУ-6П	6	26	252 493	
ГТУ-10П	10	48	449 157	
ГТУ-12П	12	121	2 675 813	
ГТУ-16П	16	212	3 548 095	
ГТУ-25П	25	21	58 121	
Итого:		599		

Всего ПМЗ изготовил и поставил заказчикам 605 газотурбинных установок. С начала 2011 г. ПМЗ выпущено 23 газотурбинные установки.

Сведения о количестве эксплуатируемых ГТУ ПМЗ их мощности и наработке в эксплуатации представлены в референс-листе на 01.08.2011 г. [18], выборка из которого дана в таблице 5. Перечень потребителей продукции ПМЗ, составленный на основе референс-листа [18], представлен ниже:

- | | |
|---|--|
| – "Сахалин Энерджи Инвестмент Компани Лтд." | – ООО "Газпром добыча Уренгой" |
| – ЖКХ г. Звенигорода | – ООО "Газпром добыча Ямбург" |
| – ЗАО "НОРТГАЗ" | – ООО "Газпром инвест Восток" |
| – НК «Роснефть» | – ООО "Газпром ПХГ" |
| – НПО "Искра" | – ООО "Газпром трансгаз Волгоград" |
| – ОАО "Севернефтегаз" | – ООО "Газпром трансгаз Екатеринбург" |
| – ОАО "ПГПЗ", ЗАО "Сибур-Химпром" | – ООО "Газпром трансгаз Екатеринбург" |
| – ОАО "ПМЗ" | – ООО "Газпром трансгаз Кубань" |
| – ОАО "Сургутнефтегаз" | – ООО "Газпром трансгаз Москва" |
| – ОАО "Таркосаленефтегаз" | – ООО "Газпром трансгаз Самара" |
| – ОАО "ТГК-6" Ивановский филиал | – ООО "Газпром трансгаз Санкт-Петербург" |
| – ОАО "ТГК-9" | – ООО "Газпром трансгаз Ставрополь" |
| – ОАО "Томскгазпром" | – ООО "Газпром трансгаз Сургут" |
| – ОАО "Уралкалий" | – ООО "Газпром трансгаз Уфа" |
| – ОАО «Компания ЮГ» | – ООО "Газпром трансгаз Ухта" |
| – ОАО «РИТЭК» («ООО "Урал-Ойл") | – ООО "Газпром трансгаз Чайковский" |
| – ООО "Газпром трансгаз Екатеринбург" | – ООО "Газпром трансгаз Югорск" |
| – ООО "Газпром трансгаз Самара" | – ООО "Газпромнефть-Хантос" |
| – ООО "Газпром трансгаз Сургут" | – ООО "Лукойл – Западная Сибирь" |
| – ООО "Башкирская генерирующая компания" | – ООО "НОВАТЭК-Таркосаленефтегаз" |
| – ООО "Белтрансгаз" | – ООО «Газпром добыча Надым» |
| – ООО "Бургаз" | – ООО «Газпром трансгаз Кубань" |
| – ООО "Бурэнерго" | – ООО «Газпром трансгаз Ухта" |
| – ООО "Газпром добыча Надым" | – ООО «ЮНГ-Энергонефть» |
| – ООО "Газпром добыча Ноябрьск" | – Турция |
| – ООО "Газпром добыча Оренбург" | – |

Номенклатура продукции НПО Сатурн представлена на сайте [19]. Перечень этой продукции в части ГТУ представлен в таблице 6.

Таблица 6 Список объектов с газовыми турбинами производства НПО Сатурн, введенных/вводимых в эксплуатацию на июль 2011г. [19]

Вид объекта	Установленная мощность, МВт	Количество агрегатов, шт.	Суммарная наработка, час
ГТЭС на базе ДО49Р	50	20	260 402
ГТЭС на базе ГТД-6/8РМ	240	39	961 203
ГТЭ/ПГУ на базе ГТД-110	1 180	6	⁶ 55 988
ГПА на базе ГТД-4РМ	84	21	101 795
ГПА на базе ГТД-6,3РМ (/8)	78,3	10	6 327
ГПА на базе ГТД-10РМ	20	2	30 148
Всего:	1 652,3	98	1 415 863

Кроме отечественной продукции на российских предприятиях используется и аналогичная техника ряда зарубежных компаний.

В частности, общее количество газовых турбин фирмы Solar Turbines, поставленных в Россию и страны СНГ, по состоянию на начало 2010 года – 208 шт. [20]. В 39 странах мира установлено более 800 газотурбинных модулей TURBOMACH в т. ч. в России – 149 [21], причём на ТЭС поставляемых TURBOMACH используются ГТУ Solar Turbines, поэтому референс-листы этих фирм указывают на одни и те же предприятия России, применяющие их продукцию:

- Газпром, Мострансгаз, Газохранилище, Рязанская обл.;
- Газпром, Югтрансгаз, Газохранилище, Саратовская обл.;
- Газпром, Оренбурггазпром, Газохранилище, Оренбургская обл.;
- Газпром, Газопровод Оренбург-Челябинск
- Газпром, Газопровод «Союз»
- Газпром, Мострансгаз, Газохранилище, Рязанская обл.;
- Газпром, Мострансгаз, Газохранилище, Рязанская обл.;
- Газпром, Лентрансгаз, Компрессорная станция, п. Южки, Ленинградская обл.;
- Оренбургнефть, Газоперерабатывающий завод, п. Холодные Ключи, Оренбургская обл.;
- Оренбургнефть, Газоперерабатывающий завод, п. Холодные Ключи, Оренбургская обл.;
- Оренбургнефть, Газоперерабатывающий завод, п. Холодные Ключи, Оренбургская обл.;
- Мегионнефтегаз, Покамасовское нефтяное месторождение, Тюменская обл.;
- Мегионнефтегаз, Ново-Покурское нефтяное месторождение, Тюменская обл.;
- Пивной завод «Балтика», Пивной завод «Балтика», Санкт-Петербург, Ленинградская обл.;
- Севергазпром, Сосногорский газоперерабатывающий завод, г. Ухта, Республика Коми;
- Пивной завод «Балтика», Пивной завод «Балтика», г. Ростов на Дону, Ростовская обл.;
- Exxon Neftegas Limited (Сахалин 1), Нефтяной терминал, п. Де-Кастри, Хабаровский кр.;
- ЛУКОЙЛ Западная Сибирь, Локосовский газоперерабатывающий завод, г. Лангепас, Тюменская обл.;
- ЛУКОЙЛ АИК, Когалымское месторождение, г. Когалым, Тюменская обл.;
- ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть, Нефтяная платформа, Каспийское море, месторождение Корчагино;
- ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть, Нефтяная платформа, Каспийское море, месторождение Корчагино;
- Салым Петролеум, Западно-Салымское месторождение, Тюменская обл.;
- ЛУКОЙЛ АИК, Когалымское месторождение, г. Когалым, Тюменская обл.;
- Северное сияние (Сопосо Phillips), Ардалинское месторождение, п. Харьяга, Ненецкий АО;

⁶ - эквивалентная наработка

- Оренбургнефть (ТНК-ВР), Зайкинский газоперерабатывающий завод, г. Бузулук, Оренбургская обл.;
- Муниципальные сети г. Красавино, ТЭЦ г. Красавино, Вологодская обл.;
- МосОблГаз, Московская обл.;
- ЛУКОЙЛ-Север, Тэдинское месторождение, Республика Коми;
- Нарьянмарнефтегаз, Подземное хранилище газа, г. Нарьян-Мар, Ненецкий АО;
- ЛУКОЙЛ АИК, Когалымское месторождение, г. Когалым, Тюменская обл.;
- Exxon Neftegas Limited (Сахалин 1), Месторождение Одопту, о. Сахалин;
- Муниципальные сети г. Ногинск, ТЭЦ г. Ногинск, Московская обл.;
- Exxon Neftegas Limited (Сахалин 1), Месторождение Одопту, о. Сахалин;
- ТНК-ВР, Усть-Тегусское месторождение, Тюменская обл.;

За последние 6 лет компания Siemens установила в России свыше десятка газовых турбин SGT-800 [22]. Только в московский регион с 2001 г. поставлено в общей сложности 13 газовых турбин SGT-800 [23].

Замена энергетического оборудования на российских предприятиях начала осуществляться в основном в последнем десятилетии как российским, так и зарубежным оборудованием. Тем не менее, объёмы устаревшего оборудования составляют значительную долю парка энергетического оборудования. По объёму устаревшего энергетического оборудования Россия занимает 1-ое место среди ведущих экономик мира.

Из статистических источников известно, что 30% российского парка энергетического оборудования эксплуатируется уже более 40 лет [24] (см. рисунок 10).

Представленная характеристика российского рынка энергетического оборудования показывает, что уже только эта ниша сможет обеспечить экономическую эффективность производства МКГТУ-12 (ТГТЭС-12), уровень экономичности которого по сравнению, например, с ГТЭС-12П [25] или ГТУ-12ПГ-2, использующейся в составе газотурбинной блочно-модульной электростанции ЭГЭС-12С [26], существенно выше (электрический к.п.д. в ~1,7 раза выше) и превышает к.п.д. ПГУ [7].

Следует ожидать также, что такие установки как МКГТУ-1÷12 могут найти широкое применение по всем направлениям их использования, особенно в условиях повышения требований к энергосбережению.

Текущий статус проекта

Прединвестиционная стадия с предварительной проработкой технических аспектов включая чертежи общих видов и оценку технико-экономических показателей на концептуальном уровне.

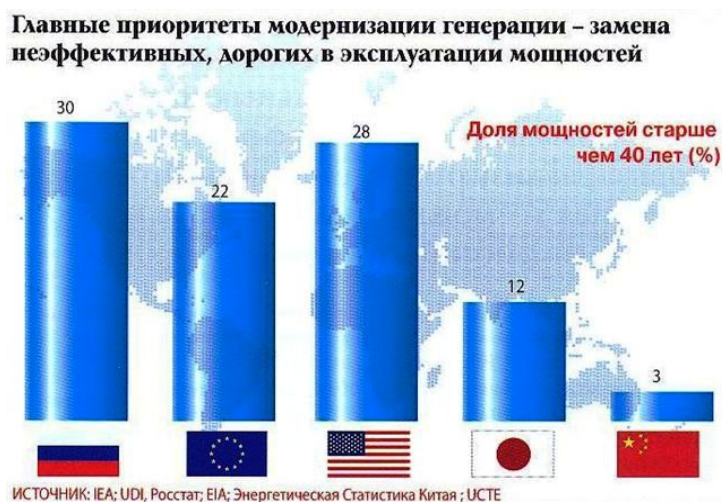


Рисунок 10

Использованные источники

- 1 Модельный ряд ГТУ НПО "Сатурн" [WWW document].
- 2 Номенклатура ГТУ ОАО "Пермский моторный завод" [WWW document].
<http://www.e-m.ru/er/2004-05/22513/>
- 3 Модельный ряд ГТУ Siemens серии SGT " [WWW document].
<http://www.manbw.ru/analitics/siemens.html>
- 4 Модельный ряд ГТУ TURBOMACH [WWW document].
<http://www.manbw.ru/analitics/turbomach.html>
- 5 Газовые турбины TURBOMACH для автономного производства электричества, пара и тепловой энергии [WWW document].
http://www.manbw.ru/analitics/solar_turbines_turbomach.html
- 6 Модельный ряд ГТУ Solar Turbines [WWW document].
<http://www.manbw.ru/analitics/solar.html>
- 7 Ольховский Г. "Применение ГТУ и ПГУ на электростанциях", журнал "Энергорынок" № 5, 2004 г. <http://www.e-m.ru/er/2004-05/22513/>
- 8 [WWW document]. <http://www.manbw.ru/analitics/solar.html>
- 9 [WWW document]. <http://www.manbw.ru/faq/part2.html>
- 10 Реконструкция Краснодарской ТЭЦ с установкой ПГУ-410 [WWW document]. http://tek-kuban.ru/dep_plant/inv_projects/kr_tes.html
- 11 Строительство мини-ТЭЦ мощностью 7 МВт [WWW document].
<http://www.combienergy.ru/primer115.html>
- 12 [WWW document]. <http://www.vsesmi.ru/news/662070/1397070/>
- 13 WWW document].
- 14 Ростехнадзор проверил строительство Краснодарской ТЭЦ [WWW document].
<http://www.yuga.ru/news/183869/>
- 15 Среднеуральская ГРЭС. Строительство ПГУ-410 (энергоблок №12) [WWW document]. <http://www.ogk-5.com/ru/invest/sgres/>
- 16 Строительство ПГУ-410 на СУГРЭС [WWW document]. <http://sverdl-invest.midural.ru/projects/ec5/pg1/242/>
- 17 Номенклатура промышленных ГТУ ОАО "ПМЗ" [WWW document]
<http://www.avid.ru/pr/gallery/photos/18/>
- 18 Референс-лист по промышленным ГТУ ОАО "ПМЗ" [WWW document]
http://www.avid.ru/products/gtu_energy/reflist/
- 19 Референс-лист по промышленным ГТД НПО Сатурн (07.2011) [WWW document]
[http://www.npo-saturn.ru/upload/editifr/2011/55_0_Referenc_list_po_promyshlennym_GTD_NPO_Saturn_\(07.2011\).pdf](http://www.npo-saturn.ru/upload/editifr/2011/55_0_Referenc_list_po_promyshlennym_GTD_NPO_Saturn_(07.2011).pdf)
- 20 Реализованные проекты автономного энергоснабжения на базе газотурбинных установок Solar Turbines. [WWW document].
http://www.manbw.ru/files/solar_turbines_turbomach/ex_in_ru%20.pdf
- 21 Реализованные проекты автономного энергоснабжения на базе электростанций TURBOMACH - газотурбинных установок Solar Turbines [WWW document].
http://www.manbw.ru/analitics/realized_project_turbomach_solar_gas_power_plant.html
- 22 [WWW document]. <http://www.manbw.ru/analitics/siemens.html>
- 23 [WWW document]. <http://1gw.blogspot.com/2007/10/siemens.html>
- 24 Первая научная конференция Сколково: "Умные деньги для умного бизнеса", статья в журнале "Нанотехнологии экология производство" № 4 (11) июль 2011.
- 25 Газотурбинная блочно-модульная электростанция ГТЭС-12П мощностью 12 МВт [WWW document]. http://www.avid.ru/products/eps/gts_12p
- 26 ГТЭС Ватъеганского месторождения на базе энергоблоков ЭГЭС-12С-01 [WWW document]. http://www.iskra-energy.ru/storages/articles/GTES-72_Vateganskoe.pdf