

УДК 629.12:621.438.004

В.М. ГОРБОВ, А.К. ЧЕРЕДНИЧЕНКО*Национальный университет кораблестроения
им. адмирала Макарова, Николаев, Украина***АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ
ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В СУДОВОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ**

Рассмотрены области применения газотурбинных двигателей в коммерческом судостроении, предложено оценивать характеристики газотурбинных двигателей морского применения по параметрам, влияющим на целесообразность и эффективность эксплуатации судна в целом. Приведено сопоставление характеристик двигателей ведущих фирм по удельным показателям экономической эффективности и удельным массогабаритным показателям. Рассмотрены варианты применения газотурбинных двигателей производства "Зоря-Машпроект" в судовой энергетике. Сделан вывод о конкурентоспособности отечественных морских двигателей на мировом рынке газотурбинной продукции.

коммерческое судостроение, газотурбинный двигатель, массогабаритные показатели, показатели экономической эффективности, судовая энергетика, конкурентоспособность

Введение

Основными факторами, сдерживающими применение газотурбинных двигателей (ГТД) на коммерческих судах являются высокие расходы на топливо, связанные с повышенными требованиями к его качеству и сравнительно высокий удельный расход топлива. Тем не менее, ГТД заняли определенную нишу в судовой энергетике. В значительной степени это связано с ростом высокоскоростных каботажных и океанских перевозок грузов и пассажиров, популярностью морского туризма, сопровождающейся увеличением пассажироместимости при одновременном повышении комфортности круизных лайнеров, увеличением числа ежегодно заказываемых супер и мегаяхт. Применение ГТД позволяет существенно снизить количество вредных выбросов при работе судовой энергетической установки в соответствии с требованиями Приложения VI Конвенции МАРПОЛ 73/78 [1]. Газотурбинные технологии весьма привлекательны к применению на объектах добычи углеводородных ресурсов с шельфа. Большие потребности технологических процессов добычи и переработки нефти и газа в электрической и тепловой энергии, возможность использования по-

путного газа в качестве топлива, обуславливают применение газотурбинных установок на морских стационарных платформах, плавучих электростанциях и в составе специализированных судов FPSO (Floating Production Storage and Offloading). Перевозка энергетических углеводородов на танкерах LNG сопровождается необходимостью утилизации испаряющегося груза, что также делает перспективным применение ГТД.

1. Общие положения

Судовая энергетическая установка, представляющая единый комплекс, состоящий из разнообразных по назначению и конструктивному исполнению элементов должна отвечать целевой функции судна. Исходя из этого, характеристики главного двигателя (в том числе газотурбинного) могут быть оценены по ряду параметров, влияющих на целесообразность и эффективность эксплуатации судна в целом, таких, как:

- параметры обеспечения эксплуатационной работоспособности (параметры надежности, живучести, маневренности);
- параметры обеспечения экономической эф-

фективности (удельный расход топлива, массогабаритные показатели, стоимостные показатели, включая затраты на обслуживание в течении срока службы изделия);

- экологические параметры.

Согласно данным ежегодных каталогов Diesel & Gas Turbine Publication (GLOBAL SOURCING GUIDE, 2007), "Газотурбинные технологии" и "Gas Turbine World" в настоящее время позиционируют свою продукцию, как ГТД морского применения следующие фирмы – производители газотурбинной техники: GE Marine (США), Kawasaki Heavy Industries (Япония), MAN Turbo AG (Германия), Mitsubishi Heavy Industries (Япония), M T U Friedrichshafen GmbH (Германия), Pratt & Whitney (США), Rolls-Royce (Великобритания), Saturn (Россия), Solar Turbine (США), Vericor (США – Германия), Zorya-Mashproekt (Украина).

2. Анализ характеристик современных морских газотурбинных двигателей

Рассмотрим характеристики газотурбинных двигателей и установок, получивших наибольшее распространение в коммерческом судостроении. Анализ информации, приведенной в специализированных изданиях "Gas Turbine World", "Diesel & Gas Turbine Worldwide", "Hansa", "MER", "Offshore Marine Technology", "Ship and Boat International", "Shipping World & Shipbuilder", "The Naval Architect", а также на официальных сайтах показывает, что наибольшее распространение на коммерческих судах получили ГТД GE Marine. В настоящее время на 17 круизных судах установлено 26 ГТД этой фирмы – шестнадцать LM 2500+ входят в состав комбинированных установок COGES, шесть LM 2500+ и четыре LM 2500 применяются в комбинированных установках CODLAG [2]. Кроме того, на 16 судах для высокоскоростной каботажной перевозки грузов и пассажиров (пассажирско-автомобильные паромы Ro-рах монокорпусного и

катамаранного исполнения), а также на нескольких мегаяхтах, наряду с вышеназванными, нашли применение двигатели LM 1600 и LM 500 этой же фирмы (всего свыше 40 единиц) [3]. Двигатели GE также входят в состав большинства газотурбинных энергетических установок судов FPSO и плавучих энергокомплексов. Самыми распространенными газотурбинными установками, применяющимися на мегаяхтах, являются TF 40, TF 50, и "спарки" TF 80 и TF 100 фирмы Vericor. Эти установки нашли применение и на нескольких скоростных катамаранах. Фирма Rolls-Royce предлагает к применению на судах три модели ГТД (не считая вспомогательных корабельных газотурбогенераторов) Sprey, WR-21 и MT30.

Типоразмерный ряд серийно выпускаемых газотурбинных двигателей НПКГ «Зоря-Машпроект» (Украина, г. Николаев) полностью перекрывает диапазон мощностей от 2,5 до 27 МВт. Все двигатели (UGT 3000, UGT 6000, UGT 6000+, UGT 10000, UGT 15000, UGT 15000+, UGT 16000, UGT 25000) и их реверсивные модификации проектировались для морских условий применения и широкого диапазона изменения возможных параметров окружающей среды. Кроме использования в составе корабельных энергетических установок эти двигатели нашли применение на скоростных ролкерах, судах на подводных крыльях и воздушной подушке, а также на плавучих блочно-модульных электростанциях и в качестве энергетических приводов.

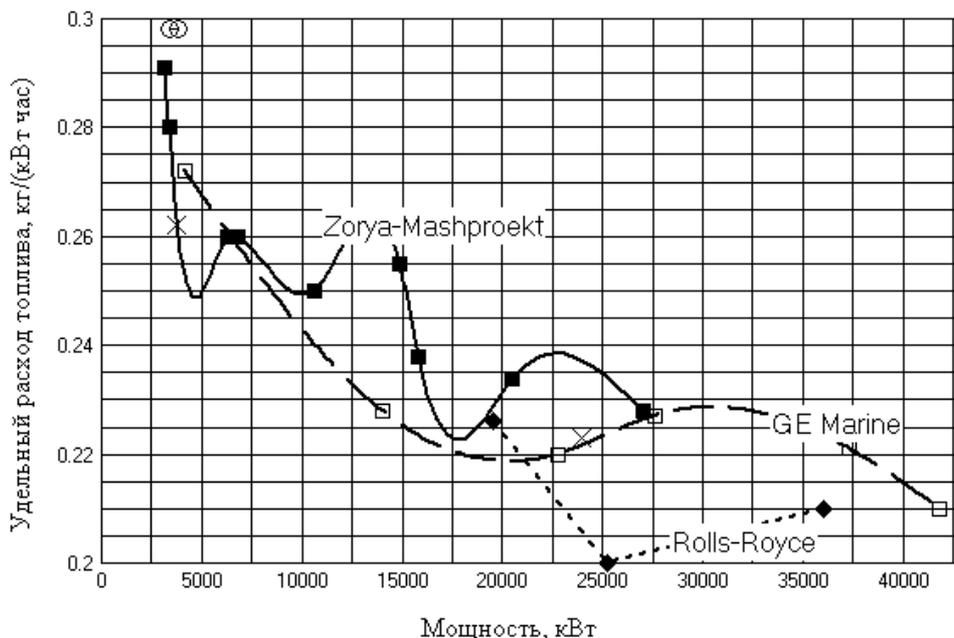
Целесообразно сравнить характеристики ГТД торговой марки UGT (Ukraine Gas Turbine) и ГТД фирм GE Marine и Rolls-Royce по следующим удельным характеристикам обеспечения экономической эффективности: удельному расходу топлива [кг/(кВт·час)] и удельной цене ГТД [\$/кВт] (рис. 1, а, б), а также удельной массе ГТД [кг/кВт] и удельной длине [м/кВт] (рис. 2, а, б).

На графиках приведены также характеристики двигателей Pratt & Whitney и Vericor, которые

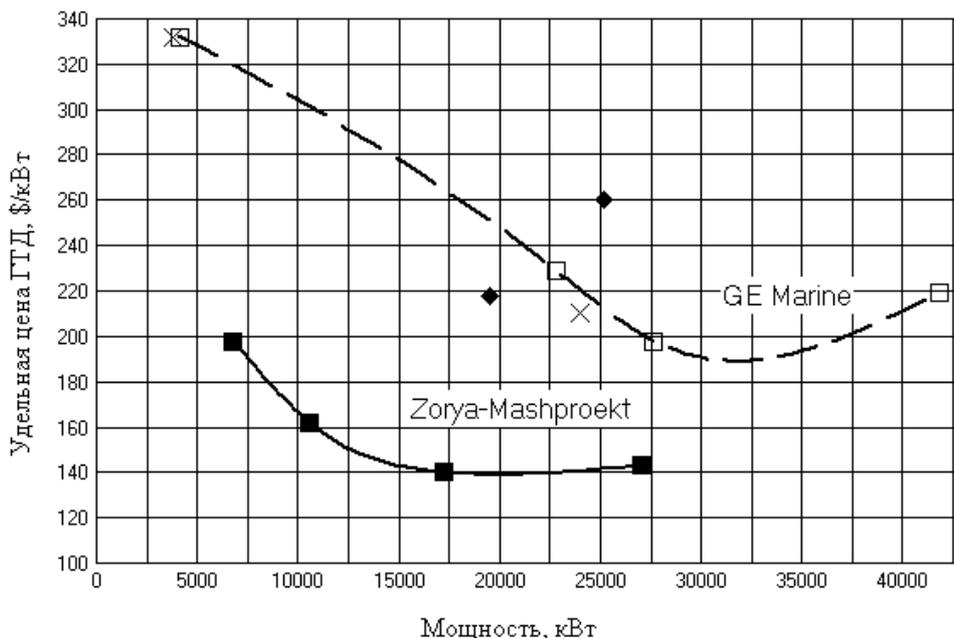
нашли применение в коммерческом судостроении. Все двигатели простого цикла, за исключением двигателя WR-21 фирмы Rolls-Royce, выполненого по схеме с промежуточным охла-

ждением воздуха и регенерацией теплоты отходящих газов.

Результаты зависимости данных характеристик от мощности ГТД приведены на рис. 1 и 2.



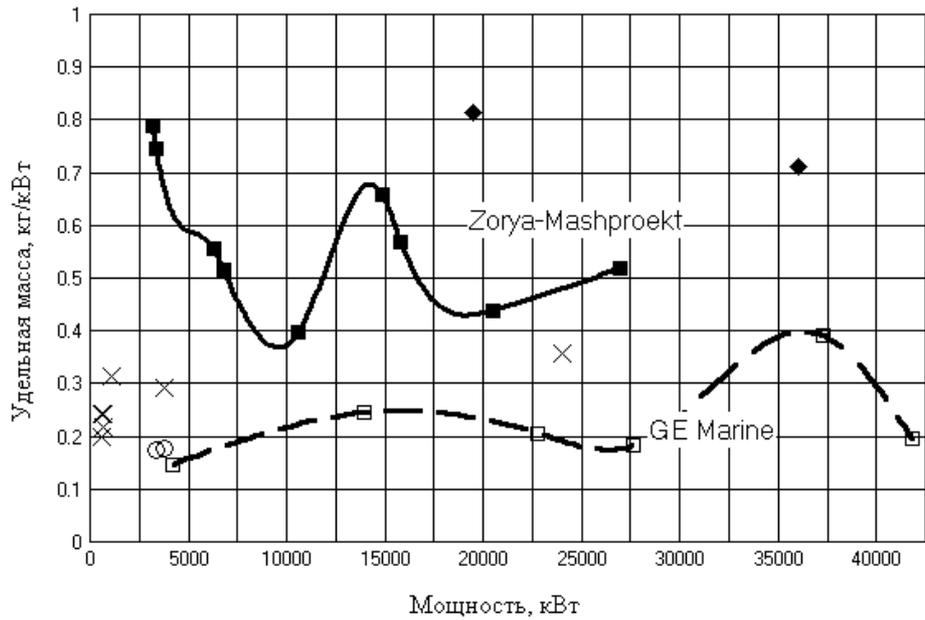
а



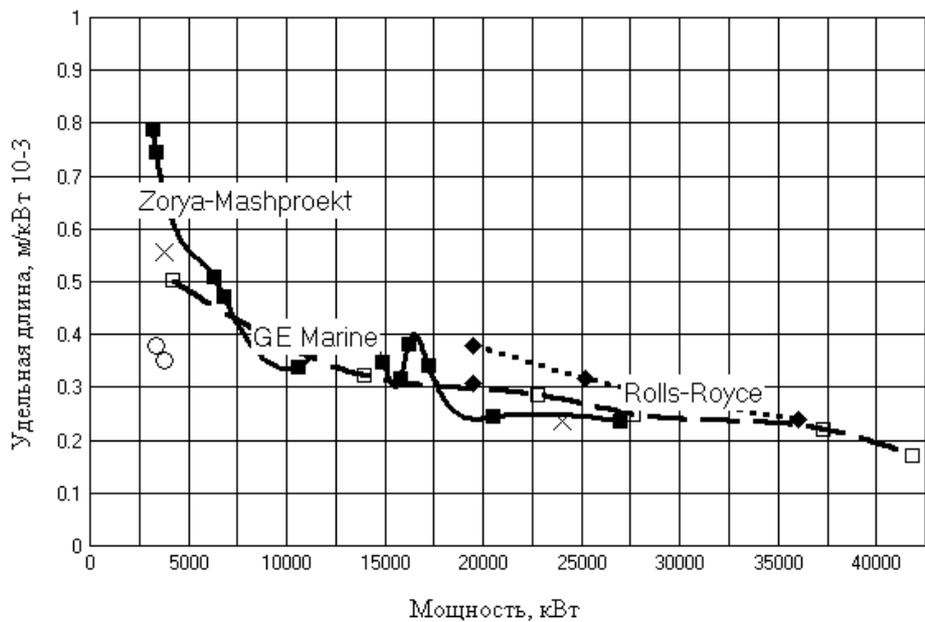
б

Рис. 1. Зависимость относительных эксплуатационных и капитальных затрат от мощности ГТД:

- а - удельного расхода топлива;
- б - удельной цены ГТД;
- - Zorya-Mashproekt; □ - GE Marine;
- ◆ - Rolls-Royce; x - Pratt & Whitney; o - Vericor



а



б

Рис. 2. Зависимость относительных массогабаритных показателей от мощности ГТД:
 а - удельной массы;
 б – удельной длины ГТД
 ■ - Zorya-Mashproekt; □ - GE Marine;
 ◆ - Rolls-Royce; x - Pratt & Whitney; o - Vericor

3. Области применения отечественных ГТД морского исполнения

Проведенный анализ показывает, что отечественные ГТД производства "Зоря-Машпроект" уступают двигателям производства GE Marine и Rolls-Royce по удельному расходу топлива (кпд ниже на 1...1,5%), а двигателям GE Marine и по массогаба-

ритным показателям. В тоже время удельная цена ГТД отечественного производства в 1,3...1,5 раза ниже, при необходимом соответствии двигателей UGT параметрам обеспечения эксплуатационной работоспособности. Это подтверждено фактом применения двигателей UGT 16000R в составе энергетической установки судна обеспечения сил быстро-

го развертывания США "Roy M. Wheat". В процессе размерной модернизации бывшего советского ролкера типа "Атлантика" двухвальная пропульсивная установка, состоящая из двух газопаротурбинных агрегатов M25 производства "Зоря-Машпроект", работающих на винты фиксированного шага осталась без изменений. О необходимой эксплуатационной работоспособности отечественной морской газотурбинной техники свидетельствует факт применения ГТД торговой марки UGT более чем на 460 кораблях ВМФ и ВМС разных стран мира.

Отработанные технологии и новые решения открывают перспективность применения двигателей UGT в качестве приводов генераторов на круизных судах с единой электроэнергетической установкой, судах FPSO, плавучих электростанциях. Установки на базе двигателей UGT перспективны к применению на арктических танкерах двойного типа плавания (DAT). Так для танкера DAT дедвейтом около 90 тыс. тонн возможно несколько вариантов установок на базе двигателя UGT 10000 (мощность 10,5 МВт, кпд 36%). Использование когенерационной установки UGT 10000С позволит одновременно с выработкой электрической энергии на ходовых режимах осуществлять подогрев груза без дополнительных затрат топлива. Другим вариантом является использование установки UGT 10000S2 с энергетическим впрыском пара в проточную часть (STIG). При этом мощность повышается до 16 МВт, а КПД (по условиям ISO 2314) до 43%. Возможно применение установки комбинированного цикла UGT 10000C1 с использованием пара для выработки дополнительной электрической энергии в утилизационном турбогенераторе. Эффективность установки при этом достигает 46%. Создание предприятием "Зоря-Машпроект" двигателей с двухтопливной камерой сгорания делает их перспективными к применению на танкерах LNG. Ход судна в грузу будет обеспечиваться за счет использования в качестве топлива испаряющегося при транспортировке газа, а

балластный переход выполняется на жидком топливе. Кроме того, на таких судах возможно размещение установок "Водолей", предусматривающих введение в цикл STIG контактного конденсатора, установленного за котлом-утилизатором. Установки STIG различной мощности освоены предприятием.

Заключение

Проведенный анализ характеристик современных морских ГТД, серийной и перспективной продукции комплекса "Зоря-Машпроект", учет наличия в составе предприятия специализированной проектной организации, опытного производства, морской испытательной станции, позволяющей исследовать влияние морских условий на характеристики эксплуатируемых и проектируемых ГТД, широкий мощностной ряд двигателей UGT позволяет сделать вывод о конкурентоспособности отечественных двигателей морского исполнения на мировом рынке газотурбинной продукции.

Литература

1. Суднова енергетика та Світовий океан: Підручник / В.М. Горбов, І.О. Ратушняк, С.І. Трушляков, О.К. Чередніченко; за ред. В.М. Горбова. - Миколаїв: НУК, 2007. - 596 с.
2. Горбов В.М., Чередниченко А.К. Основные тенденции применения газотурбинных установок на коммерческих судах // Газотурбинные технологии. – 2007. – № 9. – С. 24-30.
3. Горбов В.М., Чередниченко А.К. Газотурбинные пропульсивные комплексы для высокоскоростных паромов // Судходство. – 2007. – № 4. – С. 48-50.

Поступила в редакцию 21.05.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Б.Г. Тимошевский, Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, Николаев.