

ВЛИЯНИЕ ПЛОЩАДИ СОПЛОВОГО АППАРАТА ГАЗОТУРБОНАГНЕТАТЕЛЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЛАВНОГО СУДОВОГО ДВИГАТЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

*Н.И. Николаев, к.т.н., проф., О.П. Гинда, аспирант, А.Н. Жук, аспирант
Морская государственная академия имени адмирала Ф.Ф.Ушакова*

Приведены результаты экспериментального исследования влияния площади соплового аппарата газотурбонагнетателей типа VTR320 и VTR321 на технико-экономические показатели главных среднеоборотных двигателей 9TMS410 и 12V40/54A при работе на тяжелом топливе в зоне частичных нагрузок. Показано, что изменение площади соплового аппарата газотурбонагнетателей при эксплуатации главных среднеоборотных двигателей старой постройки на частичных нагрузках снижает расход топлива на 6,56 %.

Согласно статистике единой государственной системы информации об обстановке в мировом океане, в 2007 г. мировой транспортный флот насчитывает 42 872 судна (валовой вместимостью более 300 gross tonnage) со средним возрастом 19,1 год, а суда старше 25 лет составляют около 22 % мирового флота [1]. Главные двигатели (ГД) эксплуатируются на таких судах, как правило, на частичных нагрузках при значениях мощности 40–60 % от номинальной. Это обстоятельство обусловлено как возрастом судов, так и грузовой базой и регионом плавания. Работа ГД на тяжелом топливе в зоне частичных нагрузок сопровождается ухудшением качества сгорания топлива и высокой дымностью отработавших газов, что связано с ухудшением работы топливной аппаратуры и нарушением режима воздухообеспечения. Увеличение цен на топливо приводит к тому, что следует изыскивать любые способы улучшения качества сгорания тяжелого топлива на частичных нагрузках, к которым можно отнести:

- поддержание в хорошем техническом состоянии деталей цилиндро-поршневой группы и топливной аппаратуры ГД;
- оптимизацию регулировок топливной аппаратуры;
- согласование расходных характеристик газотурбонагнетателя (ГТН) и двигателя и т. д.

Согласование расходных характеристик ГТН и двигателя при эксплуатации на частичных нагрузках возможно за счет изменения геометрии проточной части турбины и компрессора.

Анализ опубликованных по теме исследования материалов показывает, что фирмы разработчики и изготовители ГТН, такие как АВВ, «Caterpillar-МАК», MAN B&W предлагают для обеспечения высокого КПД ГТН использовать изменение площади проходного сечения соплового аппарата (СА). При работе на малых нагрузках используется СА с малым проходным сечением, а при переходе на полные нагрузки — используется СА с большими проходными сечениями. Для турбин радиального типа фирма МАК разработала конструкцию с двумя СА — один для работы на частичных нагрузках, а другой для работы на нагрузках от 80 % и выше. Оба сопловых аппарата размещаются в корпусе турбины и перемещаются пневматическим приводом в зависимости от изменения положения рейки топливных насосов [2].

Для осевых турбин серии ТСА и радиальных турбин серии ТCR фирма МАН В&W разработала конструкцию СА с регулируемой площадью проходного сечения в зависимости от нагрузки, получившей название «variable turbine area» (VTA) [3]. Положение лопаток в сопловом аппарате полностью контролируется и управляется электронной системой. Стендовые испытания показали, что КПД ГТН в этом случае имеет максимальное значение как в диапазоне частичных, так и в диапазоне полных нагрузок. В результате было достигнуто улучшение сгорания топлива на частичных нагрузках при работе на тяжелых топливах, увеличение крутящего момента и снижение расход топлива примерно на 5 %. К сожалению, в литературе отсутствуют рекомендации по изменению геометрических характеристик лопаточного диффузора ГТН для улучшения технико-экономических показателей двигателей при их эксплуатации на судах старой постройки. Таким образом, задача исследования влияния площади СА ГТН на эффективность работы двигателя на тяжелом топливе в зоне частичных нагрузок актуальна.

На четырехтактном среднеоборотном двигателе 12V40/54A фирмы МАН-Базан (номинальной мощностью 7500 э. л. с. при 450 об/мин), установленном на балкере возрастом 28 лет и дед-

вейтом 9262 т были проведены исследования влияния площади СА ГТН VTR321 (по данным фирмы АВВ давление наддува до 3,50 бар и частота вращения ротора ГТН до 20 000 об/мин) на его технико-экономические характеристики. Режимы эксплуатации ГД обусловлены назначением судна и регионом плавания (порты Азово-Черноморского бассейна и Средиземноморские порты), и мощность двигателя в этих условиях составляет около 50 % от номинальной.

Расчет условий совместной работы ГТН и двигателя осуществлялся по алгоритму, разработанному на кафедре судовых тепловых двигателей МГА им. адмирала Ф.Ф. Ушакова. Данный расчет решает прямую задачу определения параметров течения рабочей среды при заданной конструкции ГТН в зависимости от режимных параметров двигателя, которые принимаются по эксплуатационным данным и некоторым обобщенным параметрам [4].

Цель расчета состоит в согласовании характеристик турбины и компрессора по условиям устойчивой работы ТК [5]. Система уравнений, описывающих движение рабочей среды в турбине и компрессоре, базируется на законах сохранения энергии, массы, уравнениях процессов и состоянии.

Результаты расчета ГТН VTR321 двигателя 12V40/54A на эксплуатационном режиме, соответствующем частоте вращения двигателя 300 об/мин (47 % от номинальной мощности двигателя), приведены на рис. 1. Относительная

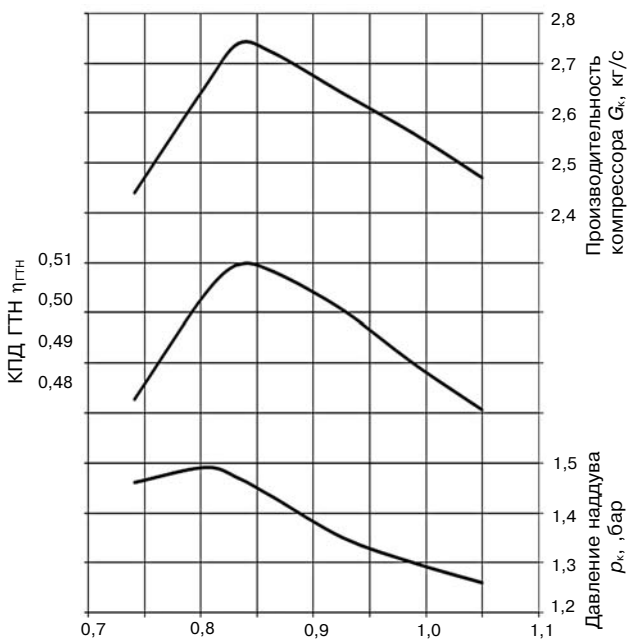


Рис. 1. Расчетные значения рабочих параметров газотурбоагрегата VTR321 двигателя 12V40/54A в зависимости от относительной площади соплового аппарата

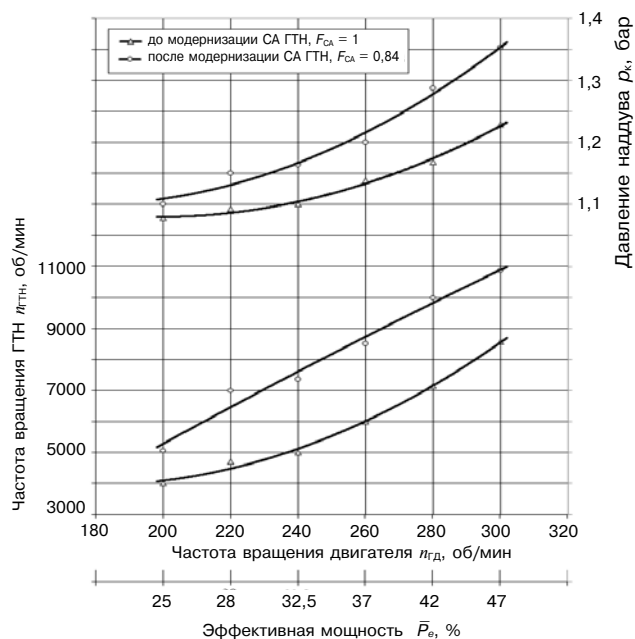


Рис. 2. Зависимость давления наддува и частоты вращения газотурбоагрегата VTR 321 от нагрузки двигателя 12V40/54A

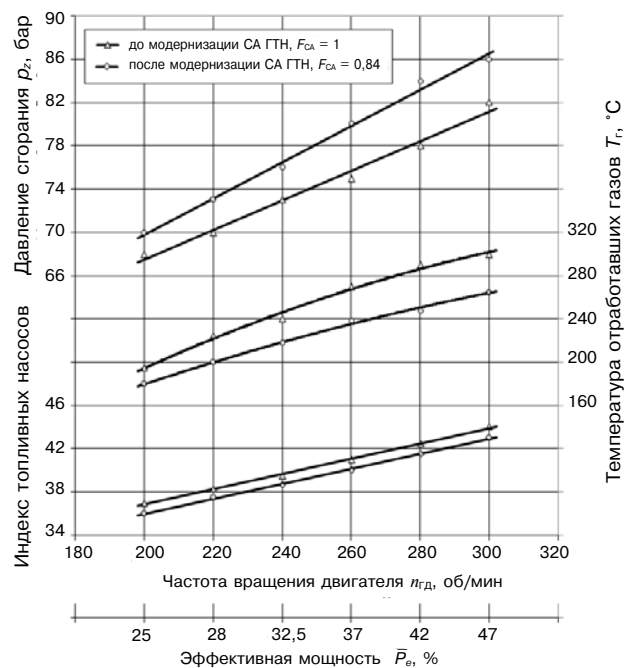


Рис. 3. Зависимость параметров работы двигателя 12V40/54A от нагрузки

площадь СА турбины: $\bar{F}_{CAi} = F_{CAi} / F_{CAисх}$, где $F_{CAисх}$ — значение площади СА, установленного на ГТН при постройке; F_{CAi} — значение площади СА, принимаемое в расчете.

Результаты расчета показывают, что на заданной нагрузке двигателя при значении площади СА $F_{CAi} = 0,84$ КПД ГТН, производительность и давление наддува компрессора принимают максимальные значения.

В соответствии с полученными результатами расчетов площадь СА турбины в период переборки ГТН была изменена за счет уменьшения проходного сечения межлопаточных каналов.

Результат экспериментального исследования двигателя 12V40/54А с модернизированным ГТН VTR321 при эксплуатации на частичных нагрузках показали (рис. 2, 3), что:

➤ частота вращения ротора ГТН, давление наддува и максимальное давление сгорания в цилиндре увеличились;

➤ средняя температура отработавших газов по цилиндрам и индекс топливных насосов уменьшились;

➤ эксплуатационный расход топлива снизился на 6,5 %. Годовая прибыль от экономии топлива после модернизации СА ГТН составила около 60 000 USD.

Отключение одного цилиндра ГД при работе на эксплуатационном режиме не привело к срыву работы компрессора ГТН. Это означает, что рабочие режимы ГТН VTR 321 на двигателе 12V40/54А находятся на достаточном удалении от зоны помпажа.

Среднеоборотный ГД проработал после модернизации СА ГТН на тяжелом топливе в зоне частичных нагрузок в течение 5000 ч; отказов и неисправностей не было.

Литература

1. Возрастная структура мирового транспортного флота. Российский портал единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане, 2007, www.morinformcenter.ru
2. *Возницкий И.В.* Современные судовые среднеоборотные двигатели. — СПб.: КСИ, 2005. — С. 147.
3. *David Tinsley.* Racking up engine performance / Shipping World & shipbuilding. Propulsion: turbochargers, 2007, June, — P.10–15.
4. *Жук А.Н.* Обобщение параметров работы газотурбонагнетателей судовых СОД. — Новороссийск: Сборник трудов сотрудников академии, 2008.
5. *Межеричский А.Д.* Турбокомпрессоры систем наддува судовых дизелей. — Л.: Судостроение, 1986. — С. 248.
6. *Николаев Н.И., Савченко В.А.* Современное состояние и техническая эксплуатация турбонаддувочных агрегатов. — СПб.: Судостроение, 2005. — С. 113.

ПАМЯТИ В.Т. БОРДУКОВА

**3 января 2009 г. незадолго до своего
восьмидесятилетия ушел из жизни**

Валентин Тимофеевич Бордуков,

бывший долгие годы директором Центрального научно-исследовательского института (ЦНИДИ), одним из создателей и главным редактором журнала «Двигателестроение»

После окончания Ленинградского кораблестроительного института В.Т. Бордуков был направлен по распределению в ЦНИДИ, где и проработал более 50 лет, пройдя трудовой путь от инженера до директора института.

Начало деловой и научной карьеры молодого инженера было связано с разработкой турбокомпрессоров и внедрением турбонаддува на двигателях транспортного и промышленного назначения. По этой актуальной тематике им была подготовлена и в 1962 г. успешно защищена кандидатская диссертация.

После назначения в 1965 г. В.Т. Бордукова на должность заместителя директора ЦНИДИ по научной работе область его научных и деловых интересов включала участие в разработке для отрасли двигателестроения специализированного производства агрегатов наддува, разработку перспективного типажа и постановку на производство новых типов двигателей, развитие лабораторной и экспериментальной базы ЦНИДИ, создание научно-технического журнала «Двигателестроение».

В.Т. Бордуков более двадцати лет возглавлял технические подкомитеты по дизелям в Международной организации по стандартизации (ИСО) и Международном совете по двигателестроению (СИМАК).

С 1990 г. В.Т. Бордуков — директор ЦНИДИ, председатель диссертационного Совета по присуждению ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.04.02 «Тепловые двигатели», главный редактор журнала «Двигателестроение». За годы работы в ЦНИДИ им было подготовлено и опубликовано более ста научных трудов, получено более 20 авторских свидетельств и зарубежных патентов на изобретения.

Трудовая деятельность В.Т. Бордукова, была отмечена правительственными наградами: орденом Дружбы народов, семью медалями, в том числе «За оборону Ленинграда», а также почетными званиями: лауреат премии Совета Министров СССР, Заслуженный машиностроитель РФ.

Редакция журнала «Двигателестроение» приносит свои соболезнования семье, друзьям и коллегам Валентина Тимофеевича Бордукова. Светлая ему память.

