

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДИЗЕЛЕЙ 16Д49 ДИЗЕЛЬ-ДИЗЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ 1ДДА12000 КОРАБЛЕЙ КОРВЕТ ПРОЕКТА 20380

*В.А. Рыжов, к.т.н., главный конструктор,  
В.В. Печенин, к.т.н., зам. главного конструктора  
ОАО «Коломенский завод»*

Представлены результаты работ ОАО «Коломенский завод» по созданию и совершенствованию среднеоборотных судовых дизелей 16Д49 дизель-дизельных агрегатов 1ДДА 12000. Выполнен анализ причин дымления дизелей на переходных режимах при их работе в составе агрегата на винт фиксированного шага корабля класса корвет проекта 20380. Показано, что дымление на переходных режимах может быть снижено за счет применения малоинерционных управляемых систем газотурбинного наддува регистрового типа, использования электронных регуляторов скорости взамен гидромеханических, оптимизации алгоритма нагружения дизеля при его разгоне по винтовой характеристике.

Главная энергетическая установка (ГЭУ) кораблей корвет проекта 20380 состоит из двух дизель-дизельных агрегатов 1ДДА12000, специально разработанных ОАО «Коломенский завод» и серийно выпускаемых в настоящее время (рис. 1). Каждый агрегат состоит из двух V-образных дизелей 16Д49 (16ЧН26/26) производства ОАО «Коломенский завод» и суммирующего реверсивного редуктора производства ОАО «Звезда» (Санкт-Петербург) для привода гребного винта фиксированного шага (ВФШ). Общая мощность ГЭУ

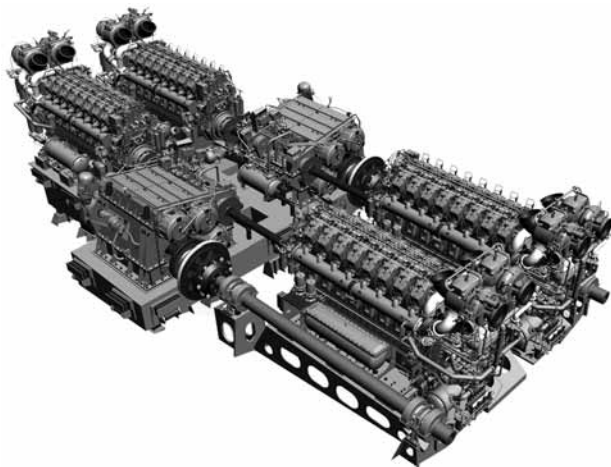


Рис. 1. Общий вид ГЭУ корабля проекта 20380



составляет 24 000 л. с. Управление агрегатами осуществляется микропроцессорной системой управления «Пурга» производства ФГУП «НПО «Аврора» (Санкт-Петербург). Работа ГЭУ организована таким образом, что ход корабля может быть обеспечен одним, двумя, тремя и четырьмя двигателями в любой комбинации.

Задача создания ГЭУ была поставлена перед ОАО «Коломенский завод» в июне 2001 г. В этом же году заводом были начаты проектные работы. Учитывая крайне сжатые сроки, установленные ВМФ России для выполнения работ, было принято решение об использовании в основе конструкции вновь создаваемого судового дизеля 16Д49 силовой схемы и базовой комплектации серийно выпускаемого и хорошо освоенного в производстве тепловозного дизеля 16ЧН26/26 мощностью  $P_e = 4000$  л. с. при частоте вращения коленчатого вала  $n = 1000$  об/мин. Увеличение мощности дизеля 16ЧН26/26 с  $P_e = 4000$  л. с. до  $P_e = 6000$  л. с. было обеспечено за счет форсировки по среднему эффективному давлению и увеличения частоты вращения с 1000 до 1100 об/мин, что значительно повысило механическую и тепловую напряженность дизеля и потребовало существенной переработки его базовых узлов и систем. Для обеспечения необходимого запаса прочности были усилены детали силовой схемы конструкции: коленчатый вал, блок цилиндров, поршни, шатунный механизм, вновь разработана крышка цилиндров с центрально расположенной форсункой, модернизированы системы воздухо-

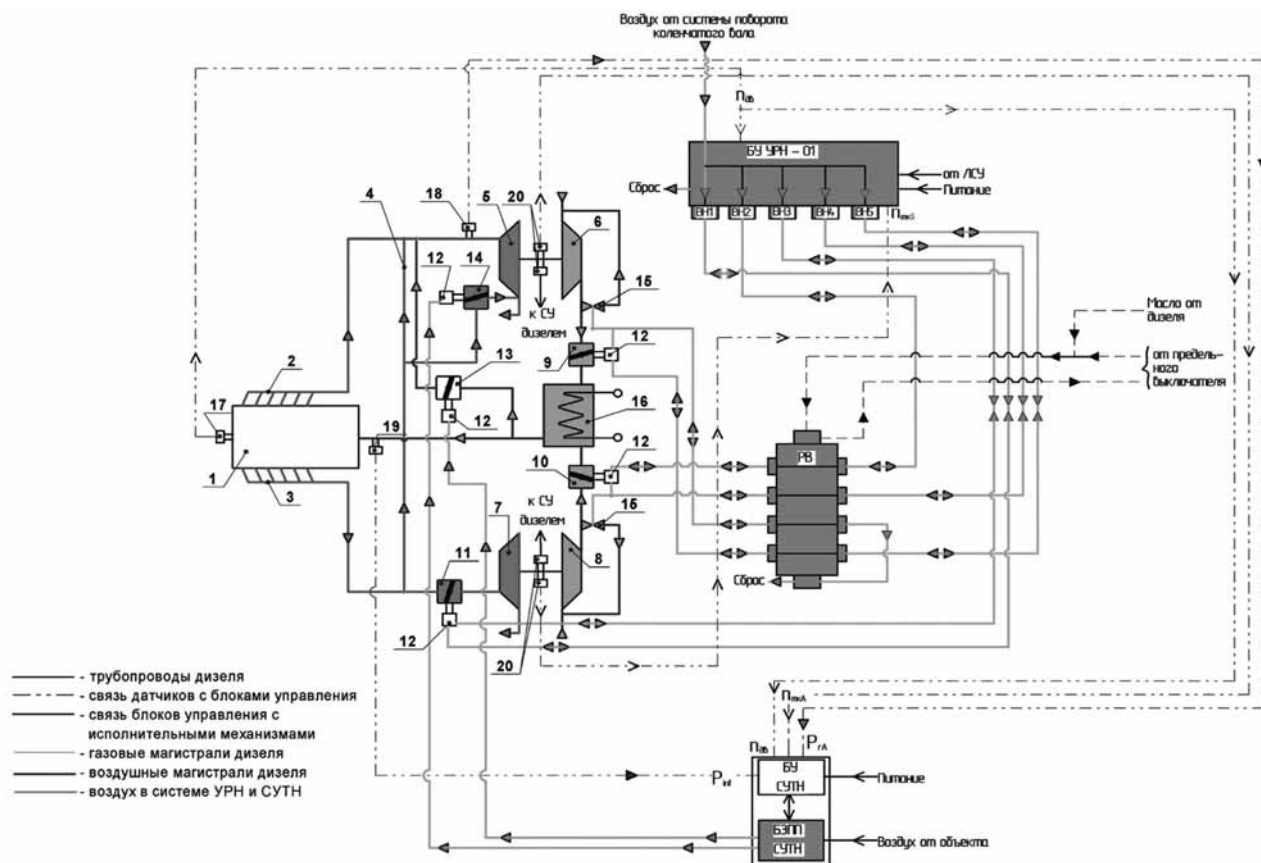


Рис. 2. Схема системы воздухообеспечения:

1 — дизель; 2 — выпускной коллектор ряда А; 3 — выпускной коллектор ряда В; 4 — трубопровод перепуска газов между выпускными коллекторами; 5 — турбина турбокомпрессора ряда А; 6 — компрессор турбокомпрессора ряда А; 7 — турбина турбокомпрессора ряда В; 8 — компрессор турбокомпрессора ряда В; 9 — воздушная заслонка ряда А; 10 — воздушная заслонка ряда В; 11 — газовая заслонка ряда В; 12 — исполнительный механизм заслонок; 13 — воздушная заслонка перепуска; 14 — газовая заслонка перепуска; 15 — антипомпажный клапан; 16 — охладитель наддувочного воздуха; 17 — датчик частоты вращения коленчатого вала дизеля; 18 — датчик давления газов перед турбокомпрессором ряда А; 19 — датчик давления воздуха в ресивере дизеля; 20 — датчик частоты вращения ротора турбокомпрессора; БУ УРН — блок управления системы УРН; БУ СУТН — блок управления системы СУТН (система управления турбонаддувом); РВ — распределитель воздушный; БЭП СУТН — блок электропневмопреобразователей системы СУТН; ВН1, ВН2, ВН3, ВН4, ВН5 — электропневматические вентили системы УРН; О — вентиль открыт; З — вентиль закрыт; ЛСУ — система управления дизелем;  $n_{дв}$  — показатель частоты вращения коленчатого вала дизеля;  $n_{ткА(В)}$  — показатель частоты вращения турбокомпрессора ряда А (В);  $P_{инт}$  — давление воздуха в ресивере дизеля;  $P_{гА}$  — давление газов перед турбокомпрессором ряда А. Поз. 18 и 19 смонтированы в БУ СУТН.

снабжения, топливоподачи, охлаждения и смазки дизеля.

Применение дизеля 16Д49 в составе пропульсивного комплекса корабля с винтом фиксированного шага потребовало обеспечить высокую, в несколько раз превышающую серийно освоенную, мощность в диапазоне частот вращения коленчатого вала дизеля  $n = 300-600$  об/мин (режимы подключения судового валопровода, реверсирования, швартовные режимы).

Решение этой задачи оказалось возможным только при условии коренного изменения системы турбонаддува для обеспечения увеличенной подачи воздуха в указанном диапазоне.

На первом опытном варианте двигателя была установлена рекуперативная система турбонаддува,

в которой часть воздушного заряда после компрессора нагревалась и подавалась на рабочие лопатки турбины. Система оказалась эффективной на режимах более 60 % мощности, но не обеспечивала достаточное количество воздуха на швартовных режимах, поэтому во втором варианте впервые в практике Коломенского завода и России была применена система наддува регистрового типа с отключением одного из двух турбокомпрессоров (ТК). Эта система показала высокую эффективность и позволила обеспечить требования заказчика. Схема системы представлена на рис. 2. Отключение и подключение ТК осуществляется автоматически электронной системой управления регистровым наддувом (УРН), разработанной на заводе впервые.

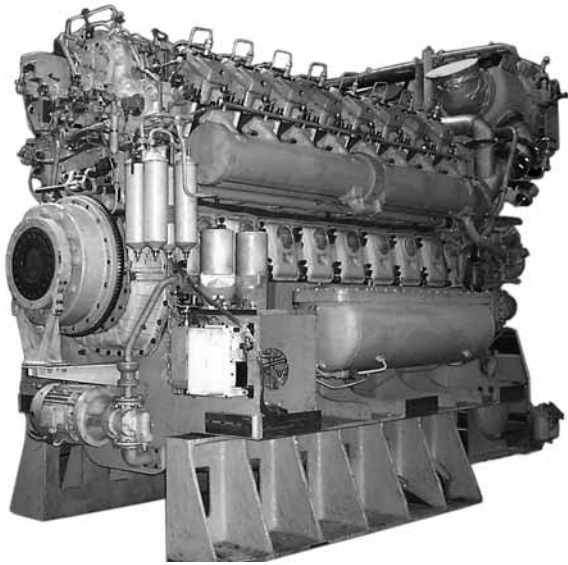


Рис. 3. Судовой дизель 16Д49

При работе двух дизелей на суммирующий редуктор одной из сложнейших задач является обеспечение баланса мощностей. Эта задача была успешно решена за счет применения электронной системы управления «Марс», обеспечивающей работу дизелей во всем диапазоне скоростных режимов, которая также впервые была создана на нашем заводе.

Несмотря на серьезные изменения, внесенные в конструкцию базового варианта, удалось сохранить модульность конструкции и выполнить двигатель агрегатированным, разместив комплекс периферийных узлов на одной раме с двигателем.

Опытный образец двигателя 16Д49 с регистрационной системой наддува был изготовлен в 2002 г. (рис. 3). В 2004 г. были успешно завершены испытания дизеля на стенде завода при нагружении на генератор. Для имитации режимов работы дизеля на винт в условиях корабля нагрузку генератора задавали с помощью специально созданного на заводе программируемого контроллера, что позволило в короткий срок отработать ряд базовых узлов и обеспечить требуемую ограничительную характеристику. В 2005 г. опытный образец дизель-дизельного агрегата 1ДДА12000 был смонтирован на испытательном стенде завода. Для этого потребовалось практически с нуля создать специальный стенд, оснащенный электронными автоматизированными системами измерений, управления установкой и нагрузкой, позволяющими в значительной степени имитировать режимы работы установки на корабле, а также осуществить проверку взаимодействия всех каналов в едином комплексе. В этом же году завод приступил к испытаниям агрегата, которые успешно были завершены в августе 2006 г. Испытания такого крупного агрегата в сборе, не-

смотря на огромный опыт создания дизелей для ВМФ, были впервые проведены в практике ОАО «Коломенский завод». В процессе проведения испытаний были проверены и отработаны алгоритмы управления и взаимодействие всех систем и узлов, отработана технология монтажа составных частей агрегата, что в дальнейшем значительно ускорило и облегчило пуско-наладочные работы на корабле.

Головной агрегат 1ДДА12000 был создан практически с нуля в предельно короткие сроки и в полном соответствии с техническим заданием (ТЗ), что подтверждено испытаниями, проведенными в полном объеме. При этом выполнено требование генерального заказчика об использовании комплектующих только отечественного производства. Ограничительная, швартовная и винтовая характеристики дизеля представлены на рис. 4.

При проведении заводских ходовых испытаний (ЗХИ) головного корвета проекта 20380 «Стерегущий», которые проходили с ноября 2006 г. по ноябрь 2007 г., как основное замечание было отмечено повышенное дымление дизелей 16Д49 на переходных режимах (реверс, резкий наброс нагрузки, швартовные режимы). Анализ результатов испытаний позволил выявить основные причины повышенного дымления дизелей 16Д49 на переходных режимах при работе на винт фиксированного шага (ВФШ).

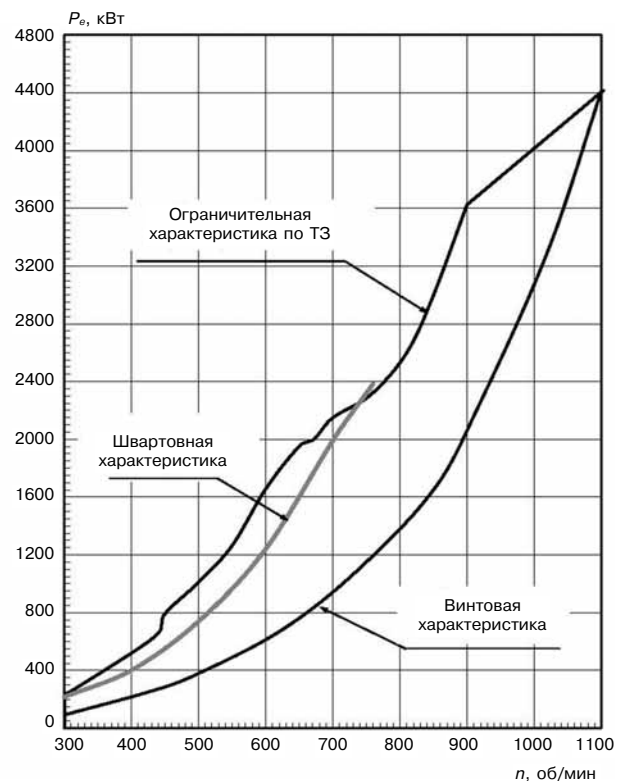


Рис. 4. Область работы дизеля 16Д49 согласно техническому заданию (ТЗ)

При подключении судового валопровода на пониженных оборотах коленчатого вала дизеля ( $n = 430$  об/мин) с приемом нагрузки наблюдалось их недопустимое снижение, сопровождающееся повышенным дымлением, а иногда и остановка дизеля. При проведении испытаний агрегата на стенде завода остановки дизелей не происходило, что можно объяснить некоторыми отличиями в условиях нагружения дизелей на стенде и при работе на ВФШ в условиях корабля. Повышение оборотов коленчатого вала с 430 до 550 об/мин (при подключении судового валопровода) позволило полностью исключить остановку дизеля, однако проблема повышенного дымления была снята лишь частично. Особенность работы дизельного двигателя со свободным газотурбинным наддувом заключается в том, что при пониженных оборотах коленчатого вала ( $n < 0,6 n_{ном}$ ) для достижения требуемой мощности давление наддува слишком мало, из-за недостаточной энергии отработавших газов, которой не хватает для раскрутки ротора ТК, даже в случае применения регистровой системы наддува. Повышение оборотов дизеля для включения редуктора до 550 об/мин оказалось не возможным из-за ограничения по работоспособности фрикционных муфты редукторной передачи. По этой же причине невозможно было реализовать прием нагрузки в режиме троллинга (т. е. при скольжении фрикционных дисков). Описанные проблемы не являются новыми и могли быть успешно решены при замене ВФШ на винт регулируемого шага (ВРШ) или при подключении судового валопровода через гидромufту, что существенно облегчает условия работы дизеля и позволяет исключить повышенное дымление в момент приема нагрузки. Однако эти гарантированно эффективные решения условиями ТЗ предусмотрены не были.

При проведении ЗХИ было отмечено повышенное дымление дизелей только при резких набросах нагрузки на малом ходу, в то время как на установившихся режимах дымление было в пределах установленной нормы. Очевидно, что разгон двигателя возможен только за счет превышения крутящего момента двигателя над моментом сопротивления винта и чем больше эта разница, тем динамичнее могут быть эволюции корабля. Однако ВФШ, рассчитанный на большую скорость при суммарной мощности 12 000 л. с.

на режимах малых частот вращения для форсированного среднеоборотного двигателя с относительно небольшим цилиндрическим объемом (каким является 16Д49) оказывается слишком «тяжелым», что и приводит к повышенному дымлению при разгоне под нагрузкой.

Анализ характеристик зарубежных аналогов среднеоборотных двигателей для судов и кораблей (MAN, Deutz, Wartsila, MTU и т. д.) показал, что все они рассчитаны только для работы на винт регулируемого шага (ВРШ). В этой связи следует отметить, что на корвете проекта 20385, оборудованного ГЭУ немецкой фирмы MTU с дизелями серии 1163, требование MTU об обязательном использовании ВРШ было выполнено. Коломенскому заводу на этапах проектирования было отказано не только в применении ВРШ, но и в возможности использования импортных малоинерционных ТК фирмы АВВ несмотря на то, что в России ни в тот период, ни в настоящее время таких турбин не было и нет.

Схематично режим разгона дизеля при работе на ВФШ представлен на рис. 5, а. Переход с режима А на режим С происходит с выходом на ограничительную характеристику в точке В со снижением частоты вращения из-за недостатка воздуха. Выход в точку В обусловлен переходом дизеля за счет реакции регулятора на режим работы с максимально возможным значением крутящего момента для обеспечения разгона корабля. Как следствие, режим разгона при недостатке воздуха сопровождается дымлением дизелей. Для сравнения на рис. 5, б приведен режим разгона тепловозного дизеля 16ЧН26/26 аналогичной мощности без видимого дыма. Здесь переход с режима А на режим С осуществляется сначала переходом в точку В с повышением частоты, но без увеличения мощности, и только после разгона турбины мощность увеличивают при постоянной частоте вращения.

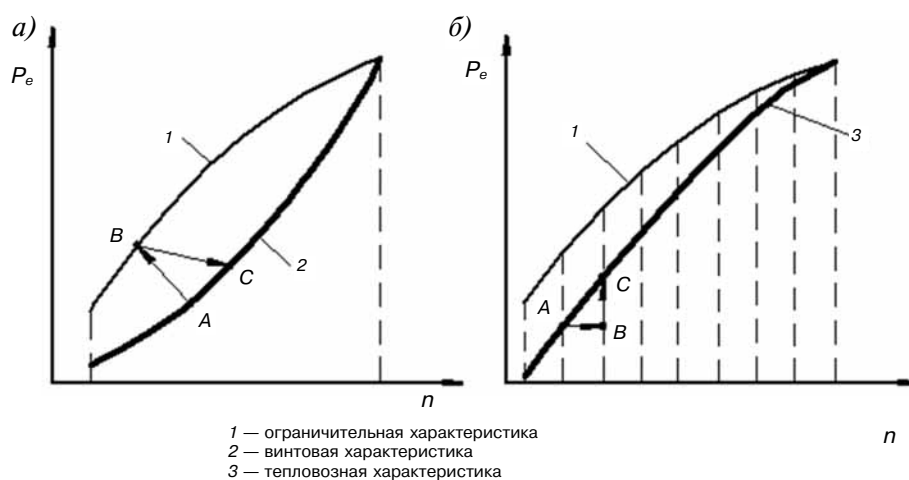


Рис. 5. Режим разгона судового (а) и тепловозного (б) дизеля

В качестве примера переходного процесса набора мощности без дымления можно привести управление дизелями тяжелых седельных тягачей, где для исключения дымления в трансмиссии применяют коробки скоростей с 8–12 ступенями. Таким образом, радикально решить проблему дымления дизелей на корвете можно только с использованием ВРШ.

Интенсивность дымления также увеличивается, если управление агрегатами осуществляется вручную, без применения системы автоматического управления. В этом случае ограничение по цикловой подаче топлива в зависимости от давления наддува отключено, что при неумелом ручном управлении ухудшает ситуацию. Режим ручного управления агрегатами является штатным, однако, как показала практика, он постоянно применяется командой корабля при маневрировании в акватории порта, на швартовных режимах и при реверсировании из-за опасения сбоев (отказов) системы автоматического управления, что приводит к повышенному нагароотложению в выпускном тракте, включая проточную часть турбин и, как следствие, повышает дымление дизелей.

Другой причиной повышенного дымления дизелей при разгоне корабля является погрешность системы управления «Марс», обеспечивающей баланс мощностей двух дизелей, работающих в жесткой спарке через суммирующий редуктор на ВФШ. Погрешность регулирования приводит к дисбалансу мощностей из-за чего один дизель становится «ведущим» другой «ведомым». Работа на переходных режимах в режиме «ведущий»–«ведомый» изначально предполагает, что один из дизелей, который быстрее реагирует на изменение нагрузки, становится «ведущим», т. е. работает с некоторой перегрузкой. При этом второй дизель, работающий в режиме «ведомый», несколько недогружен, и баланс мощности выравнивается с некоторой временной задержкой при выходе на установившийся режим.

Повышенное дымление наблюдается также на режиме подключения второго (отключаемого) ТК. В момент подключения из-за отбора части газов на вторую турбину обороты неотключаемого ТК снижаются, давление наддува падает и при включенном ограничении подачи топлива по давлению наддува происходит снижение цикловой подачи топлива, что и приводит к снижению оборотов коленчатого вала. По мере выхода на режим отключаемого ТК давление наддува растет, регулятор скорости увеличивает цикловую подачу топлива, восстанавливая заданную частоту вращения коленчатого вала. Время переходного процесса и интенсивность дымления определяет в первую очередь инер-

ционность агрегатов наддува и установка ограничения подачи топлива по давлению наддува.

В период проведения ЗХИ дизелей 16Д49 в составе агрегатов 1ДДА12000 удалось снизить дымность дизелей до приемлемого уровня путем отработки алгоритмов управления, но это не решило проблему радикально. Результаты осциллографирования агрегатов, полученные во время ЗХИ на головном корабле, и результаты дополнительных испытаний агрегата на стенде ОАО «Коломенский завод» позволили реализовать разные режимы приема нагрузки дизелями (на швартовных режимах: режим «Порт», а при разгоне по винтовой характеристике режим «Море»), которые обеспечивали снижение дымления и улучшение динамических характеристик корабля (время реверсирования, время разгона по винтовой характеристике, выбег и т. д.). Несмотря на выполненную доработку ГЭУ после передачи головного корабля в штатную эксплуатацию проблема повышенного дымления дизелей до конца не была решена. Следует также отметить, что повышенное дымление может быть обусловлено и техническим состоянием дизелей, которое определяется, прежде всего, качеством и своевременностью их обслуживания.

Вместе с тем очевидно и другое. Если заказчиком отклоняются эффективные решения, позволяющие исключить проблему, то, учитывая накопленный опыт стендовых и ходовых испытаний, снизить дымление до приемлемого уровня можно только сведя к минимуму все перечисленные выше проблемы.

К решению этих проблем завод приступил в 2010 г. сразу же после утверждения генеральным Заказчиком настоятельных и неоднократных предложений ОАО «Коломенский завод» о модернизации дизелей 16Д49.

На первом этапе на модернизированном дизеле 16Д49 № 2 были установлены: малоинерционные ТК TPS-57 фирмы АВВ взамен 1-6ТК9 собственного производства для улучшения приемистости; выпускные коллекторы уменьшенного диаметра со специально спрофилированной (оптимизированной) проточной частью для уменьшения потерь энергии выпускных газов; система управления турбонаддувом (СУТН). Система обеспечивает подкрутку ротора неотключаемого ТК за счет перепуска части воздуха с компрессора на турбину и перепуск газа из выпускного коллектора за турбину, что создает возможности специальных различных настроек отключаемой и неотключаемой турбин, снижая тем самым время их разгона при нагружении двигателя и не допуская выхода его параметров за ограничительные.

На втором этапе механические регуляторы заменили на электронные цифровые регуляторы

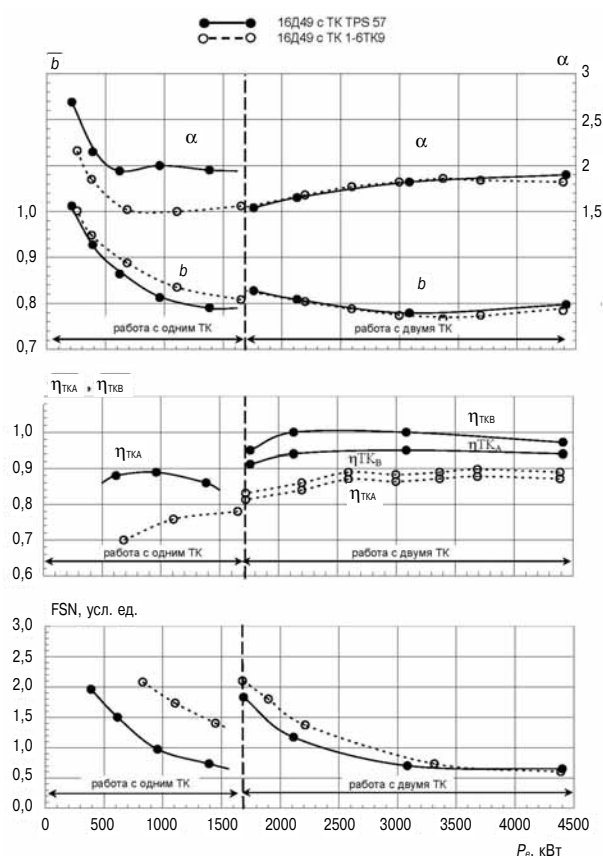


Рис. 6. Изменение параметров дизеля 16Д49 на режимах винтовой характеристики

частоты вращения, обеспечивающие исключение режима ведомый–ведущий без системы «Марс».

Испытания модернизированного дизеля 16Д49 были проведены в первой половине 2011 г. на стенде ОАО «Коломенский завод» при нагружении его на генератор с имитацией судовых режимов. При проведении испытаний было обеспечено совмещение гидравлических характеристик дизеля и ТК путем выбора оптимальных вариантов проточных частей ТК, способных обеспечить заданную область работы дизеля, определены параметры дизеля на режимах ограничительной, винтовой, швартовой и нагрузочных характеристик с измерением дымности отработавших газов. Выполнена оптимизация параметров настроек СУТН, исследованы динамические характеристики дизеля на режимах имитирующих разгон корабля по винтовой характеристике за 60 секунд (режим «Порт») и за 210 секунд (режим «Море»), проведены сравнительные испытания вариантов топливной аппаратуры на режимах винтовой и швартовой характеристик с целью снижения дымности отработавших газов.

Выполнение этих работ позволило в короткий срок выбрать комплектацию дизелей 16Д49 для двух серийных агрегатов 1ДДА12000 заказа 1004,

которые были отгружены заказчику в октябре 2011 г. — первый, а в декабре 2011 г. — второй.

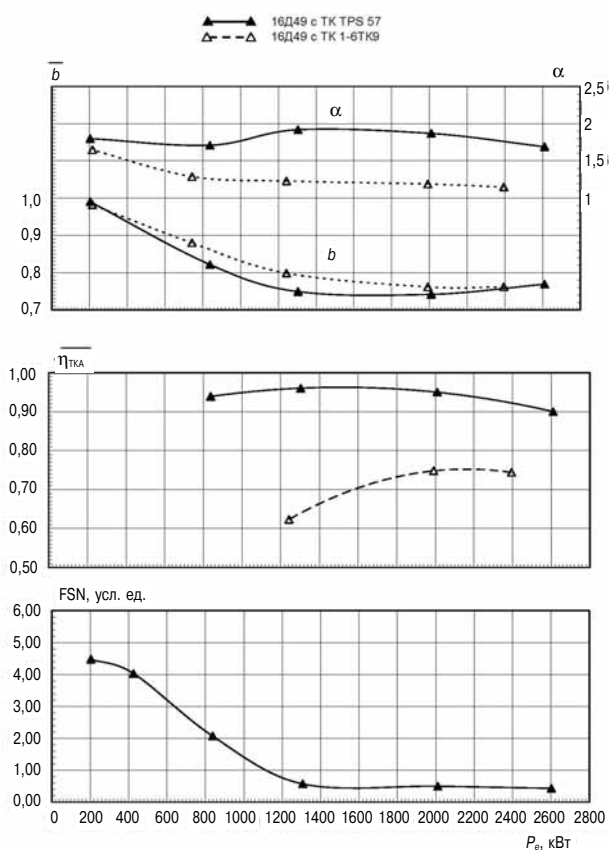
Проведенные испытания модернизированного дизеля 16Д49 подтвердили полное соответствие полученных параметров и характеристик требованиям технических условий на его поставку.

На рис. 6 представлены результаты измерения удельного эффективного расхода топлива ( $g_e$ ), суммарного коэффициента избытка воздуха ( $\alpha$ ), КПД ТК ( $\eta_{TKA}$ ,  $\eta_{TKB}$ ) и дымности отработавших газов при работе дизеля 16Д49 на установившихся режимах винтовой характеристики оборудованного ТК TPS 57 и 1-6TK9. Из приведенных данных следует, что ТК TPS 57 обеспечивают увеличение на 25–35 % значение коэффициента избытка воздуха по сравнению с 1-6TK9 при работе с одним ТК, что приводит к снижению расхода топлива на 4–8 г/кВт·ч (1,7–3,4 %). При работе дизеля с двумя ТК в диапазоне частот вращения коленчатого вала от 800 до 1100 об/мин наблюдается увеличение суммарного коэффициента избытка воздуха на 0,6–3,0 %. КПД ТК TPS 57 во всем рабочем диапазоне на 20–30 % выше по отношению к турбокомпрессорам 1-6TK9. За счет улучшенного воздухообеспечения дымность отработавших газов на установившихся режимах по отношению к 1-6TK9 уменьшена на режиме 25 % от полной мощности — на 50 %, на режиме 50 % — на 16 %, на режиме 75 % — на 11 %.

На режиме полной мощности дымность осталась без изменений, не превышая значения 0,65 FSN, т. е. визуально практически невидима.

На рис. 7 представлены относительные изменения удельного эффективного расхода топлива ( $g_e$ ), суммарного коэффициента избытка воздуха ( $\alpha$ ), КПД турбокомпрессоров ( $\eta_{TKA}$ ) при работе дизеля 16Д49 на установившихся режимах швартовой характеристики с ТК TPS 57 и 1-6TK9 при работе с одним неотключаемым ТК. Из приведенных графиков видно, что суммарный коэффициент избытка воздуха на установившихся режимах швартовой характеристики с ТК TPS 57 на 10–50 % выше, чем с 1-6TK9 и составляет 1,6–1,9 вместо 1,15–1,65. КПД ТК TPS 57 по сравнению с 1-6TK9 на режимах швартовой характеристики на 20–50 % выше, что существенно улучшает воздухообеспечение дизеля, обеспечивает снижение дымности отработавших газов и удельного расхода топлива на 0,5–16 г/кВт·ч.

Испытания СУТН на опытном двигателе 16Д49 были проведены с целью уточнения исходных данных для разработки алгоритма управления в автоматическом режиме. Испытания подтвердили правильность выбранных алгоритмов управления СУТН, которые позволили улучшить приемистость двигателя при разгоне за счет перепуска воздуха после компрессора на турбину



**Рис. 7. Изменение параметров дизеля 16Д49 на режимах швартовой характеристики**

и расширить область работы двигателя, в пределах ограничительных параметров.

На заключительном этапе испытаний для улучшения динамических характеристик двигателя была выполнена настройка и оптимизация системы управления регистровым наддувом, оптимизация алгоритма ограничения подачи топлива по давлению наддува при разгоне по винтовой характеристике, установлена максимально возможная нагрузка и темп набора мощности на частотах вращения коленчатого вала, соответствующих упору реверса (УР) в диапазоне оборотов дизеля от 500 до 560 об/мин (режим подключения двигателя через фрикционную муфту к судовому валопроводу).

Испытания позволили оптимизировать настройку УРН в части открытия газовой и воздушной заслонок при подключении ТК второй ступени для обеспечения минимальной длительности переходного процесса с наименьшим снижением частоты вращения коленчатого вала дизеля. Сравнительная оценка качества переходных процессов при разгоне дизеля под нагрузкой по винтовой характеристике выполнялась в комплектации со штатным гидромеханическим исполнительным механизмом системы «Марс» и

электронным регулятором скорости 1ЭРС производства ОАО «ДиМикроС». К основными критериям качества переходного процесса были отнесены: минимальная дымность отработавших газов при разгоне; время выхода на режим полной мощности; величина снижения частоты вращения коленчатого вала при подключении ТК второй ступени.

Разгон двигателя по винтовой характеристике осуществлялся для режимов «Порт» и «Море».

При проведении испытаний были апробированы различные варианты ограничения подачи топлива по давлению наддува при работе дизеля с гидромеханическим и электронным регуляторами. Дымность отработавших газов при работе с гидромеханическим регулятором удалось снизить на 1,0 FSN, а с электронным регулятором — на 1,5–2,0 FSN без ухудшения динамических качеств двигателя, как в режиме «Порт», так и в режиме «Море» за счет повышения суммарного коэффициента избытка воздуха. При этом ограничение подачи топлива по давлению наддува было выбрано таким образом, чтобы прирост энергии отработавших газов при разгоне дизеля обеспечивал требуемую раскрутку ротора турбокомпрессора и рост давления наддува без увеличения времени переходного процесса с сохранением приемистости двигателя. Результаты испытаний показали, что электронный регулятор позволяет более точно устанавливать и выдерживать ограничение по давлению наддува при разгоне дизеля.

Испытания на режимах наброса нагрузки с упором реверса на частоте вращения 500, 530 и 560 об/мин показали, что подключение редуктора целесообразно проводить при максимально возможной частоте вращения не менее 560 об/мин, (лучше на 600 об/мин). В этом случае разгон двигателя до мощности 600 кВт осуществляется за 4 секунды со снижением оборотов коленчатого вала  $\sim 100$  об/мин. Это улучшает условия работы двигателя и снижает дымление. Реализация данного мероприятия планируется после проведения комплекса испытаний опытных фрикционных дисков муфты редуктора, которые в настоящее время выполняет ОАО «Звезда».

Сравнительные испытания на стенде завода агрегата 1ДДА12000 с дизелями 16Д49 при подключении дизелей к редуктору со штатного поста управления локальной системы управления (ЛСУ) «Пурга» показали, что использование на дизелях 16Д49 электронных регуляторов скорости позволяет:

- уменьшить время подключения двигателей к редуктору;
- уменьшить заброс топливной рейки во время подключения;

- устранить обменные колебания мощности при разгоне дизелей в жесткой спарке;
- уменьшить время выхода на заданный режим при изменении режима работы (назначенного хода);
- обеспечить более устойчивый процесс регулирования частоты вращения коленчатого вала;
- значительно снизить дымность отработавших газов 16Д49 на переходных режимах работы.

С учетом полученных результатов принято решение о внедрении электронных регуляторов начиная с 2014 г.

Модернизированные за счет установки малоинерционных ТК TPS 57, СУТН, усовершенствованных выпускных коллекторов дизели 16Д49 были отправлены Заказчику в составе агрегатов 1ДДА12000 для заказов 1004 и 2001 кораблей проекта 20380 в 2011 и 2012 г. соответственно. Дизели 16Д49 для агрегатов 1ДДА12000, поставка которых планируется заказчику в 2014 г. для заказа 2002, будут оборудованы электронными регуляторами скорости 1ЭРС. Окончательная оценка эффективности предложенных и реализованных мероприятий по снижению дымности дизелей 16Д49 должна быть получена после завершения ЗХИ агрегатов в составе корабля. Таким образом, со времени

испытаний первого корвета «Стерегищий» ОАО «Коломенский завод» провел значительную экспериментальную и аналитическую работу по улучшению характеристик ГЭУ и кораблей в целом. Полученные результаты позволяют выйти в МО с предложением о модернизации ГЭУ на ранее выпущенных кораблях. Кроме того, понимая, что ВМФ России остро нуждается в дизельных двигателях нового поколения ОАО «Коломенский завод» уже с 2011 г. приступил к созданию нового типоразмерного ряда дизелей Д500 размерностью ЧН26,5/31 охватывающего диапазон мощностей 6000–10 000 л. с. при частоте вращения 1000 об/мин. Создание дизелей идет в рамках Государственной Целевой программы «Национальная технологическая база».

Первый базовый вариант двигателя мощностью 6000 л. с. уже изготовлен, завершается изготовление варианта дизеля мощностью 10 000 л. с., который должен быть поставлен на испытания к концу 2014 г. Отработка рабочего процесса и проверка базовых деталей ведется на заводе, начиная с декабря 2012 г. на одноцилиндровой экспериментальной установке. К концу 2013 г. получены расчетные параметры (цилиндровая мощность 500 л. с., удельный расход топлива 190 г/кВт·ч, удельный расход масла 0,35 г/кВт·ч при максимальном давлении сгорания 22 МПа).