В открытом море – «чистые» корабли

Турбины компании АББ повышают экономичность двигателя и экологическую безопасность отработанных газов

Маркус Рупп

Мощные дизельные двигатели с турбонаддувом являются основной движущей силой контейнеровозов и других крупных морских судов. Использование турбокомпрессоров значительно повышает КПД двигателя и, следовательно, экономит средства судовладельцев.

Чтобы «выжать» из внутренней энергии топлива максимум пользы, отработанные газы мощных судовых двигателей используются системой рекуперации тепла, причем для каждого конкретного судна эта система может иметь свое специфическое исполнение, обеспечивающее максимально возможную экономию.

В новом поколении турбин компании АББ используются совершенно новые методы для увеличения эффективности судовых двигателей, обеспечивающие не только снижение эксплутационных расходов, но и уменьшающие уровень загрязнения окружающей среды.

Большая часть внутренней энергии топлива, а именно 25 %, рассевается без пользы вместе с выхлопными газами. Турбокомпрессоры для двухтактных двигателей используют эти газы для полезной работы. Самая очевидная полезная работа для этих, на первый взгляд бесполезных, газов – привод турбины электрогенератора. Этот дополнительный источник энергии позволит не только сэкономить топливо, но в целом сократить эксплуатационные расходы.

Конечно, судовладельцы давно знакомы с этим методом экономии энергии и успешно его используют, устанавливая на своих судах системы регенерации отходящего тепла. С 1985 по 1994 год компания АББ установила на судах более 130 турбин для генераторов мощностью до 1200 кВт. Многие из этих систем успешно функционируют и экономят средства судовладельцев по сегодняшний день, обогащая при этом опыт компании.

Однако в 90-е годы интерес к системам экономии топлива охладел. Спрос на двигатели большой мощности для постоянно увеличивающихся в размерах судов заставил разработчиков сосредоточить свои усилия главным образом именно на повышении мощности двигателей. Кроме того, в эти годы установилась стабильная относительно низкая цена на топливо, что также способствовало снижению интереса к его экономии.

Эффективность использования энергии снова в центре внимания

Повышение стоимости топлива и ужесточение требований к сохранению окружающей среды способствовали возобновлению интереса к энергосберегающим системам для судов. В связи с этим в 2001 году компания АББ решила по-новому взглянуть на эту проблему и вскрыть неиспользованный потенциал систем рекуперации тепла. В лаборатории компании были протестированы все модели серии двухтактных двигателей с использованием самых эффективных турбокомпрессоров TPL.. -B (рис. 1), выпущенных компанией АББ в 1999 году.

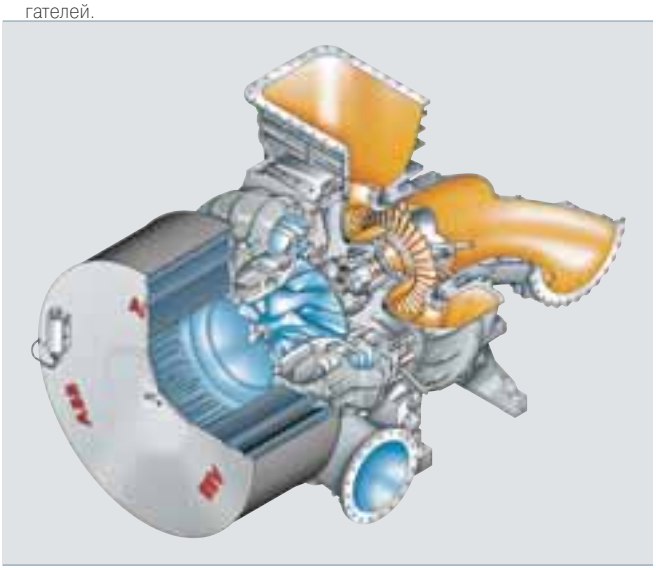
Серия TPL была очень хорошо принята рынком: с конца 2006 года было поставлено более 3500 агрегатов, которыми было оснащено более 2100 двухтактных дизельных двигателей, общая эффективная мощность которых составила более 67 миллионов л. с. [1)]

Увеличение эффективности использования топлива это еще, однако, только полдела. В последнее время среди требований к двигателям судов на первое место все чаще выдвигается токсичность отработанных газов. Таким образом, в будущем соответствующие требования законодательства будут еще жестче, чем те, которые уже установлены ММО[2)].

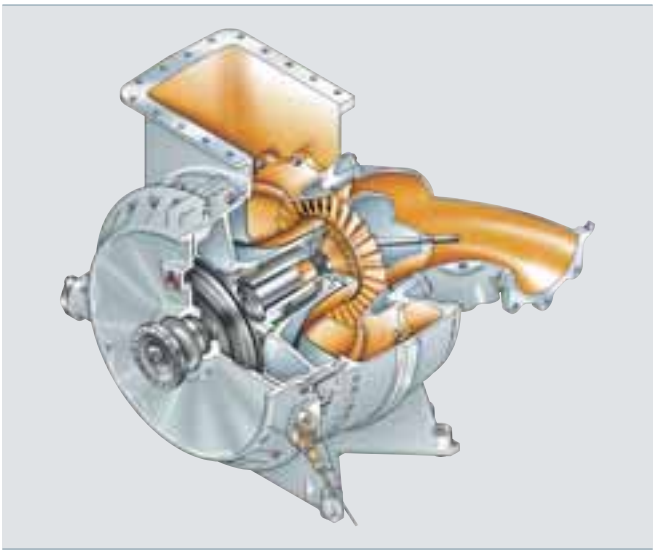
Успех турбокомпрессоров TPL.. -B и растущий интерес заказчиков к экологической безопасности и экономичности эксплуатации судов способствовали дальнейшему развитию и созданию двигателей с совершенно новой технологией турбокомпрессоров. В результате в 2005 году на рынке появились турбины АББ нового поколения PTL3200 для электрогенераторов

3 Турбины PTL изготавливаются на заводе АББ в Швейцарии.

1 Турбонагнетатели TPL.. -B компании АББ для двухтактных дизельных двигателей.



2 Турбина PTL для электрогенератора.



1) Мощность на валу двигателя.

2) ММО – Международная морская организация – учреждение ООН, занимающееся безопасностью судоходства и защитой экологии океана.

с выходной мощностью от 1500 до 3200 кВт (рис. 2 и 3).

Индивидуальные решения для систем рекуперации тепла

Системы рекуперации тепла создаются с целью максимального использования энергии топлива. Существует два типа систем рекуперации тепла на базе турбин: с независимой турбиной для вращения ротора генератора через редуктор и с турбиной, интегрированной в паровой контур. Сборку рекуперационных агрегатов, в которых используются турбины АББ, осуществляет британская компания Peter Brotherhood в тесном сотрудничестве с ABB Turbo Systems.

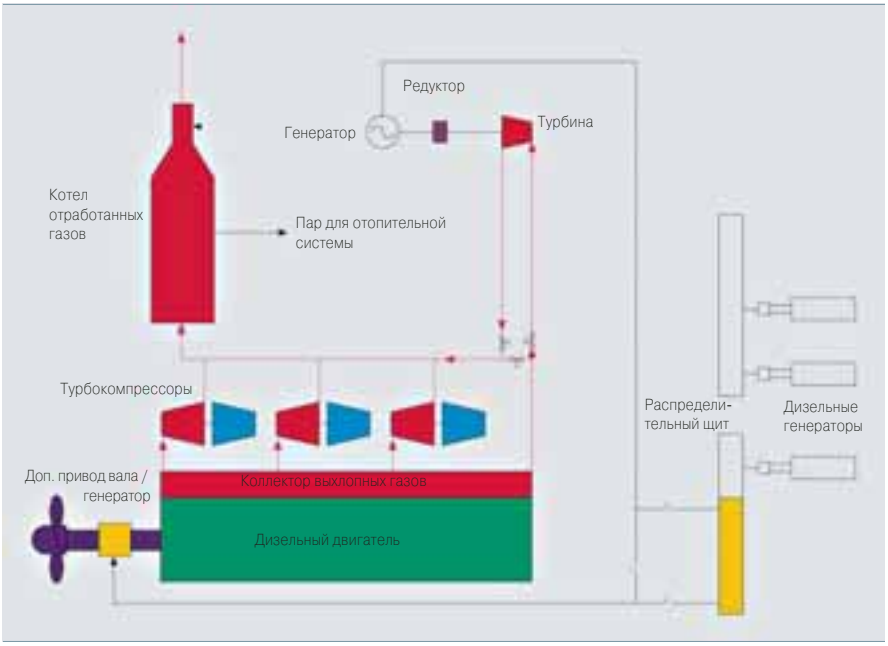
Система рекуперации тепла с независимой турбиной

Схема системы рекуперации тела с независимой турбиной показана на рис. 4. Турбина и генератор работают в полностью автоматическом режиме, отдавая электроэнергию в судовую сеть или питая дополнительный привод вала гребного винта. Кроме обеспечения потребителей судна дополнительной электроэнергией, такая конфигурация позволяет сократить расход топлива на 4 % и снизить вредные выбросы.

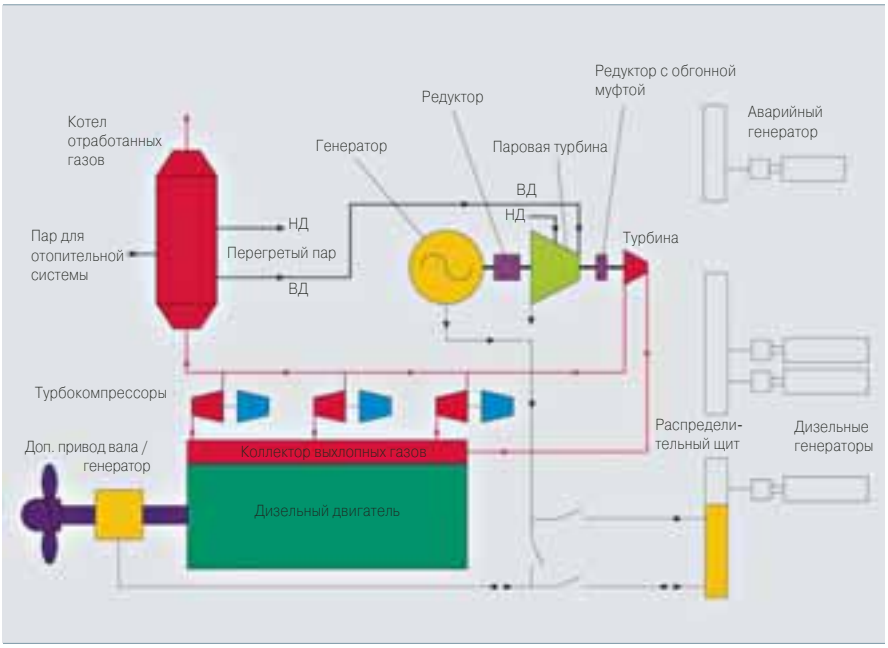
Системы рекуперации тепла с турбиной, работающей непосредственно от выхлопных газов, и с паровой турбиной, использующей теплоту выхлопных газов

Расход топлива с системой рекуперации тепла, изображенной на рис. 5, снижается на 10 %. В данной системе используется весь потенциал отработанных газов, которые поступают в турбокомпрессор, а из него – в котел отработанного газа, где вырабатывается перегретый пар, поступающий в паровую турбину, вращающую ротор генератора.

4 Система рекуперации тепла с независимой турбиной.



5 Система рекуперации тепла с турбиной, работающей непосредственно от выхлопных газов и паровой турбиной, использующей теплоту выхлопных газов.



Турбины PTL компании АББ предназначены для решения двух ключевых задач сегодняшнего дня: экономии топлива и сохранения окружающей среды.

Система рекуперации тепла АББ, включающая в себя турбину PTL3200 и паровую турбину недавно была установлена на судне M/S EMMA MÆRSK (рис. 6). Этот контейнеровоз с общей вместимостью 11000 двадцатифутовых контейнеров[3)] является одним из самых больших судов в мире. Гигантский двигатель 14RTFlex96C компании Doosan-Wärtsilä работает вместе с четырьмя турбокомпрессорами АББ TPL85-B и развивает мощность 80000 кВт. Кроме того, он отвечает требованиям, установленным самыми последними стандартами экологической безопасности. Система рекуперации тепла увеличивает выходную мощность двигателя на 8500 кВт, то есть на 10 %, при максимально допустимой непрерывной нагрузке и, кроме того снижает расход топлива и выброс отработанных газов в атмосферу.

Поиск оптимальной конструкции

Кроме снижения эксплуатационных расходов и повышения экологической безопасности – очевидных преимуществ, предоставляемых системой рекуперации тепла – владельцев судов интересует, как конструктивные особенности и эксплуатационные параметры влияют на доходность и окупаемость каждого конкретного судна. Конструкция системы должна соответствовать типу судна и преобладающим условиям его эксплуатации.

Конструкция системы рекуперации тепла должна соответствовать требуемой производитель-

ности турбокомпрессора конкретного судна. Она разрабатывается с учетом значения КПД, которого требуется достичь: а) либо ограничиваясь только минимальными требованиями, предъявляемыми к двухтактным двигателям, принимая во внимание допустимую тепловую нагрузку его компонентов и экологическую безопасность выхлопных газов, б) либо с ориентацией на более высокое значение КПД.

Кроме технических параметров во внимание принимаются также экономические показатели: стоимость топлива и оборудования, мощность основного судового электрогенератора, от которой зависит требуемая мощность электрогенератора системы рекуперации тепла. Срок окупаемости установки рекуперации тепла короче, если она работает с более мощным дизельным двигателем.

Согласование работы дизельного двигателя и турбины достигается с помощью сопла с изменяемой геометрией (рис. 7). Такое сопло позволяет оптимизировать работу двигателя и системы рекуперации тепла, изменяя мощность турбины электрогенератора в зависимости от условий эксплуатации, например, уменьшая площадь сечения сопла при работе в тропических районах и, наоборот, увеличивая, при работе в районах с низкой температурой воздуха или при невысокой скорости движения судна.

Экономичный метод снижения вредных выбросов

Расчеты АББ показали, что в системе с независимой турбиной достигается значительное снижение содержания CO_2 в отработанных газах. В системе с двумя турбинами – с одной, работающей непосредственно от выхлопных газов, и с паровой турбиной, использующей теплоту выхлопных газов – эта величина уменьшается вдвое.

Дополнительный источник электроэнергии дает экономию более 2300 т топлива в год для типичного крупного контейнеровоза с системой рекуперации тепла с независимой турбиной и 5000 т в год – с системой рекуперации тепла, использующей паровой цикл. В обоих случаях дополнительная электроэнергия вырабатывается без обычного использования для этого вспомогательного дизельного двигателя.

7 В апреле 2007 года судно M/S EMMA MÆRSK удостоилось звания «Корабль года», присуждаемого Регистром Ллойда, как самый экологически чистый контейнеровоз.

6 Сопло с изменяемой геометрией позволяет оптимально согласовывать работу двигателя и турбины электрогенератора.

Существует два типа систем рекуперации тепла на базе турбин.

«Чистые» суда прокладывают путь

Турбины PTL компании АББ в качестве привода электрогенератора предназначены для решения двух ключевых задач сегодняшнего дня: экономии топлива и сохранения окружающей среды.

В то время как необходимость решения задачи экономии топлива зависит, главным образом, от изменения цен на нефтепродукты, то затраты на эффективные энергосберегающие системы, призванные уменьшить выброс в атмосферу вредных веществ, с каждым днем становятся все более актуальными и, в конце концов, неизбежными в связи с неуклонным ужесточением требований законодательства в отношении экологической безопасности судов. Таким образом, инвестиции судовладельцев в технологии, решающие обе вышеназванные задачи окупятся в любом случае. Экологической безопасности уделяется все большее внимание во всех отраслях промышленности и видах коммерческой деятельности, поэтому «чистоту» морского транспорта сейчас трудно переоценить.

Еще одним сильным стимулом для вложения в систему рекуперации тепла являются такие экономические инструменты, как дифференцированные портовые сборы и налоги, зависящие от грузоподъемности, которые сейчас применяются во многих мировых портах.

В условиях высокой конкуренции турбина привода электрогенератора, работающая на отработанных газах двигателя и позволяющая экономить топливо и снижать выброс вредных веществ в атмосферу, является весьма привлекательным предложением для судовладельцев.

Маркус Рупп
ABB Turbo Systems Ltd
Баден, Швейцария
markus. rupp@ch. abb. com

[3] Двадцатифутовый контейнер – единица измерения емкости судов и портовых терминалов, которая приблизительно равна 38,5 м^3.

Литература
М. Саммерс, Турбонагнетатели компании АББ: этапы большого пути. АББ Ревю 2/2007, с. 85-90.
Turbocharging in Switzerland (2005). Turbo Magazine, 2, 1–36.