

УДК 629.5

Судовые двигатели

Гаук М.А., Рабченя В.С.

Научный руководитель – ст. препод. ЗЕЛЕНКО В.В.

Кораблестроение – отрасль машиностроения, производящее постройку и ремонт морских и речных судов и кораблей всех назначений. Эта отрасль, как область коллективной деятельности людей, зародилась в глубокой древности в связи с возникновением потребности в судах значительных размеров. Для перемещения или совершения какой-либо работы любому виду транспорта необходимо наличие двигателя. Двигатель, пожалуй, можно назвать самой важной составляющей любого транспорта. Таким образом, для того, чтобы судно начало движение по воде, появляется необходимость в каком-либо двигателе.

Двигатель – это силовая установка, источник энергии судна. Он используется для того, чтобы судно могло выполнять свою основную функцию – перевозку грузов и пассажиров, но кроме этого энергия, вырабатываемая двигателем, используется для обеспечения функционирования всех вспомогательных систем, например для работы кондиционера, но это уже относится больше к современным двигателям.

Когда мы говорим о двигателе, то чаще всего представляем себе двигатель внутреннего сгорания (ДВС), в качестве топлива для которого используется бензин, дизельное топливо, газ, а в последнее время пробуют и водород. В настоящее время основную часть устанавливаемых на судах главных энергетических установок составляют ДВС.

На судах стоят бензиновые и дизельные двигатели. Однако наиболее распространены дизельные ДВС.

По назначению судовые ДВС разделяются на главные и вспомогательные. Первые обеспечивают движение судна, а вторые приводят в движение вспомогательные механизмы энергетической установки (насосы, компрессоры, генераторы судовой электростанции и т.д.).

Паротурбинные установки имеют только суда с мощностью двигателей от 14700 до 22100 кВт. Дизельная энергетическая установка состоит из 1-го или нескольких основных двигателей, а также из обслуживающих их механизмов.

В зависимости от способа осуществления рабочего цикла, ДВС разделяют на 4-тактные и 2-тактные.

По частоте вращения ДВС разделяются на: малооборотные дизели с частотой вращения 100-150 об/мин, которые непосредственно приводят в движение судовой движитель; среднеоборотные – 300-600 об/мин, которые приводят в движение судовой движитель через редуктор.

Немецкие ДВС отличаются высокой надежностью, а самый массовый на речном флоте ДВС – 3Д6 (3Д12) превосходит другие по рабочему ресурсу.

Во второй половине 40-х и начале 50-х годов на предприятии были разработаны и освоены в серийном производстве главные судовые ДВС 3Д6 (6Ч15х18) и 3Д12 (12Ч15х18) с реверс-редукторной передачей мощностью 150 × 300 л. с.

Рассмотрим ДВС 3Д6: он представляет собой 4-х контактные высокооборотные механизмы, с системой непосредственного впрыска топлива и шестью цилиндрами, имеющими рядное расположение. Две системы ДВС – смазки и охлаждения, работают по циркуляционному типу.

Дизели 3Д6 являются быстроходными, однорядными, шестицилиндровыми двигателями со струйным распылением топлива. К недостаткам таких ДВС можно отнести относительно низкую мощность, значительный выброс токсичных веществ и высокий уровень шума. Дизельные ДВС типа Д6, 3Д6С и 3Д6-ГД предназначены для установки на суда различного назначения в качестве главных судовых дизелей, работающих на гребной винт.



Рисунок 1 – Дизельный двигатель типа 3Д6



Рисунок 2 – Дизельный двигатель типа 3Д6С



Рисунок 3 – Дизельный двигатель типа 3Д6-ГД

3Д6 хоть и был очень востребован в прошлом, но сейчас такие двигатели уже не используются практически на современных судах.

Время не стоит на месте, и надо двигаться к чему-то более совершенному и новому. Ведь все компании мира понимают, что чем лучше будут характеристики двигателя, тем больше будет на него спрос.

На наш взгляд к наилучшим востребованным характеристикам ДВС можно отнести: высокую мощность, долговечность, экономичность топлива, низкий уровень шума, минимальный выброс вредных веществ в окружающую среду. Однако таких параметров достичь очень сложно. Давайте посмотрим, чем отличаются современные ДВС от двигателя поколения 3Д6.

За прошедшие 10-15 лет в конструкции судовых дизелей произошли радикальные изменения, и вызвано это было необходимостью повысить удельную мощность и экономичность, надежность и моторесурс и, одновременно, снизить уровень эмиссии выхлопных газов. Если в 70-80 годы повышение мощности достигалось путем увеличения размеров двигателей (диаметры цилиндров были доведены до 105-106 см), то сегодня наблюдается обратная тенденция – к снижению размеров двигателей.

В течение последнего десятилетия ведущими двигателестроительными компаниями велась интенсивная исследовательская и проектно-конструкторская работа по переводу среднеоборотных двигателей на дешевые тяжелые топлива, по снижению эмиссии выхлопных газов в связи с растущими требованиями защиты окружающей среды. Параллельно решались задачи по повышению надежности и эффективности двигателей, снижению эксплуатационных расходов и повышению долговечности.

В итоге, сегодня на рынке появилось принципиально новое поколение среднеоборотных дизелей, которые по многим показателям могут успешно конкурировать с малооборотными дизелями. В новых двигателях, прежде всего, были внесены изменения в топливopодачу – увеличены давления впрыска до 1500- 1800 бар, обеспечена оптимизация фаз подачи применительно к каждому режиму работы двигателя. Среднеоборотные

двигатели занимают свыше 25% от общей мощности, установленных на судах дизелей; в береговых электроэнергетических установках они играют преобладающую роль.

В процессе совершенствования их конструкции двигателестроительные фирмы исходили из требований обеспечить:

- Малые износы, высокую надежность и моторесурс при работе на тяжелых топливах;
- Чистоту выхлопа, удовлетворяющую требованиям «Правил IMO-2000».
- Низкие эксплуатационные расходы, включающие стоимость расходуемого топлива и масла, затраты на техобслуживание и запасные части.
- Низкую стоимость и трудоемкость в производстве, монтаже на судне и в процессе технического обслуживания.

Реализация этих требований привела практически к созданию среднеоборотных двигателей нового поколения, существенно отличающихся от двигателей более ранних моделей, как по конструкции, так и по организации рабочего процесса. Была продолжена форсировка рабочего процесса с использованием газотурбинного наддува. Современный уровень среднего эффективного давления судовых среднеоборотных дизелей составляет 2,1-2,9 МПа.

Переход с ранее применявшегося импульсного наддува на систему постоянного наддува предоставляет следующие преимущества:

- Более высоким КПД ГТК.
- Более простая и надежная конструкция выхлопных трубопроводов.
- Достигается более ровная температура газов за цилиндрами.
- Обеспечивается больший запас по помпажу компрессора.

Но одновременно теряются такие преимущества импульсного наддува, как лучшее обеспечение двигателя воздухом на малых нагрузках. Это обстоятельство не могло не учитываться, так как большинство среднеоборотных двигателей используются в качестве главных на пармах, круизных судах, буксирах в качестве вспомогательных дизель-генераторов. Для них значительную долю времени составляют малые и средние нагрузки, а также, переходные режимы. Обычно работа на малых нагрузках, и особенно, на переходных режимах, сопровождается ухудшением сгорания топлива и дымным выхлопом, связанными с ухудшением распыливания топлива, падением давления наддува и нарушением воздухообеспечения. Поэтому первоочередная задача состояла в том, чтобы обеспечить стабильную и экономичную работу двигателей не только на режимах полных, или близких к ним нагрузок, но и на перечисленных режимах.

Известно, что 4-тактные двигатели, как правило, располагают значительным резервом энергии выхлопных газов и это вынуждает в ряде случаев прибегать к байпасированию газов перед ГТК. Это обстоятельство было использовано фирмой МАИ. Путем перенастройки рабочего аппарата газовой турбины на оптимум в зоне частичных нагрузок была увеличена ее мощность в этом диапазоне в ущерб КПД и мощности на полной нагрузке. Компенсация потери мощности на полной нагрузке в этом случае достигается увеличением подачи газов на турбину путем сокращения их байпасирования.

Вторая проблема, которую пришлось решать, состояла в том, что температуры воздуха и газов в камере сгорания на частичных режимах существенно ниже и это неблагоприятно отражается на задержке воспламенения.

Затягивание воспламенения приводит к неполному сгоранию и прочим, связанным с этим последствиям. Поэтому Вяртсиля и ряд других фирм при переходе двигателя на нагрузки менее 45% прибегают к отключению охлаждения наддувочного воздуха и включают его подогрев.

Причиной неполного сгорания топлива, сопровождающегося дымлением на выхлопе, обычно проявляющейся при резких скачках нагрузки, является инерционность ГТК, не успевающего увеличить подачу воздуха вслед за увеличением подачи топлива.

Давно уже перед разработчиками двигателей стояла задача – перевести среднеоборотные двигатели на тяжелые топлива, чтобы на судне могло использоваться

единое топливо. Это диктовалось существенно более низкой стоимостью тяжелых топлив. Если сначала решение этой задачи казалось маловероятным, то сегодня все ведущие фирмы ее успешно решили.

Также хотелось бы отметить, что существуют суда, имеющие название «Электроход».

«Электроход» – судно, движитель которого приводится в действие электрическим двигателем. Основные преимущества электрического привода – возможность быстро и плавно менять скорость и направление вращения движителя (что улучшает манёвренность), низкий уровень шума и вибрации (что важно для пассажирских судов). Кроме того на дизель-электроходах дизельный двигатель работает в лучших условиях (постоянные обороты), чем на теплоходе с прямым приводом, что снижает расход топлива и увеличивает срок службы дизельного двигателя. Одним из недостатков электроходов является сравнительная сложность силовой установки.

На электроходах обычно используется синхронный электродвигатель переменного тока.

Источники электроэнергии для тягового судового двигателя могут быть разными, например:

1) Бортовой двигатель внутреннего сгорания. Такие суда называют дизель-электроходами, иногда их считают разновидностью теплохода.

2) Бортовая турбина. Такие суда называют турбоэлектроходами.

3) Ядерная силовая установка. Такие суда являются разновидностью атомохода.

4) Внешний источник. Например, во Франции, на одном из участков канала Сен-Кантен, использовались туеры-электроходы, получавшие энергию от двухпроводной контактной сети наподобие троллейбусной, т. е. получается «водный троллейбус».

5) Аккумуляторы. В связи с малой удельной ёмкостью аккумуляторов, такие суда используются практически только в развлекательных целях.

6) Солнечные батареи. Такие суда чаще всего невелики, и пока они в основном не вышли из экспериментальной стадии. По состоянию на 2007 год, самое крупное коммерческое судно на солнечных батареях – 150-местный катамаран MobiCat.

7) Топливные элементы. Такими судами, очевидно, будут заменены дизель-электроходы и, частично, суда на аккумуляторах. В частности ВМФ Германии уже используют подводные лодки на топливных элементах.



Рисунок 4 – Электродвигатель для пропульсивной установки для судов / дизельный двигатель / многоцелевой / in-bord

Литература

1. Судовые дизельные двигатели Scania [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://spbmarine.com/products/engine-sc> . – Дата доступа: 15.10.2017.
2. ОАО Барнаулирансмаш – дизели Д6, Д12, дизель-генераторы, судовые дизели, электроагрегаты и др [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.barnaultransmash.ru/about/history.html> . – Дата доступа: 15.10.2017.
3. Судовые двигатели MAN [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://marinetec.com/ru/morskoe-napravlenie/mt-man-sudovye-dvigateli/morskie-dvigateli>. – Дата доступа: 15.10.2017.
4. Судовые двигатели внутреннего сгорания [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.stroitelstvo-new.ru/sudostroenie/slesar/dvigateli-vnutrennego-sgoraniya.shtml>. – Дата доступа: 16.10.2017.
5. Для чего нужен двигатель в автомобиле? [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://v-mireauto.ru/dlya-chego-nuzhen-dvigatel-v-avtomobile/>. – Дата доступа: 16.10.2017.
6. Нефтепромысловое оборудование. Дизели типа В2, В2-450, В2-500, Д6, Д12, Wola-5Va. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://regiongrup.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=35. – Дата доступа: 16.10.2017.
7. Неисправности дизеля Д6 и методы их устранения. Нева-дизель. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://neva-diesel.com/neispravnosti-dizelya-d6-i-metody-i>. – Дата доступа: 18.10.2017.
8. Судовой двигатель 3Д6 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://hydrocom-motors.ru/articles/sudovoy-dvigatel-3d6.php>. – Дата доступа: 18.10.2017.
9. Wartsila-Sulzer RTA96-C — самый большой и самый мощный двигатель в мире! [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.drive2.ru/b/4899916394579106495/> . – Дата доступа: 18.10.2017.
10. Современные судовые среднеоборотные двигатели - Возницкий И. В. [2003, PDF] [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://seatracker.ru/viewtopic.php?t=107> . – Дата доступа: 18.10.2017.
11. Характеристика судовых двигателей [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://vdvzhke.ru/sudovye-dvigateli-vnutrennego-sgoraniya/ispytaniya-i-jekspluatsiya-sudovyh-dvigatelej/harakteristika-sudovyh-dvigatelej.html>. – Дата доступа: 20.10.2017.
12. Библиотека водного транспорта [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://boat-info.ru/e-store/books/12/64/>. – Дата доступа: 20.10.2017.
13. Судовой двигатель D2876LE 406 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://marinetec.com/ru/catalogue/product/view/26/248>. – Дата доступа: 20.10.2017.
14. Генератор (Дизели 4Н15/18, 64Н18/22.) 78.3701 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://avtocom.com/catalog/item/78.3701.htm> – Дата доступа: 20.10.2017.