

ОБЗОР ТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОВРЕМЕННЫХ ФОРСИРОВАННЫХ МАЛОРАЗМЕРНЫХ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Бисенов А.Р., Тлеуова А.М.

Бұл мақалада энергетикалық қуаты қушейтілген кіші көлемді заманауи кеме дизельдерінің техникалық көрсеткіштеріне шолу жасалады.

The review and analysis of operational indicators modern forced small size ship diesel engines. Diesel engines - on frequency of rotation of a cranked shaft are shown advantage of use of a method of speeding up small size ship.

Выбор основных технических и эксплуатационных показателей для перспективного форсированного малоразмерного судового дизеля должен базироваться на предварительном изучении современных двигателей этого типа.

Современный технический уровень и динамика развития зарубежных малоразмерных судовых дизелей свидетельствует о большом внимании, уделяемой производителями их постоянному совершенствованию. Необходимо отметить, что основные эксплуатационные показатели двигателей различных фирм колеблются в довольно широких пределах.

Анализируя уровни форсирования малоразмерных судовых дизелей по среднему эффективному давлению p_e и по частоте вращения коленчатого вала n необходимо, прежде всего, отметить, что основная их масса выпускается в настоящее время без наддува. Так из рассмотренных в данной работе 80 модификаций дизелей с диаметром цилиндра до 100 мм, производства 30-ти различных фирм, наддув имеют только десять моделей или 12%. Модификации с наддувом появляются при объеме цилиндра свыше 0,8 литра, все они выпускаются в шестицилиндровом исполнении. Отсутствие наддува на дизелях с меньшим общим рабочим объемом объясняется, с одной стороны, трудностью реализации эффективного смесеобразования в камере сгорания, с другой стороны - относительно невысокими значениями коэффициента полезного действия агрегатов наддува.

Указанные обстоятельства предопределяют целесообразность повышения мощности малоразмерных судовых дизелей за счет форсирования малоразмерных дизелей по среднему эффективному давлению p_e и частоты вращения коленчатого вала n .

Номинальные значения среднего эффективного давления дизелей без наддува колеблются в пределах от 0,45 до 0,73 МПа. Значения выше 0,70 МПа имеет, только относительно небольшая группа двигателей.

Сравнивая значения p_e дизелей можно видеть, что двигатели, имеющие значения этого показателя на режиме номинальной мощности 0,72 МПа, оказываются в группе наиболее форсированных (рис.1). Такое положение свидетельствует о том, что по достигнутым значениям среднего эффективного давления p_e двигатели типа Ч8,5/11 и Ч9,5/11 находятся на

достаточно хорошем уровне относительно малоразмерных дизелей западного производства [1, 2].

Уровень форсирования по частоте вращения коленчатого вала в значительной степени определяется назначением дизеля. Обеспечивая на своих малоразмерных дизелях наибольшую мощность при максимальном скоростном режиме фирмы, также предлагают целый ряд дефорсированных модификаций, причём номинальные значения частоты вращения в каждом случае выбираются в зависимости от назначения дизеля.

Малоразмерные дизели типа Ч9,5/11 в зависимости от назначений также имеют различные уровни форсирования по частоте вращения коленчатого вала. Наибольший скоростной режим 2200 мин^{-1} имеют дизели типа 2Ч9,5/10 и 4ЧСП9,5/11 «Каспий-30М».

Значения частоты вращения коленчатого вала других малоразмерных дизелей колеблются в пределах 1600–3000 об/мин, а на ряде дизелях с рабочим объемом 1,0 литр, достигают свыше 3000 об/мин.

Сопоставление уровней форсирования по частоте вращения коленчатого вала современных малоразмерных судовых дизелей показывают, что двигатели типа Ч8,5/11 и Ч9,5/11 находятся на современном уровне.

В то же время, если по p_e малоразмерные дизели типа Ч9,5/11 находятся на достаточно хорошем уровне, то по достигнутым значениям n заметно уступают наиболее форсированным зарубежным модификациям.

Относительно невысокие уровни форсирования по частоте вращения коленчатого вала являются, одной из основных причин повышенной металлоемкости малоразмерных дизелей типа Ч8,5/11 и Ч9,5/11 [3, 4]. Сравнение их удельных масс с массами наиболее форсированных зарубежных модификаций показывает, что для достижения современного уровня по затратам металла на единицу производимой энергии, необходимо повышение мощности малоразмерных судовых дизелей типа Ч8,5/11 и Ч9,5/11 на 30 – 35% (при сохранении неизменной их массы).

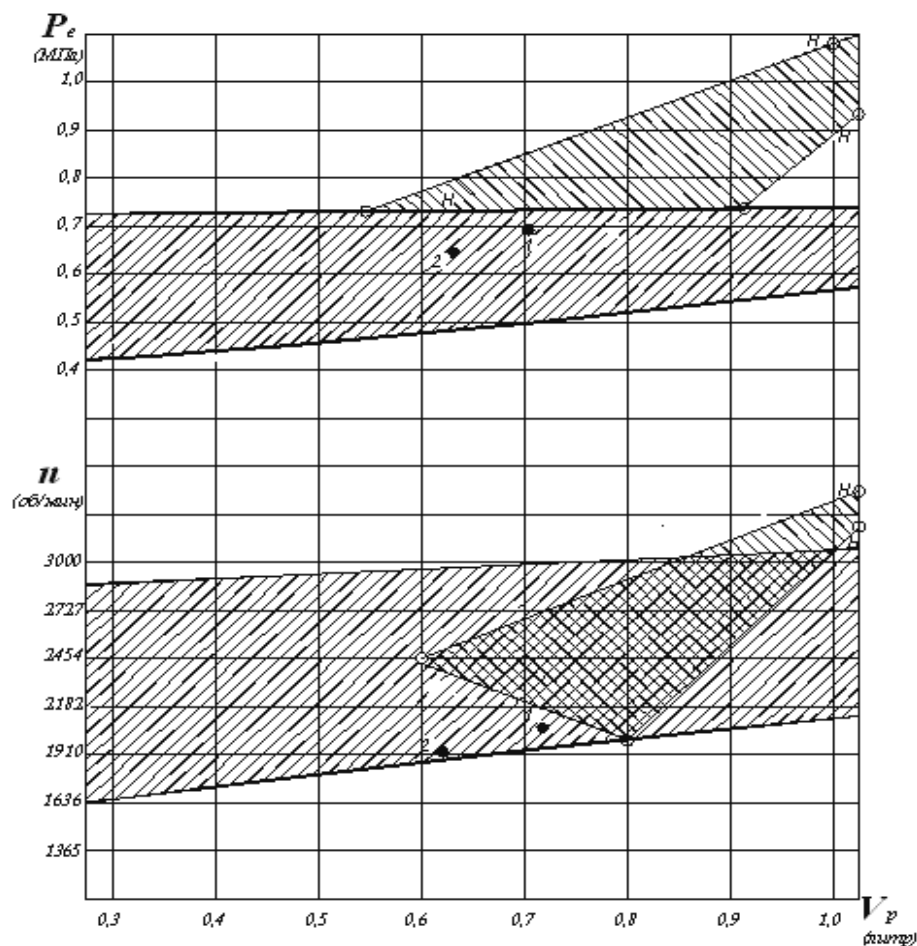


Рис.1. Уровни форсирования малоразмерных дизелей по среднему эффективному давлению и частоты вращения коленчатого вала.

1 - 2Ч9,5/10; 2 - 4ЧСП9,5/11«Каспий-30М»; Н – двигатели с наддувом.

Такой прирост мощности, может быть, достигнут при форсировании по частоте вращения коленчатого вала до 3000 об/мин (рис.2). Значение удельного расхода топлива, как на режиме номинальной мощности, так и на других эксплуатационных режимах, приводимые в информационных материалах, колеблются в довольно широких пределах. Расходы повышаются по мере снижения диаметра цилиндра, в то же время существенный разброс их значений при одинаковых диаметрах и идентичных уровнях форсирования свидетельствует о различной степени доводки рабочего процесса на двигателях различных производителей.

Расходы топлива на двух режимах, номинальном режиме и режиме наилучшей топливной экономичности (по скоростной характеристике) показаны на рис.3. Минимальные расходы топлива для дизелей с разделенными камерами сгорания составляют 256 – 258 г/(кВт·ч). По мере повышения частоты вращения топливная экономичность ухудшается и на режимах номинальной мощности g_e достигают 280–290 г/(кВт·ч).

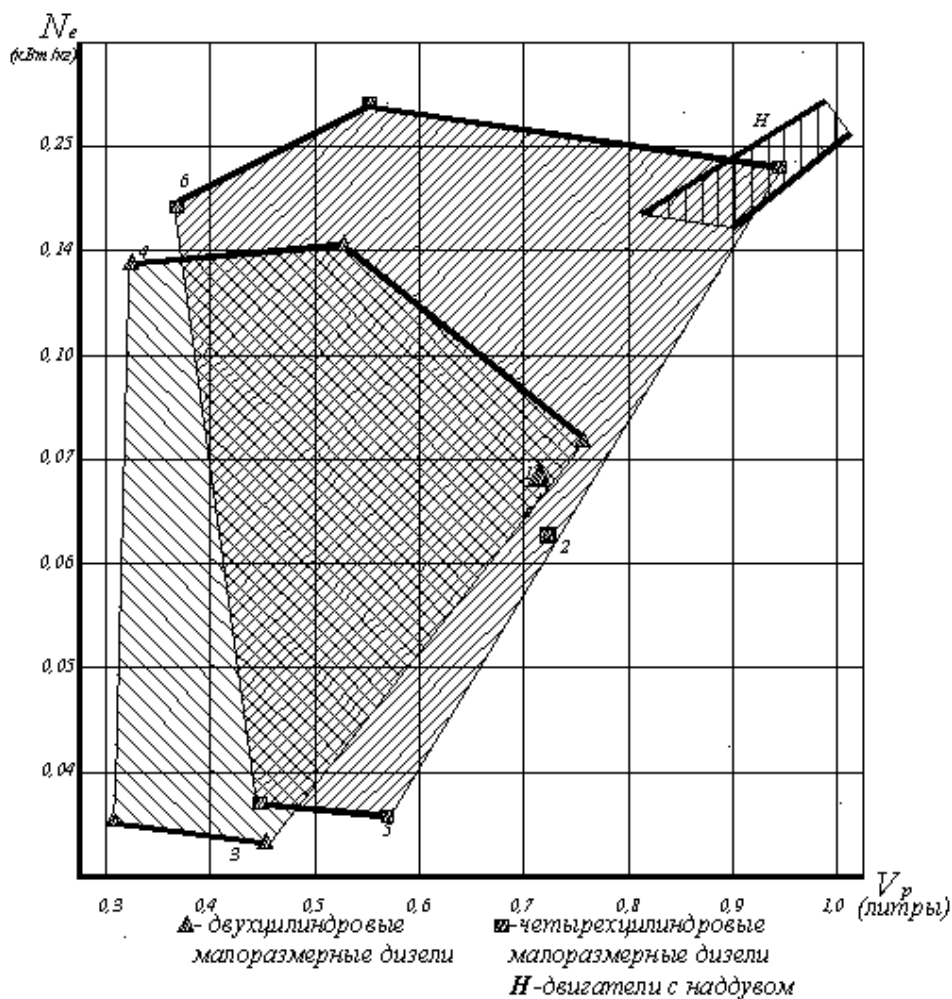


Рис.2. Удельные мощности малоразмерных дизелей

1- 2Ч9,5/10; 2- 4ЧСП9,5/11«Каспий-30М»; 3, 4- нижние и верхние границы удельной мощности 2-х цилиндровых дизелей; 5, 6- нижние и верхние границы удельной мощности 4-х цилиндровых дизелей.

Топливная экономичность дизелей с непосредственным впрыском имеет аналогичную тенденцию к ухудшению при росте скоростного режима, однако абсолютные значения расходов топлива в этом случае существенно ниже.

Высокую топливную экономичность имеют, форсированные по частоте вращения коленчатого вала малоразмерные дизели с непосредственным впрыском. Расходы топлива малоразмерных дизелей с непосредственным впрыском минимальные, по скоростной характеристике еще ниже (в частности, для дизелей: 4Ч9,8/12,7 - 220г/(кВт·ч) и 6ЧН9,8/12,7 - 207г/(кВт·ч)).

Малоразмерные дизели типа Ч8,5/11 и Ч9,5/11 имеют вихревые камеры сгорания, и расходы топлива на режиме номинальной мощности находятся на уровне 260–270 г/(кВт·ч). По топливной экономичности они находятся в группе ведущих двигателей аналогичного типа, т.е. дизелей с разделенными камерами сгорания, однако существенно отстают от дизелей с непосредственным впрыском.

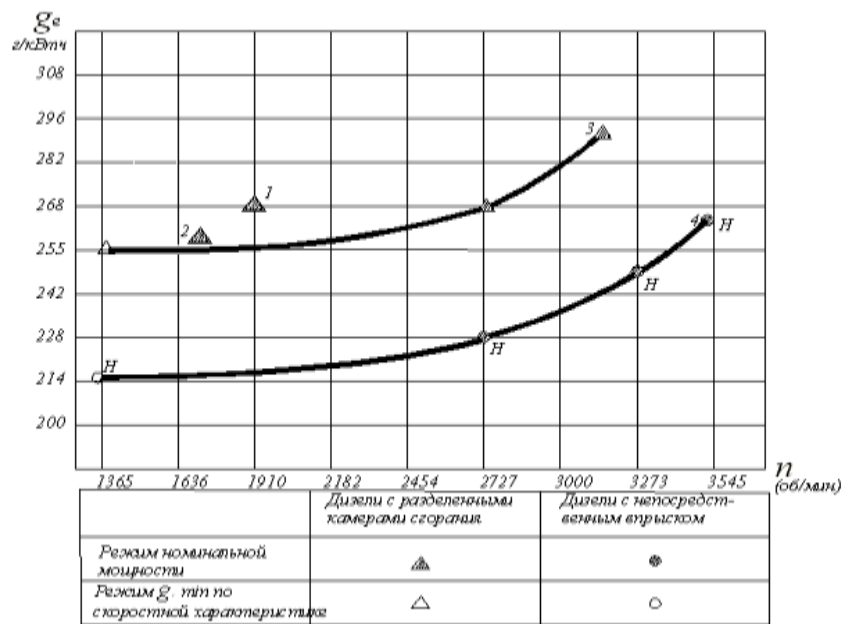


Рис.3. Топливная экономичность малоразмерных дизелей

1- 2Ч9,5/10; 2- 4ЧСП9,5/11«Каспий-30М»; 3- нижние границы расходов топлива дизелей с разделенными камерами сгорания; 4- нижние границы расходов топлива дизелей с непосредственным впрыском; Н- двигатели с наддувом.

Перевод на непосредственный впрыск является, таким образом, значительным резервом для повышения топливной экономичности малоразмерных судовых дизелей типа Ч8,5/11 и Ч9,5/11.

Форсирование двигателя по частоте вращения коленчатого вала сопровождается, как известно, ухудшением условий протекания рабочего процесса и одновременным повышением механических потерь. Совместное воздействие указанных факторов обуславливает снижение предельно достижимых значений среднего эффективного давления p_e и повышение удельных расходов топлива.

Опубликованные данные показывают, что при увеличении частоты вращения в два раза (например, с 1500об/мин до 3000об/мин) максимальное значение p_e снижается примерно на 10–15%, а расход топлива возрастает на 15–20 г/(кВт·ч) [5, 6, 7].

Отрицательное влияние роста скоростного режима на уровень форсирования по p_e и на топливную экономичность может быть снижено за счет высокой степени доводки рабочего процесса при выбранном способе смесеобразования, а также тщательной отработки конструкции с целью снижения уровня механических потерь.

Малоразмерный вихрекамерный дизель 4Ч8,5/11 имеет более высокий уровень механических потерь по сравнению с другими, в том числе и зарубежными двигателями. При скорости поршня 8,0м/с значение среднего эффективного давления этого дизеля составляет 0,27 МПа, что примерно на 0,05 –0,07 МПа выше, чем у двигателей других типов. Такие различия в уровне механических потерь, соответствует для дизелей без наддува со

среднее эффективным давлением 0,6–0,7МПа, различием в эффективном расходе топлива в 5,0–12,0 г/(кВт·ч). Даже, если учесть, что выбранные для сравнения двигатели имеют несколько большие диаметры цилиндра, большее их число и частично V– образное исполнение, тем не менее, выполненное сопоставление наглядно свидетельствует о необходимости совершенствования конструкции и технологии изготовления малоразмерных судовых дизелей типа Ч8,5/11 и Ч9,5/11с целью снижения их уровня механических потерь (рис.4).

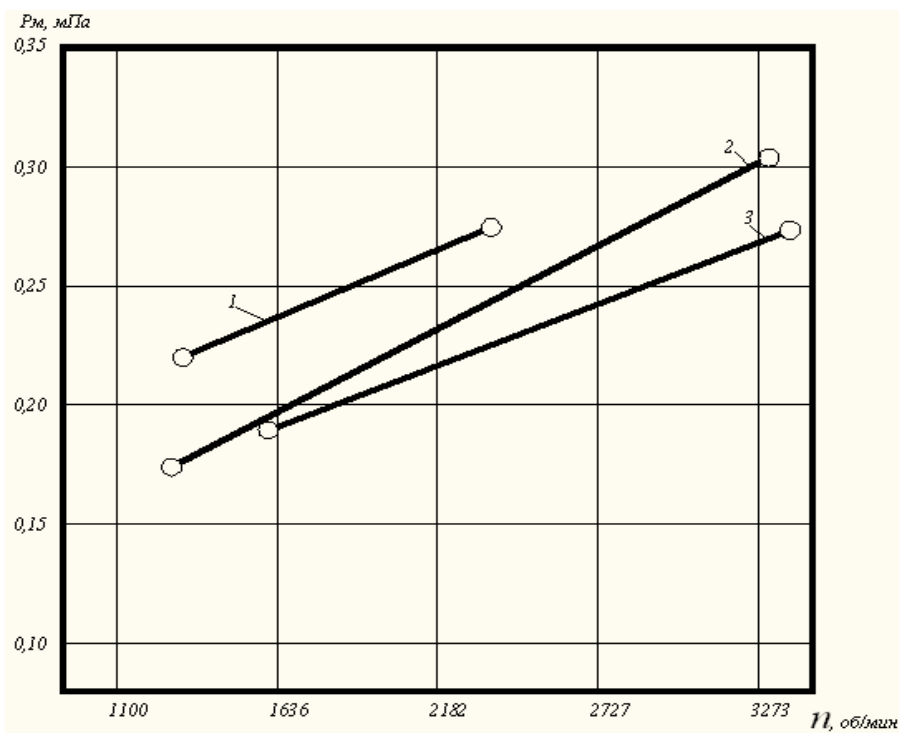


Рис.4. Зависимость механических потерь от частоты вращения коленчатого вала. 1- малоразмерный дизель с камерой сгорания в поршне; 2 – малоразмерный дизель с предкамерой; 3 – малоразмерный дизель с вихревой камерой.

Основными путями снижения уровня механических потерь малоразмерных дизелей являются: разработка и применение новых конструктивных форм, современных материалов и технологии, повышение точности изготовления отдельных узлов и деталей, использование агрегатов требуемой мощности с достаточно высоким коэффициентом полезного действия.

Характерной особенностью, отмеченной при рассмотрении показателей зарубежных малоразмерных дизелей, является отсутствие среди них модификаций с числом цилиндров свыше шести (рис.5). Объяснение этому, по – видимому, заключается в том, что преимущество малоразмерных дизелей многоцилиндровых модификаций, в отношении удельных массогабаритных показателей, уравновешенности, уровня механических потерь и возможности покрытия дизелями одного семейства более широкого диапазона мощностей и т.д., сводятся к минимуму при увеличении числа

цилиндров свыше шести, в то же время в этом случае все более сильной степени проявляются определенные характерные для малоразмерного двигателя недостатки.

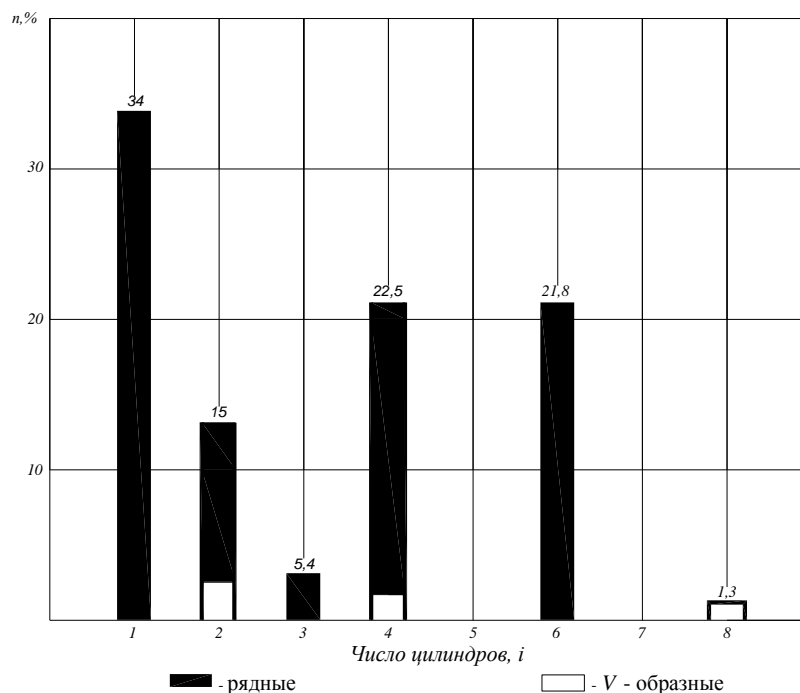


Рис.5. Распределение малоразмерных дизелей по числу цилиндров

Как известно в малоразмерном дизеле, весьма трудно выдержать с высокой точностью идентичность параметров наполнения, топливоподачи и условий смесеобразования в отдельных цилиндрах, вследствие чего по мере увеличения их числа и растет разброс значений показателей рабочего процесса в каждом из них. Это и является одной из основных причин, определяющих нецелесообразность увеличения числа цилиндров на малоразмерном дизеле свыше шести. В этом случае, повышение агрегатной мощности рациональнее осуществлять за счет увеличения рабочего объема цилиндра.

Выполненный сравнительный анализ технических показателей современных дизелей судового и общепромышленного назначения показал следующее:

- дизели с рабочим объемом цилиндра до 0,8 литра выпускаются в настоящее время без наддува: наддув применяется только на отдельных модификациях с объемом цилиндра 0,8 - 1,0 литра, используемых в установках, где удельные показатели имеют первостепенное значение. Малоразмерные дизели типа Ч8,5/11 и Ч9,5/11 с рабочим объемом цилиндра до 0,78 литра по достигнутым значениям среднего эффективного давления p_e (до 0,72МПа) находятся на достаточно хорошем уровне относительно мировых образцов;
- уровни форсирования дизелей типа Ч8,5/11 и Ч9,5/11 по скорости поршня на режиме максимальной частоты вращения ниже, чем лучших зарубежных на 2–3м/с (8,06 против 10–11м/с). Этим объясняется их относительно более низкие удельные показатели, и в определенной степени, более высокая металлоемкость;

- топливная экономичность дизелей типа Ч8,5/11 и Ч9,5/11, имеющие разделенные камеры сгорания соответствуют уровню импортных двигателей аналогичного типа ($g_e=250-265$ г/(кВт·ч)), однако заметно ниже, чем у дизелей с непосредственным впрыском ($g_e=230-240$ г/(кВт·ч));
- малоразмерные дизели практически не выпускаются с числом цилиндров свыше шести, что объясняется снижением известных преимуществ многоцилиндровых модификаций по мере увеличения числа цилиндров при одновременном росте разброса показателей рабочего процесса в отдельных цилиндрах по мере повышения их числа;
- наиболее актуальными направлениями совершенствования малоразмерных дизелей типа Ч8,5/11 и Ч9,5/11 в настоящее время является, форсирование по частоте вращения коленчатого вала, перевод с разделенных камер сгорания на непосредственный впрыск топлива и отработка конструкций дизеля с целью снижения уровня механических потерь [7, 8, 9].

Литература:

1. Двигатели внутреннего сгорания: Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей: Учебник для ВУЗов. В.П.Алексеев, В.Ф.Воронин, Л.В. Грехов и др.; Под ред. А.С.Орлина, М.Г.Круглова. - М.: Машиностроение, 1990. С.288.
2. Завлин М.Л., Семенов Б.Н. Основные направления развития отечественных судовых и промышленных маломерных дизелей. Двигателестроение. - Л.: 1980. С.5-8.
3. Дорохов А.Ф. Принцип формирования эксплуатационного качества при производстве судовых дизелей. Проблемы машиностроения и надежности машин. - М.: 1999. №6. С.54-58.
4. Толшин В.И. Форсированные дизели: переходные режимы, регулирование. - М.: Машиностроение, 1993. С.199.
5. Озимов П.Л. Основные направления развития дизелестроения в России. Двигателестроение. 2004. №1. С. 3-5.
6. Семенов Б.Н., Павлов Е.П. Рабочий процесс высокооборотных дизелей малой мощности. - Л.: Машиностроение, 1990. С. 240.
7. Султанова Л. М. Исследование динамики механизма газораспределения судовых высокооборотных дизелей и оптимизация конструкции его элементов. Автореферат дисс. канд. тех. наук. 05.08.05. -А.: АГТУ, 2002.
8. Гутиева Н.А. Исследование динамики и разработка механизма уравнивания судовых малоразмерных дизелей. Автореферат дисс. канд. тех. наук. 05.08.05. -А.: АГТУ, 2004.
9. Информационные материалы фирм Caterpillar, Mitsubishi, Perkins, Volvo-Penta, GMT, MAN, MTU и др.