

УДК 621.436 – 571

ОЦЕНКА ПУСКОВЫХ СВОЙСТВ МАЛОРАЗМЕРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ СПАСАТЕЛЬНЫХ ШЛЮПОК

Дадиллов А.С., Адамов М.Т., Габалов Г.М.

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», филиал, Махачкала, e-mail: mfmadi@mail.ru

В статье представлены основные требования, предъявляемые к двигателям спасательных шлюпок, и основные мероприятия, направлены на улучшение их пусковых качеств. Успех спасательной операции на море во многом зависит и от эффективности ввода в действие энергетической установки, т.е. скорости запуска двигателя, который в свою очередь определяет время ввода в действие самой спасательной шлюпки и в конечном итоге – успех реализации спасательной операции. Очень важно при этом учитывать и многие факторы, влияющие на пусковые качества: особенности конструкции малоразмерных дизелей (диаметр цилиндра менее 100 мм) применяемых в качестве главных двигателей для спасательных шлюпок, сложности протекания рабочего процесса в условиях малого объема камеры сгорания, условия эксплуатации этих двигателей и т.д. Поэтому в данной статье представлены данные по анализу пусковых качеств малоразмерных двигателей спасательных шлюпок с разделенной и неразделенной камерами сгорания.

Ключевые слова: спасательная шлюпка, малоразмерный дизель, средства облегчения пуска, камера сгорания, пусковые качества

EVALUATION OF SMALL ENGINES STARTING PROPERTIES LIFEBOATS

Dadilov A.S., Adamov M.T., Gabalov G.M.

Federal State Educational Institution of Higher Professional Education «Moscow State Automobile and Road Technical University (MADI)», branch, Makhachkala, e-mail: mfmadi@mail.ru

The paper presents the basic requirements for engines lifeboats and main activities aimed at improving their starting capability. The success of rescue operations at sea and largely depends on the efficiency of the commissioning of the power plant, i.e. start the engine speed, which in turn determines the time of commissioning of the lifeboat, and ultimately – the success of the rescue operation. It is important in this case to take into account many factors that affect the quality of launchers: design features of small diesel engines (cylinder diameter 100 mm) was used as the main engines for lifeboats, difficulty working processes in a small volume of the combustion chamber of the engine operating conditions and etc. Therefore, this article presents the analysis of small engine starting capability lifeboats with divided and undivided combustion chambers.

Keywords: lifeboat, small-sized diesel, starting aid, combustion chamber, cold start

Необходимость наличия специальных двигателей для спасательных шлюпок обуславливается особенностями их эксплуатации и специфичностью требований, предъявляемых к условиям их функционирования при реализации спасательной операции [1].

Требования, о которых идёт речь, оговорены в Международной конвенции по охране человеческой жизни на море (СОЛАС-74) и в Правилах Российского Морского Регистра Судоходства (РМРС). В соответствии с этими требованиями моторные спасательные шлюпки морских судов должны быть оборудованы двигателями с самовоспламенением от сжатия, к пусковым качествам которых, в свою очередь, также предъявляется ряд специфических требований:

- минимальная температура надёжного пуска не более 258 К;
- постоянная готовность к вводу в действие;
- продолжительность пуска двигателя не более 60 с;
- количество операций по запуску – 3;

– после запуска дизеля из холодного состояния он обязан работать в течение не менее 5 мин, т.е. когда спасательная шлюпка находится на палубе судна;

– двигатель должен функционировать при затоплении спасательной шлюпки по ось коленчатого вала;

– двигатель должен быть оборудован двойной системой запуска: основной – ручной и дублирующей – электростартерной; осушительным насосом и др. узлами.

Из сравнительного анализа пусковых свойств малоразмерных дизелей следует, что отечественные малоразмерные дизели Ч8,5/11 и Ч9,5/11 характеризуются [2]:

– большими значениями моментов сопротивления вращению коленчатого вала, что, в свою очередь, требует увеличения мощности пусковой системы;

– высоким значением минимальной скорости поршня в режиме пуска, при которой в цилиндре обеспечиваются условия, необходимые для впуска и сжатия свежего заряда воздуха, смесеобразования и сгорания рабочей смеси.

Меры, предложенные во многих научно-исследовательских работах для совершенствования пусковых качеств дизелей, весьма разнообразны и их можно разделить на три группы:

- средства улучшения собственных пусковых качеств двигателя;

- средства облегчения воспламенения топлива в цилиндре дизеля при запуске двигателя;

- средства облегчения проворачивания коленчатого вала при запуске двигателя.

К средствам улучшения собственных пусковых качеств относятся конструктивные и регулировочные параметры, определяющие:

- тепловые и гидродинамические потери на перетекание газов и вихреобразование в цилиндре дизеля, т.е. тип камеры сгорания;

- давление P_c и температуру T_c в конце такта сжатия в цилиндре дизеля, т.е. геометрическая и действительная степень сжатия ϵ_r и ϵ_d ;

- индикаторный момент M_i в цилиндре в режиме пуска дизеля, т.е. цикловая подача топлива g_c и момент его подачи, в θ° ПКВ до ВМТ;

- момент сопротивления прокручиванию коленчатого вала M_c .

К вспомогательным средствам облегчения воспламенения топлива в режиме пуска относятся: электрические спирали подогрева впускного воздуха; электрофакельные подогреватели впускного воздуха; свечи накаливания типа СН-100БЗ; легковоспламеняющиеся пусковые жидкости «Холод Д-40» и «Арктика» и др.

К вспомогательным средствам облегчения проворачивания коленчатого вала относятся: маловязкие (северные) моторные масла; устройство для декомпрессии цилиндров; увеличение мощности пусковой системы; предварительный разогрев дизеля подогревателем.

По условиям эксплуатации малоразмерных двигателей для шлюпок многие из перечисленных средств не могут быть использованы, или не требуется их применения, а рациональность применения и границы использования отдельных средств могут быть определены только по результатам экспериментальных исследований пусковых качеств малоразмерных двигателей.

Эффективным средством совершенствования пусковых качеств в первую очередь является перевод двигателей с разделенной вихревой камерой сгорания на неразделенную камеру сгорания в поршне [2, 3, 4, 5].

Основными проблемами при решении задач, соответствующих требованиям, являются конструктивные особенности малоразмерных двигателей Ч8,5/11 и Ч9,5/11 – малый диаметр цилиндра менее 100 мм, соответственно 85 и 95 мм, затрудняющий

размещение камеры сгорания и форсунки, впускного и выпускного клапанов, профилированных впускного и выпускного трактов, а также организацию высокоэкономичного рабочего процесса в условиях малого объема камеры сгорания.

Кроме того, анализ технических характеристик отечественных дизелей 4ЧСП8,5/11-5 «Каспий 30М» показывает, что они характеризуются повышенными значениями минимальных температур пуска $T_{\text{пуска}}$ без использования средств облегчения на уровне 27°C и удельных расходов топлива $g_e = 261...309 \text{ г/(кВт}\cdot\text{ч)}$ [2, 3].

Неудовлетворительные пусковые качества и относительно высокие значения удельных расходов топлива отечественных малоразмерных дизелей обусловлены их конструктивными особенностями, а именно наличием раздельных вихревых камер сгорания (рис. 1) и малыми диаметрами цилиндров ($D_{\text{ц}} < 100 \text{ мм}$). Отечественные дизели для спасательных шлюпок проигрывают по таким важным эксплуатационным характеристикам, как пусковые качества, количество людей, необходимых для осуществления пуска дизеля вручную, удельная мощность, массогабаритные показатели и топливная экономичность.

Что касается шлюпочных дизелей с вихревой камерой сгорания – 4ЧСП8,5/11 «Каспий 30М», то их пусковые свойства являются наихудшими [3, 4], т.к. имеют место значительные потери энергии на перетекание воздушного заряда из надпоршневого пространства в вихревую камеру и рабочего тела из вихревой камеры в надпоршневое пространство. Это делает вихрекамерные двигатели ещё менее приемлемыми в качестве двигателей спасательных шлюпок, когда скорость запуска двигателя определяет время ввода в действие самой спасательной шлюпки и в конечном итоге – успех реализации спасательной операции.

При этом особые затруднения вызывал запуск вихрекамерного дизеля, который необходимо было обеспечить при температурах окружающей среды 258 К , вручную без использования свечей накаливания, традиционных для вихревых камер. Даже существенное повышение степени сжатия до $20...22$ не избавило от этих затруднений.

Кроме того, многолетний опыт эксплуатации двигателей различного типа показывает, что минимальная температура надежного пуска дизелей с разделенными камерами сгорания при отсутствии вспомогательных средств облегчения воспламенения топлива не опускается ниже $283...288 \text{ К}$, в то время как для дизелей с камерой сгорания в поршне она достигает $263...265 \text{ К}$.

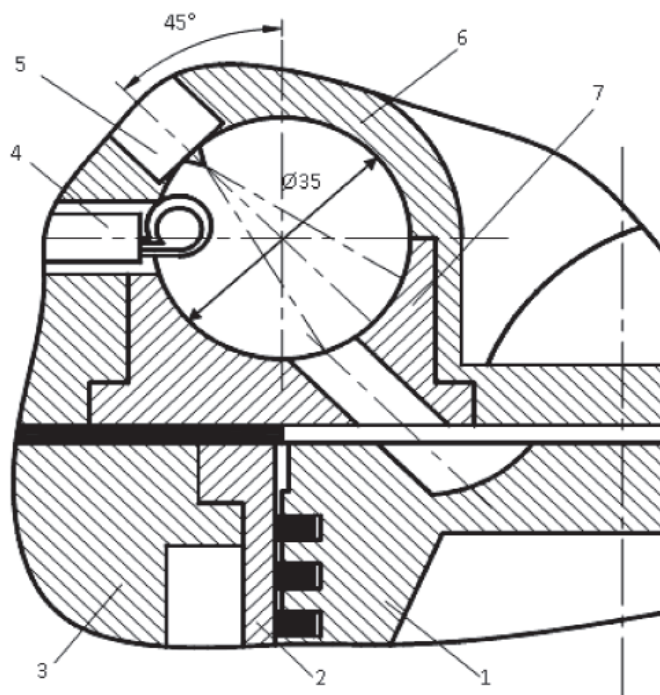


Рис. 1. Вихревая камера сгорания малоразмерного дизеля 4ЧСП8,5/11-5 «Каспий 30М»:

1 – поршень; 2 – втулка цилиндра; 3 – блок-картер; 4 – свеча накаливания;
5 – форсунка; 6 – головка цилиндра; 7 – вихревая вставка

Наличие вихревой камеры (рис. 1) не позволяет гарантировать их пуск без использования свечей накаливания или других средств облегчения воспламенения топлива при температурах окружающей среды ниже 273 К. Для пуска четырехцилиндрового дизеля с вихревой камерой вручную требуется усилие 4-х человек, тогда как двухцилиндровый дизель с камерой сгорания в поршне может запустить один человек.

В настоящее время дизели 4ЧСП8,5/11-5 «Каспий 30М» до сих пор выпускаются с вихревой камерой сгорания.

В связи с этим основной тенденцией развития малоразмерных дизелей в течение длительного времени является замена вихревой камеры сгорания на камеру сгорания в поршне (рис. 2) и улучшение на этой базе эффективности дизелей в режиме пуска.

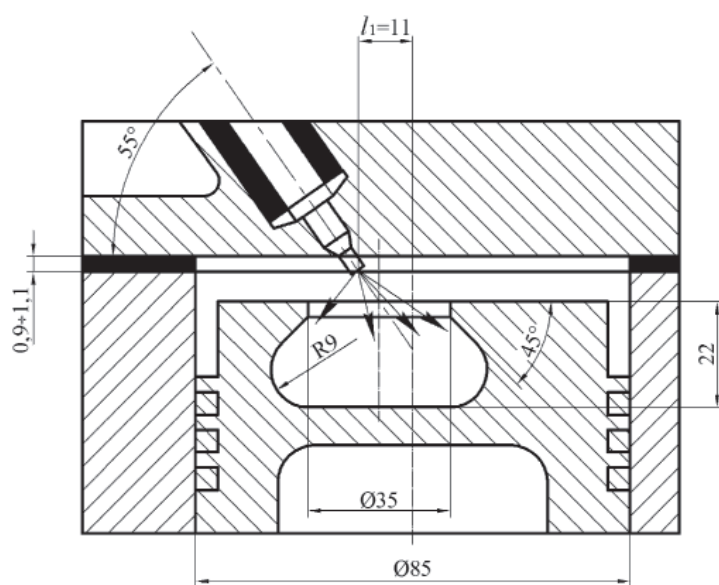


Рис. 2. Схема камеры сгорания в поршне типа ЦНИДИ

Конфигурацией камеры в поршне типа ЦНИДИ предопределяется образование торoidalного вихря, при котором нисходящее движение воздуха при такте сжатия происходит по оси камеры, а восходящее по периферии, омывая боковые стенки камеры. Вытекающий из камеры в поршне, газы образуют в надпоршневом пространстве вихревые потоки, омывающие днище головки от центра к периферии и возвращающиеся обратно вдоль днища поршня от периферии к центру.

Таким образом, конструктивная форма камеры в поршне типа ЦНИДИ обеспечивает интенсивное движение воздуха и газов в цилиндре в ходе сжатия и сгорания без использования дополнительных устройств.

Указанное достоинство создает предпосылки для обеспечения хорошего использования воздушного заряда и достижения хороших пусковых качеств и низких значений удельных расходов топлива, что обусловило широкое применение камеры ЦНИДИ с суженной горловиной для различных моделей отечественных дизелей.

Переход от конусной боковой поверхности поршня к плоскому днищу осуществлен плавным, с радиусом 9,5 мм [4]. Угол наклона боковой поверхности 45°. Диаметр горловины камеры сгорания 35 мм, глубина 22 мм, степень сжатия дизеля 17. Надпоршневой зазор 0,8–1,2 мм, а отношение объема камеры в поршне V_c к общему объему камеры сгорания V_c 0,8–0,85, смещение оси камеры сгорания относительно оси поршня на 3 мм. Оптимальное выступление соплового наконечника распылителя из головки цилиндра 0,7–1,0 мм.

Испытания опытного дизеля 4ЧСП8,5/11-5 с указанной камерой сгорания подтвердили высокую топливную экономичность и хорошие пусковые качества дизеля (рис. 3). Минимальный удельный расход топлива дизеля был снижен с $262^{+5\%}$ г/(кВт·ч) ($193^{+5\%}$ г/(л.с.·ч)) до 230 г/(кВт·ч) (169 г/(л.с.·ч)), т.е. на 32 г/(кВт·ч), а минимальная температура пуска дизеля снижается на 20–25°, т.е. до 263–268 К.

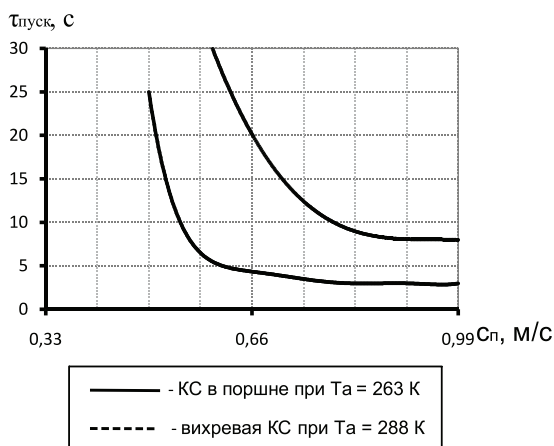


Рис. 3. Сравнительные пусковые характеристики дизеля 4ЧСП8,5/11-5

Зависимость продолжительности пуска ($\tau_{\text{пуск}}$) от средней скорости поршня c_n представлена на рис. 3.

Заключение

Таким образом, замена вихревой камеры сгорания (разделенной) на камеру в поршне (разделенной) позволяет обеспечить дизелям типа Ч8,5/11 лучшие пусковые качества, характерные для дизелей с открытой камерой сгорания в поршне. Однако использование указанной камеры сгорания не исключает влияние таких конструктивных и регулировочных параметров, как оптимальная цикловая подача топлива и оптимальный угол опережения подачи топлива, декомпрессионное устройство и маловязкие масла, на пусковые качества дизелей спасательных шлюпок.

Список литературы

1. Дадиллов А.С. Анализ специфических условий эксплуатации мало-размерных дизелей спасательных шлюпок // Современные проблемы науки и образования. — 2015. — № 1; URL: www.science-education.ru/121-17268 (дата обращения: 04.02.2015).
2. Дадиллов А.С., Аливагабов М.М., Масуев М.А., Устаров Р.М. Совершенствование пусковых качеств малоразмерных дизелей типа Ч8,5/11 // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Технические науки. Прил. — 2006. — № 11. — С. 46–51.
3. Дадиллов А.С. Исследование пусковых качеств и рабочего процесса судового малоразмерного дизеля с камерой сгорания в поршне: дис.... канд. техн. наук. — Астрахань, 2007.
4. Масуев М.А., Аливагабов М.М., Фатахов М.М. Анализ способов смесеобразования в судовых малоразмерных дизелях // Вестник АГТУ. — Астрахань, 2005. — № 6. — С. 158–160.
5. Масуев М.А., Дадиллов А.С. Совершенствование эксплуатационных качеств СМД за счет улучшения процессов смесеобразования // Вестник астраханского государственного технического университета. Морская техника и технология. — Астрахань, 2008. — № 5(46)/2008. — С. 132–134.

References

1. Dadilov A.S. Analysis of the specific conditions of use little-size diesel engines lifeboats // Modern problems of science and education, 2015, no. 1; URL: www.science-education.ru/121-17268.
2. Dadilov A.S., Alivagabov M.M., Masuev M.A., Ustarov R.M. Improvement starting capability of small diesel engines such CH8,5 / 11 // Proceedings of the universities. North Caucasus region. Technical sciences. Application no. 11, 2006, pp. 46–51.
3. Dadilov A.S. Investigation of starting capability and workflow small-sized ship diesel combustion chamber in the piston. Thesis for the degree of candidate of technical sciences / Astrakhan, 2007.
4. Masuev M.A., Alivagabov M.M., Fatahov M.M. Analysis of the methods of mixing in ship diesel engines of small. Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Marine engineering and technology. 2005, no. 6, pp. 158–160.
5. Masuev M.A., Dadilov A.S. Improving performance by improving the RMA process of mixing. Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Marine engineering and technology. no. 5(46)/2008. Astrakhan, 2008, pp. 132–134.

Рецензенты:

Фаталиев Н.Г., д.т.н., профессор кафедры «Автомобильный транспорт», Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова, г. Махачкала;

Магомедов Ф.М., д.т.н., профессор кафедры «Автомобильный транспорт», Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова, г. Махачкала.

Работа поступила в редакцию 06.03.2015.