

УДК.621.43

Л.А. Захаров¹, А.Н. Тарасов^{1,2}, И.Л. Захаров¹, А.В. Дегтярев^{1,3}**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫБОРА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ
ДЛЯ СРЕДСТВ КОЛЛЕКТИВНОГО СПАСЕНИЯ**

– Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева¹,
– ООО «Объединенный инженерный центр» ОАО ГАЗ²,
– ОАО «ЦКБ по СПК им. Р. Е. Алексева»³

С развитием водного транспорта, добычи полезных ископаемых на буровых платформах на морских и арктических шельфах ставится серьезная задача о создании коллективных средств спасения при возникновении аварийной ситуации. Поэтому выбор оптимальной энергетической установки, обеспечивающей его работоспособность для всех режимов работы транспортного средства, является сложной задачей. В статье рассматриваются теоретические и экспериментальные исследования перспективных инженерных решений органов впуска и выпуска подсистемы газообмена, органов подсистемы охлаждения и др., обеспечивающих рациональные энергетические, экономические и эксплуатационные показатели КП ДВС с воспламенением от сжатия в составе транспортного средства и методы их обеспечения. Предложены специализированные эксплуатационные характеристики КП ДВС в составе транспортного средства, обеспечивающие современные перспективные стандарты при сохранении энергетических и экономических показателей.

Ключевые слова: комбинированный поршневой ДВС, универсальное средство спасения (УСС), судовая энергетическая установка (СЭУ), инженерное решение, СОЛАС (SOLAS).

В 2012 г. исполнилось 100 лет со дня гибели пассажирского лайнера «Титаник». Это был первый случай крупной катастрофы, повлекший за собой массовую гибель людей из-за отсутствия достаточного количества средств коллективного спасения экипажа и пассажиров. И этот случай положил начало созданию международной системы спасения человеческой жизни на море, которая под названием Safety of Life at Sea (Безопасность жизни на море – СОЛАС) была принята Международной Морской Организацией (ИМО) в 1960 г. в качестве Международной конвенции. На базе СОЛАС Комитетом по безопасности на море ИМО принят Международный кодекс по спасательным средствам (Кодекс КСС – LSA CODE), который с 01.06.1998 является обязательным приложением СОЛАС. Наиболее эффективными средствами коллективного спасения (СКС), способными в короткое время обеспечить проведение спасательной операции и отход экипажа и пассажиров на безопасное расстояние от терпящего бедствие судна, полностью отвечающими конвенционным требованиям СОЛАС, являются моторные спасательные шлюпки, оснащенные надежными судовыми энергетическими установками (СЭУ). При аварийных ситуациях условием успешного проведения спасательной операции является, в первую очередь, безотказная и эффективная работа энергетической установки универсального средства спасения (УСС) [1].

Статистика показывает, что аварийные ситуации нередко случаются на морском и речном транспорте при различных климатических условиях, при сильном штормовом ветре и больших волнах, в холод и жару. Поэтому инженерное решение УСС и ее КП ДВС должны обеспечивать немедленный ввод в действие, хорошие судоводные качества, непотопляемость, возможность использования в качестве активного средства для сбора и буксировки плотов, передачи и приема экстренной информации, борьбы с дрейфом, спасения лиц, оказавшихся за бортом и безопасное укрытие людей до подхода помощи.

Основой энергетических установок спасательных шлюпок является двигатель внутреннего сгорания. В соответствии с Международной конвенцией по охране человеческой жизни на море (СОЛАС), Правилами Российского Морского Регистра Судостроения (РМРС) и Международному кодексу по спасательным средствам моторные спасательные шлюпки мор-

ских судов должны быть оборудованы двигателями с воспламенением рабочей смеси от сжатия.

Стоит отметить, что выбор КП ДВС в составе рациональной энергетической установки для конкретного транспортного средства является сложной задачей.

Причины этого - разнообразие транспортных средств, широкий диапазон условий эксплуатации и специфических требований к конкретному транспортному средству.

Подбирая двигатель, необходимо решить следующие вопросы:

- тип двигателя,
- максимальная мощность,
- крутящий момент,
- частота вращения коленчатого вала,
- тип системы охлаждения,
- эксплуатационно-технические показатели: экономичность, токсичность, виброакустические характеристики, пусковые качества, обеспечение условий зимней эксплуатации и надежность и др. [6].

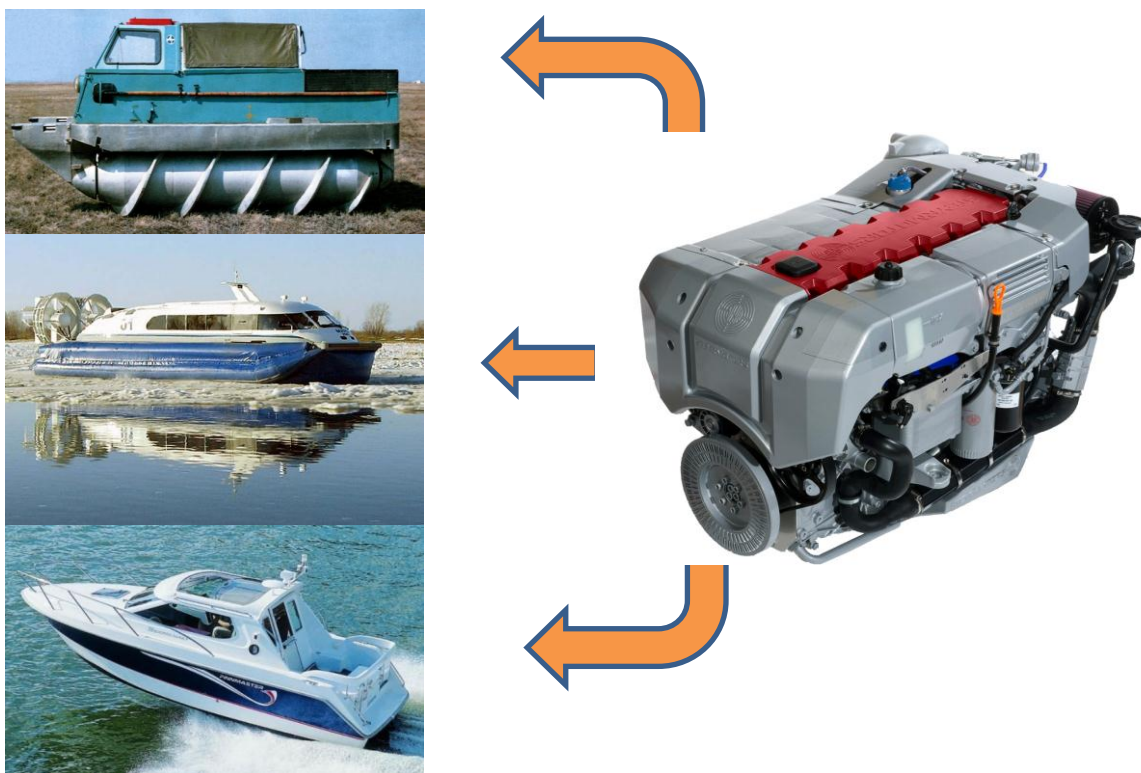


Рис. 1. КП ДВС с воспламенением от сжатия для водного транспорта

Требования, предъявляемые к двигателям

Требования к ДВС наземного транспорта.

Основными показателями, характеризующими качество ДВС, являются [4]:

- надежность всех элементов конструкции;
- степень совершенства преобразования тепловой энергии в механическую (оценивается КПД и удельным расходом топлива);
- удельная мощность;
- масса, удельная масса и его габаритные размеры;
- экологические показатели;
- простота конструкции, удобство обслуживания и стоимость ДВС, его эксплуатации и ремонта;

- надежность пуска;
- перспективность конструкции.

Требования к двигателям речного и морского транспорта.

Энергетическая установка судна должна удовлетворять следующим основным требованиям [3, 5]:

- иметь мощность главных двигателей, обеспечивающую движение судна с заданной скоростью;
- обеспечивать потребности в электрической и тепловой энергии всех потребителей, установленных на борту судна;
- обладать высокой теплоэнергетической эффективностью;
- быть надежной и сохранять работоспособность при аварийной ситуации;
- обеспечивать маневровые качества, определяемые назначением судна и условиями его эксплуатации;
- иметь минимальную массу и габариты;
- обеспечивать максимальную дальность хода;
- не оказывать вредных воздействий на экипаж и пассажиров судна;
- удовлетворять Правилам Регистра, действующим ГОСТам и нормам, правилам по охране труда и санитарии.

Кроме перечисленных требований общего характера, судовой энергетической установке (СЭУ) могут быть предъявлены отдельные специальные требования, определяемые назначением судна (устойчивость работы на малых ходах, экономичность на частичных нагрузках, марка топлива, стоимость и др.).

Требования к двигателям спасательных средств [7].

Спасательные средства – это устройства, способные обеспечить сохранение жизни людей, терпящих бедствие, с момента оставления ими судна. Все спасательные средства делятся на два основных вида: коллективного использования и индивидуальные. Помимо этого, существует еще один вид спасательных средств, не относящийся к указанной классификации: линеметательные установки. Требования, предъявляемые к спасательным средствам, и нормативы снабжения ими судов регламентируются Конвенцией СОЛАС-74 и Правилами Регистра. Эти требования в общем случае сводятся к следующему:

- не должны приходить в негодность при хранении их при температуре воздуха от -30 до $+65^{\circ}\text{C}$;
- работать при температуре морской воды от -1 до $+30^{\circ}\text{C}$;
- быть стойкими к гниению, коррозии, морской воде, нефти и грибкам;
- быть хорошо видимого цвета для лучшего их обнаружения (обычно оранжевого);
- быть снабжены светоотражающим материалом;
- работать на волнении.

Коллективные спасательные средства. К ним относятся специализированные спасательные коллективные средства и дежурные шлюпки, спасательные плоты, спасательные приборы, плот-каюты (спасательный отсек).

Спасательные шлюпки. Изготавливаются из металла (сталь или алюминиевые сплавы) или стеклопластика. Дерево для изготовления спасательных шлюпок не применяется. Спасательная шлюпка непотопляема за счет наличия воздушных ящиков под сиденьями вдоль бортов, поэтому в перевернутом, затопленном состоянии она остается на плаву. Конвенция СОЛАС-74 определяет общие требования к шлюпкам и дополнительные к частично закрытым и закрытым шлюпкам.

Требования к энергетической установке и ее системам:

Особые требования, предъявляемые к органам подсистем КП ДВС в составе спасательного коллективного средства (СКС):

- **Требования** к органам впуска и выпуска КП ДВС подсистемы газообмена в составе транспортного СКС.

Анализ результатов исследований, проведенных при доводке вновь создаваемых инженерных решений КП ДВС, и совершенствование существующих рабочих процессов позволяют отметить взаимосвязь между процессами наполнения, топливоподачи, смесеобразования и тепловыделения в рабочей камере цилиндра, при вращении окислителя вокруг и вдоль продольной оси цилиндра. Кинетическая энергия воздуха, вращающегося в рабочей камере цилиндра, необходимая для эффективного смесеобразования, зависит от аэродинамических качеств впускного трубопровода в целом и отдельных органов впуска. Размеры, формы, расположения и инженерные решения их оказывают решающее влияние на следующие факторы:

1) на величину аэродинамического сопротивления, возникающего от воздушного фильтра до впускного отверстия, при истечении через проходную площадь во впускном отверстии (образованного фасками седла и клапана) и организации упорядоченных вращательных движений воздуха вокруг и вдоль продольной оси цилиндра в рабочей камере цилиндра;

2) на колебательный процесс столба воздуха, заключенного между воздушным фильтром и рабочей камерой цилиндра, используемой для повышения наполнения цилиндра за счет динамического наддува и формирования кривой крутящего момента в рабочем диапазоне частот вращения;

3) равномерность распределения воздуха по отдельным цилиндрам.

• **Требования** к органам подсистемы охлаждения КП ДВС в составе транспортного СКС позволяют отметить взаимосвязь теплового баланса КП ДВС, обеспечивающего рациональное распределение части внутренней энергии рабочего тела по остову КП ДВС, деталям, узлам и подсистемам КП ДВС и поддержания ее постоянной для получения наиболее выгодных энергетических экономических и эксплуатационных показателей.

Аналогичные требования предъявляются и другим подсистемам.

Все выхлопные трубы двигателя, воздухопроводы и другие отверстия должны быть устроены так, чтобы при опрокидывании спасательной шлюпки и возвращении ее в прямое положение исключалась возможность попадания воды в двигатель.

Управление двигателем и его передачей должно производиться с поста управления рулем.

Двигатель и относящиеся к нему устройства должны быть способны работать в любом положении во время опрокидывания спасательной шлюпки и продолжать работать после возвращения ее в прямое положение или автоматически останавливаться при опрокидывании, а затем вновь легко запускаться после возвращения спасательной шлюпки в прямое положение. Конструкция топливной системы и системы смазки должна предотвращать возможность утечки из двигателя топлива и утечки не более 250 мл смазочного масла во время опрокидывания спасательной шлюпки.

Двигатели с воздушным охлаждением должны иметь систему воздухопроводов для забора и выброса за пределы спасательной шлюпки охлаждающего воздуха. Должны быть предусмотрены заслонки с ручным управлением, позволяющие забирать охлаждающий воздух изнутри спасательной шлюпки и выбрасывать его также внутрь спасательной шлюпки.

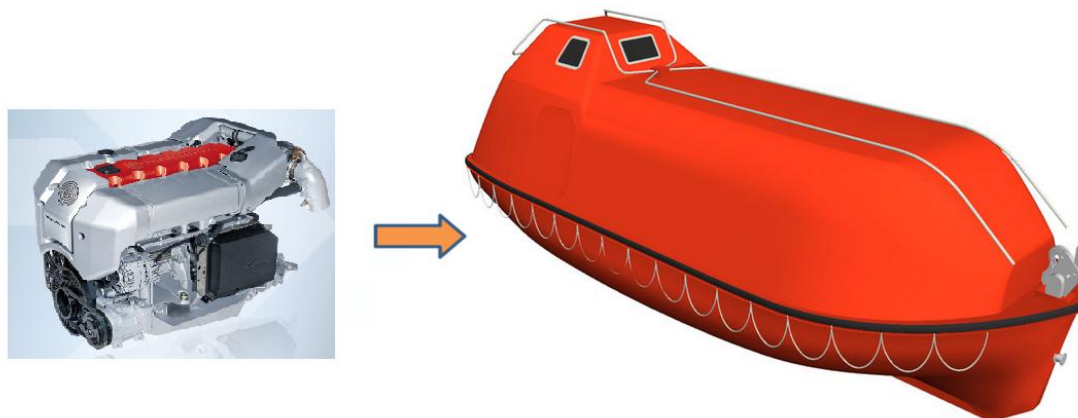


Рис. 2. Поршневой ДВС для УСС

Перечислим специальные характеристики дизельных двигателей, поставляемые с сертификатом SOLAS:

- простота ввода в действие и управления, удовлетворяющие условию, чтобы лица, не имеющие специальной подготовки, могли их эксплуатировать;
- компактность и простота конструкции;
- пожаро- и взрывобезопасность;
- коррозионная стойкость деталей и узлов при работе в условиях высокой влажности, насыщенного солями морского воздуха;
- малая масса и габариты, обеспечивающие минимальные потери полезной площади и грузоподъемности судна;
- наличие валоповоротного приспособления для проворачивания коленчатого вала двигателя;
- постоянная готовность к вводу в действие, надежный и немедленный пуск как вручную, так и с помощью электростартера или другого пускового устройства при температуре окружающего воздуха до 258 К;
- безотказное функционирование в любых условиях эксплуатации;
- возможность запуска и прогрева на палубе до спуска СКС на воду и функционирования на полной мощности сразу после спуска на воду;
- быстрый отход СКС от терпящего бедствие судна со скоростью не менее 3,1 м/с на безопасное расстояние;
- возможность функционирования в полузатопленном состоянии по ось коленчатого вала, при перевороте на 360° , с задержкой в перевернутом на 180° положении до 10 с и прохождении в течение 8...10 минут зоны огня;
- автоматическая остановка при перевороте, при этом течь масла и топлива минимальна;
- двигатель может быть моментально запущен вновь после выравнивания;
- двигатель может работать при погружении по уровень коленчатого вала;
- продолжает работать при максимальном наклоне в 30° ;
- выдерживает удар спасательной шлюпки о воду;
- имеется возможность привода противопожарной помпы от шкива коленчатого вала.

Выполнение всех перечисленных требований позволяет обеспечить сохранность человеческих жизней на море при любых возможных условиях эксплуатации морских объектов и судов. Эти требования должны учитываться как в процессе разработки и производства энергетических установок УСС, так и в процессе их эксплуатации за счет поддержания эксплуатационных качеств двигателя на должном уровне.

Данная работа проводилась в Нижегородском государственном техническом университете им. Р. Е. Алексеева при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки России (уникальный идентификатор проекта: RFMEFI57714X0105).

Библиографический список

1. **Алексеев, В.В.** Повышение надёжности и функциональных характеристик двигателей средств коллективного спасения экипажей морских судов: дисс. ... канд. техн. наук. – Н.Новгород, 2015. – 162 с.
2. **Захаров, И.Л.** Методы повышения энергии рабочего тела в современных ДВС, работающих на топливе разного химического состава, до уровня перспективных энергетических, экономических и экологических стандартов / И.Л. Захаров [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Н.Новгород. – 2013. – №1. – С. 172–183.
3. **Троицкий, С.А.** Метод выбора критериев оценки поршневых ДВС для эффективной эксплуатации в составе водного транспорта / С.А. Троицкий [и др.]// Будущее технической науки: тезисы докладов 12 Междунар. молодежной научно-техн. конференции; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2013.
4. Автомобильные двигатели / под ред. М.С. Ховаха. – М.: Машиностроение, 1977.
5. **Ручкин, Ю.Н.** Судовые энергетические установки и их элементы: учеб. пособие / Ю.Н. Ручкин; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Н.Новгород, 2008. – 158 с.
6. <http://azbukadvs.ru/dinamika-i-konstruirovaniye/2056-podbor-dvigatelja-dlja-transportnogo-sredstva-chast-1.html>.
7. <http://gigabaza.ru/doc/72042.html>.

*Дата поступления
в редакцию 26.10.2015*

L.A. Zakharov¹, A.N. Tarasov^{1,2}, I.L. Zakharov¹, A.V. Degtyarev^{1,3}

**METHODOLOGICAL BASIS FOR THE SELECTION OF THE POWER
PLANT MEANS OF COLLECTIVE RESCUE**

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeev¹,
– LLC "Joint Engineering Centre" JSC GAZ²,
ALEXEEV'S CENTRAL HYDROFOIL DESIGN BUREAU³

With the development of waterway transport, mining, drilling rigs offshore and the Arctic shelf is placed a major challenge to establish a collective means of escape in case of emergency. Therefore, selection of the optimal power plant, ensuring its efficiency for all modes of operation of the vehicle, is a challenge. The article deals with theoretical and experimental studies of engineering solutions most favorable intake and exhaust gas exchange subsystem, subsystems of cooling, etc., Providing sustainable energy, economic and operational indicators KP internal combustion engines with compression ignition into a vehicle and methods for their support. We offer specialized performance gearbox the engine as part of the vehicle to ensure modern standards while maintaining the long-term energy and economic indicators.

Key words: combined piston internal combustion engine, a universal means of salvation (UMS), the ship's power plant (SPP), an engineering solutions, SOLAS.