

УДК 631.372:629.114.2

UDC 631.372:629.114.2

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences)

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ХОЛОДНОГО ЗАПУСКА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

THE RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES ON THE EFFECTIVENESS OF THE DEVICE FOR COLD START OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Кучер Александр Викторович
кандидат технических наук
РИНЦ SPIN-код: 3604-5162
email: alexkucher1987@mail.ru

Kucher Alexander Victorovich
Candidate of Technical Sciences
RSCI SPIN-code: 3604-5162
email: alexkucher1987@mail.ru

Дальневосточное высшее общевойсковое командное ордена Жукова училище имени Маршала Советского Союза К.К. Рокоссовского, Россия, 675021 Амурской области, г. Благовещенск, ул. Ленина, д. 158

Far Eastern Higher Combined Arms Command Order of Zhukov School named after Marshal of the Soviet Union K.K. Rokossovsky, Russia, 675021 Amur region, Blagoveshchensk, Lenina, 158

Кузнецов Евгений Евгеньевич
д-р. техн. наук, профессор
РИНЦ SPIN-код: 6082-4770
email: ji.tor@mail.ru

Kuznetsov Evgeny Evgenievich
Doctor of technical sciences, Professor
RSCI SPIN-code: 6082-4770
email: ji.tor@mail.ru

Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86. Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.Аммосова, Россия, 677000, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Белинского, д. 58.

Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnikeskaya 86. Northeastern Federal University named after M.K.Ammosov, Russia, 677000, Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, ul. Belinskogo, 58.

Необходимость достижения круглогодичной эксплуатационной готовности максимального количества имеющихся энергоресурсов (автомобилей, тракторов, уборочной, специальной и дорожной техники) является определяющей целью деятельности инженерной службы на предприятии любой гражданско-правовой формы. Однако, при использовании энергетических средств в низкотемпературный период, показатели энергозатрат на эксплуатацию и достижение высокой степени технической готовности значительно превышают затраты энергии на эксплуатацию в тёплый период года. В связи с чем возникает целесообразный вопрос, связанный с поиском и внедрением новых технических результатов и объектов интеллектуальной собственности, направленных на решение актуальной отраслевой задачи подготовки к запуску двигателей внутреннего сгорания энергетических средств с меньшими материальными и энергетическими затратами. В статье предложена схема потенциально перспективного устройства-воздушно-масляного смешивающего модуля для подготовки холодного запуска двигателя внутреннего сгорания и приведены показатели, полученные при его экспериментальном исследовании. Доказано, что применение устройства подготовки двигателя к

The need to achieve year-round operational readiness of the maximum number of available energy resources (cars, tractors, harvesting, special and road equipment) is the defining target of the activity of the engineering service in an enterprise of any civil law form. However, when using energy resources during the low-temperature period, the energy consumption for operation and achieving a high degree of technical readiness significantly exceed the energy consumption for operation during the warm season. In this connection, a reasonable question arises related to the search and implementation of new technical results and intellectual property objects aimed at solving the urgent industry task of preparing for the launch of internal combustion engines of energy facilities with lower material and energy costs. The article proposes a scheme of a potentially promising device- an air-oil mixing module for preparing a cold start of an internal combustion engine and presents the indicators obtained during its experimental study. It is proved that the use of an engine preparation device for the launch of a new design makes it possible to reduce the impact of oil starvation on the friction vapors of the power plant, reduce the preparation time of the internal combustion engine for launch, and significantly reduce material and energy costs to increase the working time of a shift transport operation

запуск новой конструкции позволяет уменьшить воздействие режима масляного голодания на трущиеся пары силовой установки, снизить время подготовки двигателя внутреннего сгорания к запуску, при значительном снижении материальных и энергетических затрат увеличить рабочее время проведения сменной транспортной операции

Ключевые слова: УСТРОЙСТВО ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ДВИГАТЕЛЯ К ЗАПУСКУ, ВОЗДУШНО-МАСЛЯНАЯ ЭМУЛЬСИЯ, МАЛОИЗНОСНЫЙ РЕЖИМ ПУСКА, ВОЗДУШНО-МАСЛЯНЫЙ СМЕШИВАЮЩИЙ МОДУЛЬ

Keywords: ENGINE PRE-START DEVICE, AIR-OIL EMULSION, LOW-WEAR START-UP MODE, AIR-OIL MIXING MODULE

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-211-022>

Введение.

Необходимость достижения всесезонной эксплуатационной готовности максимального количества имеющихся в наличии энергетических средств (автомобилей, тракторов, уборочной, специальной и дорожной техники) является определяющим целевым ориентиром деятельности инженерной службы на предприятии любой гражданско-правовой формы [1].

При этом коэффициенты технической готовности (α_T) и выпуска на линию (α_B) в организации зависят не только от результативности работы инженерной службы, но и от ряда взаимодействующих факторов и их величин, таких как индекс суровости метеорологического режима (I_c), способа хранения подвижного состава (K_{xp}), индекс выполнения требований системы технического обслуживания и ремонта ($K_{ТОиР}$), ответственных за стабильность пуска силовой установки (наличие зимнего топлива, обслуженный, заряженный аккумулятор с соответствующей плотностью электролита, своевременная замена моторного масла соответствующей вязкости (низкозамерзающей охлаждающей жидкости соответствующей плотности), фильтров топливной и воздушной группы при проведении перевода техники на зимний режим использования, и степени адаптации (K_a) (приспособленности) техники (автомобиля,

трактора, мобильной машины) к региональным условиям эксплуатации (наличие средств предпускового подогрева, утеплителей, подогревателей АКБ, систем и агрегатов), времени пуска и прогрева силовой установки энергетического средства (T_3) после межсменного хранения, $E_{пп}$ – количества энергии, затраченной на проведение единичного пуска-прогрева энергетического средства, МДж.

При этом необходимо учесть, что индекс суровости метеорологического режима, способ хранения подвижного состава, степень адаптации к региональным условиям эксплуатации и время запуска силовой установки энергетического средства после межсменного хранения, количество энергии, затраченной на проведение единичного пуска-прогрева энергетического средства представляются наиболее ответственными факторами при использовании техники в низкотемпературный период [2].

Материалы и методы

В общем случае коэффициент технической готовности (α_T) определяется по известному выражению

$$\alpha_T = \frac{D_э}{D_э + D_p}. \quad (1)$$

Где $D_э$ - стационарное состояние энергетического средства, исправного, находящегося в эксплуатации, ч, D_p - стационарное состояние энергетического средства, неисправного (находящегося в ремонте или ожидании ремонта), ч.

Таким образом зависимости показателя $D_э$ при низкотемпературной эксплуатации можно представить в виде следующей математической модели

$$D_э = \square (I_c; K_{xp}; K_{ТОиР}; K_a; T_3; E_{пп}). \quad (2)$$

При этом для единичного энергетического средства на одну рабочую смену, при $D_э \rightarrow \max$

$$\sum I_c + K_{xp} + T_3 \rightarrow \min, \quad (3)$$

$$\sum K_{TOIP} + K_a \rightarrow \max, \quad (4)$$

$$T_3 = f(I_c; K_{xp}; K_a) \rightarrow \min, \quad (5)$$

$$E_{пп} = f(E_{пуска}; E_{прогрева}) \rightarrow \min, \quad (6)$$

Так как

$$E_{пп} = E_{пуска} + E_{прогрева} \cdot \quad (7)$$

В связи с тем, что затраты энергии являются необходимым условием производства.

Если рассматривать себестоимость единицы продукции с точки зрения полных энергозатрат на производство, то должно выполняться следующее требование

$$E_{п} = \sum_{i=1}^n E_i \rightarrow \min, \quad (8)$$

Где E_i – энергозатраты на i -той операции; n - число операций.

Учитывая, что сменная работа энергетического средства состоит из следующих основных этапов, таких как непосредственно выполнение операции, пуск и прогрев энергетического средства. Таким образом ф.(6) для единичной операции за одну смену будет равна

$$E_{п} = E_{пуска} + E_{прогрева} + E_{операции} \cdot \quad (9)$$

При чём $E_{пуска}$ будет включать затраты энергии на химическое топливо при наличии автономного подогревателя двигателя или затраты электрической энергии при установке стационарного электроподогревателя (затраты энергии АКБ при установке автономного подогревателя), энергетический эквивалент затрат на его покупку (амортизацию), установку, профилактическое обслуживание и ремонт, энергетический эквивалент стоимости времени обслуживающего персонала при подготовке энергетического средства к запуску ДВС.

Расчётным методом, учитывая, что в среднем на подготовку к запуску при помощи дополнительных средств разогрева тратится в

пределах 40-50 минут (0,7- 0,85 часа) рабочего времени, получены суммируемые затраты энергии при подготовке и запуске ДВС, которые имеют эквивалент, схожий с прогревом энергетического средства (автомобиля, трактора) в течении 20 минут-0,35 часа[3].

Результаты и обсуждение

В связи с чем возникает целесообразный вопрос, связанный с поиском и внедрением новых технических результатов и объектов интеллектуальной собственности, направленных на решение актуальной отраслевой задачи подготовки к запуску двигателей внутреннего сгорания энергетических средств с меньшими материальными и энергетическими затратами[4]. В ходе патентного поиска было предложено решение, защищённое патентом на изобретение № 2820858 – Воздушно-масляный смешивающий модуль для подготовки холодного запуска двигателя внутреннего сгорания [5], принципиальная схема которого представлена на рисунке 1.

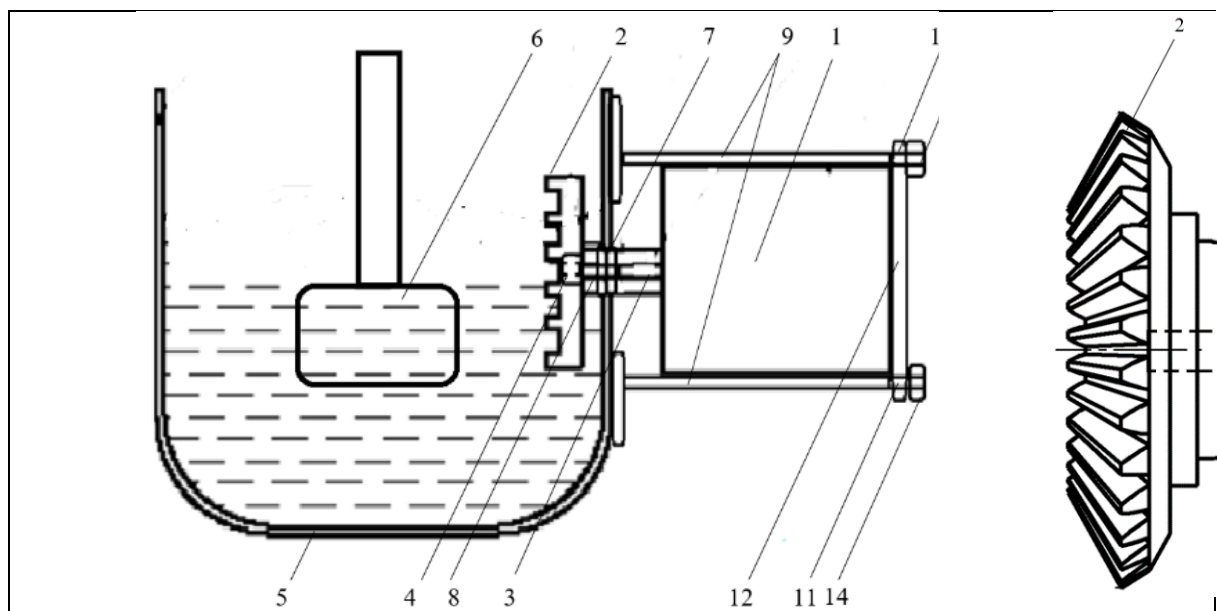


Рис. 1. Схема расположения основных элементов модуля: 1-тяговый электродвигатель, 2- приводная шестерня, 3- вал, 4- фиксирующая гайка, 5-поддон ДВС, 6-маслозаборник , 7, 8- уплотнители, 9-кронштейн, 10-, 11- вал с резьбой, 12- прижимная пластина, 13, 14- крепёжные элементы.

Опытное устройство представлено на рисунке 2.



Рис. 2. Опытное устройство-смешивающий модуль

Предлагаемое устройство предназначено для высокоинтенсивного смешивания приводной шестернёй находящегося в картере ДВС моторного масла и воздуха, а также формирования потока воздушно-масляной эмульсии от рабочего органа-шестерни в направлении маслозаборника, что позволяет уменьшить вязкость моторного масла, улучшить прокачиваемость масла по внутренним полостям двигателя, а также снизить силовую нагрузку на масляный насос, повысив его технологические параметры. Что, в итоге, повысит скорость прокачивания масла и уменьшит время его подвода к точкам, элементам смазывания и разбрызгивания.

Для целей сборки предлагаемого устройства и экспериментальной проверки были взяты элементы двигателя внутреннего сгорания 4S-FE, рисунок 3.

Шестерня сателлита ведущего моста грузового автомобиля

семейства ГАЗ распечатана на 3D принтере, принята в качестве приводной шестерни-рабочего смешивающего органа, рисунок 4.



Рис. 3. Лобовина двигателя с шестеренчатым масляным насосом



Рис. 4. Рабочий смешивающий орган

Проверка технологических параметров устройства проводилась на сконструированном стенде, выполненном в виде картера двигателя со

смешивающим модулем, головки блока цилиндров в сборе и подводящих пластиковых трубопроводов, моделирующих прохождение моторного масла по внутренним полостям блока цилиндров, рисунок 5.



Рис. 5. Стенд для проведения испытаний

Внешняя температура воздуха в период проведения эксперимента фиксировалась в районе $-25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Исследовались параметры времени прокачки с маслами разной вязкости и назначения:

- а). Лукойл авангард ультра SAE 10W40 API CI-4;
- б). RIX Синтетическое SAE 0W20 API SP ILSAG GF-6A;
- в). Sintec Синтетическое SAE 5W30 ACEA A3/B4 API SL/CF;
- с). Sintec Синтетическое SAE 5W40 ACEA A3/B4 API SL/CF;
- д). DEVON полусинтетическое трансмиссионное масло SAE 75W90 GL-5;
- е). Лукойл полусинтетическое трансмиссионное масло SAE 80W90 GL-5.

Время смешивания учитывалось в параметрах: 20 сек, 40 сек, 60 сек, 120 сек. для каждого сорта исследуемого масла. Подача масла

осуществлялась до достижения давления в 0,6 МПа, так как в этом случае поступающее масло сбрасывается через редукционный клапан в картер двигателя.

В ходе исследований закладывается пятикратная повторяемость замеров с выделением усреднённого показателя. Трансмиссионное масло проверялось в экспериментальных условиях с целью применения предлагаемого модуля или аналогичных устройств для применения в трансмиссионных узлах и агрегатах.

Фрагмент проведения эксперимента представлен на рисунке 6.



Рис. 6. Фрагмент процесса смешивания и подачи воздушно-масляной эмульсии в масляную систему

Проведённые эксперименты позволили получить следующие результаты, представленные в таблице 1.

Марка масла	Время смешивания				
	20 с.	40 с.	60 с.	120 с.	Без смешивания
Масло 5W40	39,3	37,9	36,6	28,6	40,7
Масло 5W30	32,8	28,9	28,1	27,1	34,3
Масло 0W20	18,34	17,96	17,1	11,3	19,83
Масло 10W40	86,6	84,1	82,1	70,1	94,3
Масло 75W90	139,2	137,1	135,6	125,1	141,7
Масло 80W90	170,5	164,1	159,6	145,2	175,8

Анализ полученных величин показывает, что предлагаемое устройство в работе позволяет снизить вязкость масла и улучшить его прокачиваемость.

Так сравнительные данные подтверждают, что при смешивании в течении 120 секунд время прохождения магистрали и доставки смазочного материала уменьшилось:

- для масла марки 5W40- с 40,7 до 28,6 =12,1 с.- 25,8%
- для масла марки 5W30- с 34,3 до 27,1 =7,2 с.-21,1%
- для масла марки 0W20- с 19,83 до 11,3=8,53 с.-43,1%
- для масла марки 10W40- с 94,3 до 70,1 =34,2 с.-36,2%
- для масла марки 75W90- с 141,7 до 125,1 =16,6 с.-11,7%
- для масла марки 80W90- с 175,8 до 145,2 =30,6 с.-17,5%

В сравнении с аналогичными марками масел, не подвергавшимся смешиванию.

Заключение и выводы

Таким образом наиболее значимые показатели работы смешивающего модуля получены для всех марок моторных масел, что позволяет уменьшить воздействие режима масляного голодания на трущиеся пары силовой установки, снизить время подготовки ДВС к запуску до 120 секунд вместо (0.7- 0,85 часа) рабочего времени, при значительном снижении материальных и энергетических затрат увеличить рабочее время проведения сменной транспортной операции. При этом также установлено, что достаточно существенным воздействием предлагаемое устройство оказывает и на трансмиссионные сорта масел, что в перспективе позволяет использовать эффект смешивания и для трансмиссионных узлов и агрегатов при использовании в низкотемпературных условиях.

В связи с чем, исследуемое альтернативное устройство в виде смешивающего модуля, вследствие своей невысокой стоимости, универсальности в установке и значительной подтверждённой эффективности, может быть применено и использовано в моделях колёсной и гусеничной техники, используемой в низкотемпературный период во всех регионах Российской Федерации.

Список литературы:

1. Кузнецов Е.Е., Щитов С.В., Кривуца З.Ф., Кучер А.В. Повышение эффективности использования мобильных транспортных энергетических средств в условиях низкотемпературной эксплуатации: монография. - Дальневост. гос. аграр. ун-т. – Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2022. – 175 с.
2. Казаков, А.В. Улучшение пусковых качеств двигателя при отрицательных температурах / А.В. Казаков, Р.Ф. Калимуллин // Перспективные направления развития автотранспортного комплекса: материал второй НПК. – Пенза: ПГУАС, 2009. С. 19-21.
3. Пехутов, А.С. Износ дизельного двигателя в течение прогрева / А.С.Пехутов, С.Н.Шуханов, П.А.Болоев, А.А.Абидуев, Г.Е.Кокиева// Наука в центральной России. - 2024.- № 3 (69). – С. 46-52 https://elibrary.ru/download/elibrary_68015579_52766702.pdf

4. Петриченко Г.С. Характеристика надёжности систем и сетей, выбор оптимальной методики расчёта параметров надёжности системы / Г.С.Петриченко, Л.М.Крикава, Н.Ю.Нарыжная//Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). – 2006.- № 22. –8 с. (1,08 Мб)

5. Воздушно-масляный смешивающий модуль для подготовки холодного запуска двигателя внутреннего сгорания/ Е.Е.Кузнецов, А.Р.Мормыло, А.В.Кучер// Патент на изобретение № 2810401 Заявка № 2023128790 от 08.11.2023 Опубликовано 27.12.2023 Бюл. № 36 https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2810401&TypeFile=html

References

1. Kuznecov E.E., Shhitov S.V., Krivucza Z.F., Kucher A.V. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya mobil'nykh transportnykh energeticheskikh sredstv v usloviyakh nizkoterperaturnoj ekspluatatsii: monografiya. - Dalnevost. gos. agrar. un-t. – Blagoveshensk : Dalnevostochnyj GAU, 2022. – 175 s.

2. Kazakov, A.V. Uluchshenie puskovykh kachestv dvigatelya pri otricatel'nykh temperaturax / A.V. Kazakov, R.F. Kalimullin // Perspektivnye napravleniya razvitiya avtotransportnogo kompleksa: material vtoroj NPK. – Penza: PGUAS, 2009. S. 19-21.

3. Pexutov, A.S. Iznos dizel'nogo dvigatelya v techenie progreva / A.S.Pexutov, S.N.Shuxanov, P.A.Boloev, A.A.Abiduev, G.E.Kokieva// Nauka v central'noj Rossii. -2024.- № 3 (69). – S. 46-52 https://elibrary.ru/download/elibrary_68015579_52766702.pdf

4. Petrichenko G.S.Характеристика надёжности систем и сетей, выбор оптимальной методики расчёта параметров надёжности системы / Г.С.Петриченко, Л.М.Крикава, Н.Ю.Нарыжная//Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). – 2006.- № 22. –8 с. (1,08 Мб)

5. Воздушно-масляный смешивающий модуль для подготовки холодного запуска двигателя внутреннего сгорания/ Е.Е.Кузнецов, А.Р.Мормыло, А.В.Кучер// Патент на изобретение № 2810401 Заявка № 2023128790 от 08.11.2023 Опубликовано 27.12.2023 Бюл. № 36 https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2810401&TypeFile=html