

Устройство предупреждения пуска двигателей мобильных машин в АПК с нарушением инструкций

Роман Владимирович Шкрабак

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, г. Санкт-Петербург – Пушкин, Россия
e-mail: shkrabakrv@mail.ru

Аннотация. Потребность в продовольственном обеспечении населения была и остается важнейшей составляющей жизнедеятельности населения земного шара. В связи с ростом населения эта потребность будет нарастать. Учитывая, что производство продовольствия требует огромного и постоянного труда в лоне биосферы Земли, принимаются меры к облегчению условий труда, повышению его эффективности, безопасности и результативности. В связи с этим рост электромеханизации и автоматизации технологических процессов АПК – неизбежность не только прошедших, но и текущего века. Применительно к сельскохозяйственному производству решающим в указанном направлении является использование мобильных аграрных агрегатов с поршневыми автотракторными двигателями. Последним свойственна особенность снижать эффективность по мере приближения к амортизационному сроку эксплуатации, вплоть до полного отказа (т.е. прекращения работоспособности). В связи с этим специалистами разрабатываются методы и средства диагностирования работоспособности автотракторных двигателей с целью своевременного её восстановления. В этих целях предложено инновационное устройство для диагностирования работоспособности указанных двигателей. В статье приводится схема устройства, описание принципа его работы для достижения поставленной цели именно в условиях эксплуатации. Составляющие конструктивные элементы устройства бездефицитны, доступны по стоимости. Скомпонованное с их использованием устройство не сложно конструктивно и позволяет получить достоверные результаты по оценке работоспособности двигателей по измеренным их характерным показателям в эксплуатационных условиях.

Ключевые слова: двигатели внутреннего сгорания; автотракторный; карбюраторный; дизельный; диагностирование работоспособности; устройство.

Для цитирования: Шкрабак Р. В. Оценка работоспособности автотракторных двигателей по результатам диагностирования их в условиях эксплуатации // Аграрный научный журнал. 2022. № 3. С. 103–106. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i3pp103-106>.

AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

Estimation of the performance of automotive engines by the results of their diagnosis under operating conditions

Roman V. Shkrabak

St. Petersburg State Agrarian University, St. Petersburg – Pushkin, Russia
e-mail: shkrabakrv@mail.ru

Abstract. The need for food supply for the population has been and remains the most important component of the life of the world's population. In connection with the growth of the population, this need will grow. Considering that food production requires enormous and constant work in the bosom of the Earth's biosphere, measures are being taken to alleviate working conditions, increase its efficiency, safety and efficiency. In this regard, the growth of electromechanization and automation of technological processes in the agro-industrial complex is an inevitability not only of the past, but also of the current century. With regard to agricultural production, the decisive factor in this direction is the use of mobile agricultural units with piston motor tractor engines. The latter are characterized by the peculiarity of reducing efficiency as they approach the amortization period, up to complete failure (i.e., termination of performance). In this regard, specialists are developing methods and tools for diagnosing the operability of auto-tractor engines in order to restore it in a timely manner. For this purpose, an innovative device has been proposed for diagnosing the operability of these engines. The article provides a diagram of the device, a description of the principle of its operation to achieve the set goal under operating conditions. The constituent structural elements of the device are deficient-free and affordable. The device combined with their use is not structurally difficult and allows one to obtain reliable results on assessing the performance of engines according to their measured characteristic indicators under operating conditions.

Keywords: internal combustion engines; automotive; carburetor; diesel; performance diagnostics; device.

For citation: Shkrabak R. V. Estimation of the performance of automotive engines by the results of their diagnosis under operating conditions // Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(3): 100–106. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i3pp103-106>.

Введение. Агропромышленный комплекс является видом экономической деятельности с практически круглогодичным циклом сельскохозяйственных работ весьма широкого спектра и различного вида.

Объемы и виды этих работ разнятся по сезонам года и определяются производственной направленностью деятельности (растениеводство, животноводство, плодоовощеводство, птицеводство, пчеловодство и др.). Каждый из видов деятельности характеризуется биологическими свойствами объектов труда и естественно сроками своего развития и потребностей условия для этого. Это накладывает отпечаток на сроки и виды работ с растениями, животными, птицей, почвой, урожаем. Отметим, что в качестве мобильных средств механизации в настоящее время доминируют автомобили, тракторы и агрегаты на их базе, комбайны разнообразного назначения (зерновые, картофелеуборочные, капустоуборочные, морковоуборочные, кукурузоуборочные, кормоуборочные и другие). В настоящее время практически весь цикл транспортных операций в агропромышленном производстве (АПП) практически полностью механизирован и выполняется мобильными агрегатами (тракторы и автомобили с прицепами). Практически все мобильные агрегаты в АПК в настоящее время оснащены поршневыми двигателями внутреннего сгорания (ПДВС) – дизельными и карбюраторными. Именно эти ПДВС являются по сути монополистом в мобильной энергетике сельского хозяйства. И это несмотря на их недостатки, известные мировому обществу практически в течение последнего века





(сложность конструкции, изготовления и ремонта, требовательность к качеству топлива, повышенный уровень шума и вибрации, высокая токсичность отработавших газов и связанные с этим экологические проблемы, наличие водяной системы охлаждения, большое количество деталей в конструкции и др.) Перечисленные недостатки усугубляются рядом других эксплуатационного характера (повышенный износ трущихся деталей в конструкциях ПДВС, связанная с этим нестабильность регулировок и технологических настроек, низкая надежность и недостаточная долговечность, технические отказы элементов конструкции и, как результат, снижение эффективности в пределах амортизационного и последующего периодов эксплуатации. В связи с изложенным и практической исчерпаемостью возможностей дальнейшего повышения коэффициента полезного действия нынешних тепловых двигателей внутреннего сгорания десятилетиями осуществлялся поиск решения проблемы, вплоть до замены их газотурбинными двигателями [1-4] или электродвигателями. Однако названные решения пока не достигли производственных решений, поэтому и дальше приходится использовать ПДВС и разнообразными способами поддерживать их работоспособность.

Цель исследования – обоснование и разработка устройства диагностирования работоспособности двигателя внутреннего сгорания в эксплуатационных условиях.

Методика исследований. Методикой исследований предусматривалась разработка устройства для диагностирования работоспособности двигателя внутреннего сгорания в условиях эксплуатации и на основе полученных материалов (данных) определить пути восстановления его номинальных параметров для повышения эффективности производственных процессов, выполняемых с ПДВС. Объектами исследований являлись ПДВС реальных производственных агрегатов на базе тракторов и автомобилей, широко используемых в аграрном производстве.

Результаты исследований. Реалиями современности применительно к АПК является доминирование мобильной сельскохозяйственной техники с ПДВС, теория и практика которых практически достигли совершенства и пределов возможного [5]. Неотъемлемым свойством любой техники, включая сельскохозяйственную, в том числе авто-тракторных двигателей внутреннего сгорания, в течение амортизационного и последующего срока использования постепенно снижать свою эффективность по причине износа, старения (сокращения сроков «долговечности»), отказов из-за ненадлежащего контроля и обслуживания. Изложенное, в целях необходимости восстановления работоспособности, требует проведения соответствующих профилактических мероприятий (технического обслуживания, регулировок, ремонтов, а порой и замены вышедших из строя по разным причинам узлов или деталей). В целях выяснения состояния работоспособности техники, в частности автотракторных двигателей внутреннего сгорания, а также «глубины» вмешательства в процесс восстановления работоспособности, необходимы соответствующие методы и средства оперативного контроля (выяснения состояния работоспособности в целом и отдельных систем и узлов двигателя) и принятия эффективных (по стоимости, времени, надежности на перспективу) мер по восстановлению работоспособности, включая и теоретические аспекты проблемы [6]. Поэтому вполне правомерно иметь аппарат (устройство) оперативного контроля состояния работоспособности ПДВС.

Анализ состояния проблемы показал, что существующие средства [7–9] не в полной мере позволяют оперативно и в полном объеме обеспечить комплексную оценку работоспособности ПДВС. В связи с этим обосновано устройство для диагностирования работоспособности поршневых двигателей внутреннего сгорания в эксплуатационных условиях [10].

В соответствии с целью исследований задачей инновационного решения (изобретения) является: измерение в эксплуатационных условиях максимально допустимой эффективной мощности двигателя и соответствующей ей частоты вращения вала двигателя и удельного расхода топлива; сравнение полученных результатов с данными нормативно-технической документации и в случае несоответствия речь идет о неработоспособности двигателя по данному показателю.

Поставленная задача достигается тем, что предложенное устройство содержит датчик расхода топлива, блок нахождения экстремума с оперативно-запоминающим устройством максимального расхода топлива, блок измерения мощности двигателя и индикатор-фиксатор максимального значения её. Устройство снабжено определителем удельного расхода топлива, один вход которого подключен к выходу индикатора-фиксатора максимальной мощности, а другой – к оперативно-запоминающему устройству максимального расхода топлива, задатчиком предельно допустимых нормативных величин – по мощности, частоте вращения вала двигателя, удельному расходу топлива, индикаторами-сигнализаторами и компараторами, выходы которых подключены к индикаторам-сигнализаторам, а входы подключены – один к выходам задатчика нормативных величин, второй к выходам индикатора-фиксатора максимальной мощности и вычислителя удельного расхода топлива, причем в индикаторе-фиксаторе максимальной мощности фиксируются значение частоты вращения вала двигателя при максимальной мощности, а датчик давления в блоке измерения мощности выполнен в виде наружного накладного датчика деформации трубопровода топливopодающей системы двигателя.

Функциональная блок-схема предложенного устройства представлена на рис. 1.

Алгоритм вычисления и сигнализации о несоответствии показателей работоспособности двигателя нормативам по максимальной мощности, частоте вращения вала двигателя и удельному расходу топлива приведен на рис. 2.

Как видно из рисунков, устройство содержит: датчик 1 расхода топлива (G), блок 2 нахождения экстремума по максимуму расхода топлива ($G_{\max}$); блок 3 измерения мощности двигателя (N) и частоты вращения (n) вала двигателя на основе измерения поциклового давления и частоты циклов в цилиндрах двигателя; блок 4 – индикатор, фиксирующий в оперативном запоминающем устройстве (ОЗУ) максимальное значение мощности ($N_{\max}$) и дополнительно соответствующую ему частоту вращения ($n_{N_{\max}}$) вала двигателя; вычислитель 5 удельного (при максимальной мощности) расхода топлива (g_e); задатчик 6 предельно допустимых нормативных величин – максимальной мощности (N_n), частоты вращения вала двигателя ($n_{\max, n}$, $n_{\min, n}$), удельного расхода топлива ($g_{e, n}$); компараторы сравнения измеренных и нормативных величин – 7 – по максимальной мощности, 8 – по удельному расходу топлива, 9 – по

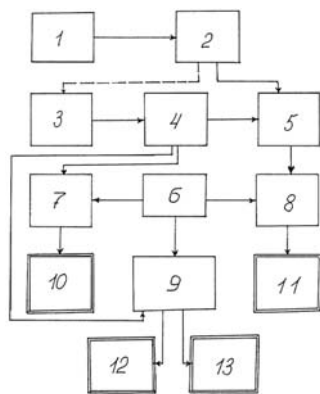


Рис. 1. Функциональная блок-схема устройства для диагностирования работоспособности двигателя внутреннего сгорания в эксплуатационных условиях

ния в цилиндрах двигателя выполнен в виде наружного (накладного) датчика давления в топливоподающей системе двигателя с электрическим выходом, отражающим осредненное давление и частоту циклов (частоту вращения n вала двигателя);

блок 4 индикатор-фиксатор включает ОЗУ, фиксирующее максимальное значение мощности $N_{\max}$ и дополнительно частоту вращения вала двигателя ($n_{N_{\max}}$), соответствующее максимальной мощности;

вычислитель 5 удельного расхода топлива g_e , представляющий собой делитель двух величин: $g_e = G_{\max} / N_{\max}$;

здатчик 6 представляет собой ОЗУ, в котором фиксируются установленные нормативной документацией или расчетом для данных эксплуатационных условий (природно-климатических, времени года, режимов работы и т.п.) предельные (с учетом допустимых отклонений) значения величин: максимальной мощности N_n , удельного расхода топлива $g_{e,n}$ и частоты вращения вала при максимальной мощности двигателя: минимальной $n_{\min,n}$ и максимальной $n_{\max,n}$;

компараторы 7, 8, 9 и индикаторы-сигнализаторы 10, 11, 12, 13 – общетехнического назначения.

Устройство работает следующим образом.

Установив устройство на ДВС, выполняют технологическую операцию, например, почвообработку, задавая режим вероятности (колебательного) характера нагрузки, при котором имеет место переход с регуляторной на коррекционную ветвь характеристики двигателя. В процессе работы сигнал от датчика 1 расхода топлива G поступает на вход блока 2 нахождения экстремума, а в блоке 3 измерения мощности сигнал от датчика давления поступает на вход вычислителя среднего квадратического значения и в дифференциатор, где формируются сигналы, пропорциональные мощности двигателя N и частоте вращения (частота циклов) n . При переходе ДВС с регуляторной на коррекционную ветвь характеристики двигателя расход топлива достигает максимального значения $G_{\max}$ и оно фиксируется в ОЗУ блока 2. Одновременно подается информационный сигнал (на схемах фиг. 1 и 2 показан пунктиром), разрешающий передачу сигнала о значениях мощности N и частоты вращения n вала двигателя из блока 3 в блок 4, где они фиксируются в ОЗУ как максимальная мощность $N_{\max}$ и соответствующая ей частота вращения $n_{N_{\max}}$ вала двигателя. Сигнал о величине максимальной мощности $N_{\max}$ из ОЗУ блока 4 поступает на первый вход вычислителя 5, на второй вход которого поступает из ОЗУ блока 2 сигнал о максимальном расходе топлива $G_{\max}$, а выход из вычислителя 5, соответствующий удельному расходу топлива ($g_e = G_{\max} / N_{\max}$), поступает на вход компаратора 8. Одновременно на входы компараторов 7 и 9 поступают сигналы второго и третьего выходов блока 4 о максимальной мощности $N_{\max}$ и частоте вращения $n_{N_{\max}}$ вала двигателя. На вторые входы всех трех компараторов (7, 8, 9) поступают сигналы от задатчика 6 о нормативных (для данных условий и режимов работы) значениях максимальной мощности N_n , удельного расхода топлива $g_{e,n}$, частоты вращения вала двигателя: допустимого максимального $n_{\max,n}$ и минимального $n_{\min,n}$. По результатам сравнения в компараторах 7, 8, 9 величин фактических (измеренных) и допустимых (нормативных для данных условий) в индикаторах-сигнализаторах 10, 11, 12, 13 появляются сигналы о несоответствии нормативно-технической документации (неработоспособности ДВС) по каждому из измеренных показателей: максимальной мощности, частоте вращения (максимальной и минимальной), удельному расходу топлива. Если нет отклонений от нормативных величин, сигнал по данному показателю отсутствует (см. рис. 2).

Как следует из изложенного, использование предлагаемого устройства позволяет в условиях эксплуатации оперативно диагностировать состояние важнейших параметров двигателя и на основании сопоставления их с нормативным принимать меры к повышению эффективности агрегатов.

Заключение. Процессы механизации технологий производства продовольствия в АПК в определяющей доле базируются на мобильных машинах с поршневыми двигателями внутреннего сгорания (карбюраторными и дизелями). Эффективность их по всем составляющим (экономичности, конструкции, экологичности, эргономичности, безопасности использования, всеядности, токсичности выхлопа, долговечности, износостойкости, надежности и др. параметрам) постоянно совершенствуется. Пути совершенствования и в первую очередь по параметрам эффективности, определяются соответствием значений основных параметров нормативным требованиям в процессе эксплуатации. Существующие методы и средства определения значений основных параметров требуют совершенствования. Предложенное в статье решение позволяет на основе диагностирования в условиях эксплуатации без вмешательства в

максимальной и минимальной частотах вращения вала двигателя (двойной компаратор) и индикаторы-сигнализаторы о несоответствии измеренных величин предельно допустимым показателям, предусмотренным задатчиком (что оценивается как неработоспособность двигателя): 10 – по максимальной мощности, 11 – по удельному расходу топлива, 12 и 13 – по максимальной и минимальной частоте вращения вала двигателя;

блок 2 нахождения экстремума включает: дифференциатор, аналоговый ключ, формирователь импульсов, преобразователь напряжения в частоту, схему сравнения, пороговый элемент и оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) величины $G_{\max}$;

блок 3 измерения мощности N включает: датчик давления в цилиндрах двигателя, вычислитель среднеквадратического значения, дифференциатор, компаратор, измеритель времени цикла, делитель, преобразователь напряжения в частоту. В отличие от аналога датчик давле-



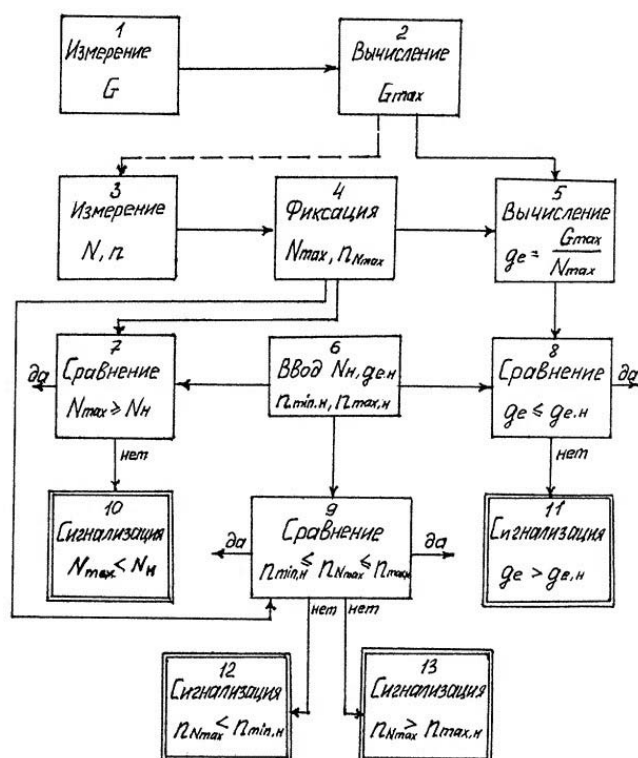


Рис. 2. Схема алгоритма вычисления и сигнализатора о несоответствии показателей работоспособности двигателя нормативам по максимальной мощности, частоте вращения вала двигателя и удельному расходу топлива

10. Патент 2231947 Российской Федерации. МПК G01M 15/00 Устройство для диагностирования работоспособности двигателя внутреннего сгорания в эксплуатационных условиях/ С.А. Иофинов, В.С. Шкрабак, Г.А. Фокин, Р.В. Шкрабак, В.В. Шкрабак. Патентообладатель: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. №20001132499/06, заявл. 29.11.2001 г. Оpubл. 10.10.2003 г. Бюл. 28.

REFERENCES

1. Popov N.S. Transport machines with gas turbine engines. Leningrad, 1980. 221 p.
2. Shkrabak V.S. Operational and ergonomic properties of mobile units with a gas turbine engine (theory. Practice. Design). Part I. St. Petersburg, 1998. 506 p.
3. Zhdanovsky N.S., Nikolaenko A.V., Shkrabak V.S. Regions of operation of engines of power-saturated tractors. Leningrad, 1981. 240 p.
4. Zhdanovsky N.S., Kovrigin A.I., Shkrabak V.S., Sominich A.V. Unsteady modes of piston and gas turbine engines of autotractor type. Leningrad, 1974. 222 p.
5. Nikolaenko A.V., Shkrabak V.S. Power machines and installations: internal combustion engines. Saint-Petersburg, 2005. 438 p.
6. Mixlin V.M. Forecasting the technical condition of machines. Moscow, 1976. 287 p.
7. Zhdanovsky N.S., Alliluyev V.A., Nikolaenko A.V., Ulitovsky B.A. Diagnostics of autotractor engines. Leningrad, 1977. 264 p.
8. Zhdanovsky N.S., Nikolaenko A.V. Reliability and durability of automotive engines. Leningrad, 1981. 295 p.
9. Ageev L.E., Shkrabak V.S., Morgulis-Yakushev V.Yu. Heavy-duty agricultural tractors. Leningrad, 1986. 414 p.
10. Patent 2231947 of the Russian Federation. IPC G01M 15/00 Device for diagnosing the operability of an internal combustion engine in operating conditions / S.A. Iofinov, V.S. Shkrabak, G.A. Fokin, R.V. Shkrabak, V.V. Shkrabak. Patentee: St. Petersburg State Agrarian University. No. 20001132499/06, app. November 29, 2001 Publ. 10.10.2003 Bul. 28.

Статья поступила в редакцию 14.12.2021; одобрена после рецензирования 22.12.2021; принята к публикации 11.01.2022.

The article was submitted 14.12.2021; approved after reviewing 22.12.2021; accepted for publication 11.01.2022.