

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА И СТРУКТУРЫ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

В работе разработан алгоритм определения требуемых диагностических параметров и показателей работы мобильных энергетических средств (МЭС), реализующий усовершенствованную авторами методику бестормозных исследований двигателя внутреннего сгорания (ДВС) и движущегося МЭС при переходном процессе их разгона. Впервые показана закономерность записи, обработки данных с первичных преобразователей и последовательности расчета параметров модели, с возможностью учета особенностей переходных процессов разгона коленчатого вала ДВС и МЭС. Таким образом, разработанный алгоритм и структура программного обеспечения способны реализовать предложенную авторами методику бестормозных исследований двигателя внутреннего сгорания (ДВС) и движущегося МЭС. Для фиксации требуемых параметров с первичных преобразователей предложено применять известные программы CoolEdit2000 v.1.0.2374 и VisualGPS v.4.2.105.1. В статье подробно описан каждый процесс работы алгоритма, отражен порядок работы с первичной информацией и способами повышения точности расчетов.

**Ключевые слова:** диагностика транспорта, бестормозные испытания, тяговая динамика, оценка динамичности, мощность двигателя, автоматизация диагностирования.

**Введение.** Современные мобильные энергетические средства активно совершенствуются и используются во многих отраслях народного хозяйства от сельского хозяйства [1], лесозаготовки [2] до транспортировки грузов [3]. Большое внимание в этом направлении уделяется цифровизации различных процессов и технологиям интеллектуального управления. Весь этот парк техники нуждается в хорошо организованной системе технического обслуживания и ремонта. Как известно, диагностирование является неотъемлемой ее частью, цифровизация позволяет повышать его качество и внедрять технологии интеллектуального управления надежностью сложных технических систем. Поэтому разработка простых и доступных методов диагностирования различных параметров состояния МЭС и определения показателей их работы является актуальной задачей.

**Постановка задачи.** Как известно, существующие методы диагностирования параметров технического состояния и показателей работы МЭС разнообразны. Одним из перспективных и малоза-

тратных является бестормозной метод, основанный на оценке его динамических свойств [3]. Данный метод позволяет при наличии соответствующей базы данных с исходными параметрами МЭС, используя полученные данные о динамических и тяговых параметрах управлять не только надежностью системы, но и принимать опережающие управляющие решения, повышающие экономическую эффективность производства. Разработанный метод [3] основан на определении углового ускорения коленчатого вала двигателя при полной подаче топлива от минимальной стабильной скорости движения МЭС до максимальной. В данном контексте была поставлена задача разработки алгоритма работы программного обеспечения (ПО) программно-аппаратного комплекса, который позволит фиксировать данные от датчиков скорости, времени и угловой скорости коленчатого вала двигателя, затем заполнять массивы данных, рассчитывать тягово-динамические характеристики МЭС и строить кривые ускорения и свободного разгона. Также специально разработанный алгоритм должен сравнивать

## Структура программного обеспечения



Рис. 1. Структура программного обеспечения ПАК

и анализировать эталонные характеристики МЭС с экспериментальными, давать прогноз технического состояния и рекомендации по ТО и/или оптимизации показателей работы. Алгоритм должен работать на основе итерационного метода.

**Материалы и методы.** Для решения поставленной задачи было использовано графическое структурное и функциональное моделирование предлагаемого программного обеспечения автоматизации эксперимента с использованием упрощенной нотации IDEF0, DFD и блок-схемами алгоритмов [4, 5].

Выполняемые на определенном этапе функции (процессы) обозначаются прямоугольниками с закругленными краями. Каждый «процесс» имеет свой номер, например, «3.1» или «5». Детализировались процессы номерами, например, с номером «5», а подпроцессы имеют нумерацию «5.1», «5.2», «5.3» и т.д. Структуры данных, с которыми оперируют процессы, обозначены прямоугольниками с двумя дополнительными вертикальными полосами по краям. Это могут быть базы данных, файлы на жестком диске, переменные, массивы в памяти программы. Характерными стрелками показаны последовательности выполнения процессов и их взаимодействие со структурами данных.

**Результаты.** При первом приближении в предлагаемой структуре ПО автоматизации экспериментальных исследований по диагностированию технического состояния МЭС и определению отдельных показателей его работы условно выделено три основных процесса:

- запись экспериментальных данных;
- анализ экспериментальных данных;
- моделирование (расчет модели).

Разработанная диаграмма процессов автоматизации эксперимента определяет место разрабатываемого ПО (рис. 1). Также на рисунке предварительно выделены структуры данных, которые используются внутри ПО.

Запись экспериментальных данных, сбор информации с внешних источников сигнала и запись этих данных в файлы осуществлялась с использованием стандартного программного обеспечения, в нашем случае информацию с GPS приемника записывает ПО VisualGPS, сохраняя данные по стандарту NMEA в лог-файлы. Данные с индукционного

датчика, со звуковой карты пишутся программой CoolEdit2000 и сохраняются в текстовые файлы в соответствующем формате [6]. Анализ экспериментальных данных в данной диаграмме как процесс, включающий в себя обработку данных, запись с внешних источников сигналов, их фильтрация и выделение необходимых функциональных зависимостей (линейная скорость МЭС и угловая скорость коленчатого вала двигателя от времени) [3].

Расчет модели — процесс итерационного вычисления параметров МЭС с целью определения параметров исследуемого МЭС с помощью выбранного математического метода.

Рассматривая структуры с данными, выделим следующие элементы диаграммы, используемые с целью автоматизации работы ПАК для диагностики:

- текстовые файлы с данными, записанными логами NMEA и сигналом индукционного датчика;

- структуры в памяти и текстовые данные с исследуемыми зависимостями — результат работы процесса «2» (рис. 1), выделенные из экспериментальных данных, зависимости действительной скорости МЭС и угловой скорости вращения коленчатого вала двигателя от времени. Эти данные хранятся как в оперативной памяти программы, так и могут быть сохранены на жесткий диск в виде текстовых файлов для дальнейшей обработки в других программах;

- параметры модели — набор характеристик транспортного средства, которые необходимы для моделирования и сопоставления результатов с экспериментальными данными, к ним относятся: внешняя скоростная характеристика (ВСХ) двигателя, передаточные числа коробки перемены передач (КПП) и главной передачи (ГП), размеры колес, коэффициент сопротивления качению и аэродинамические коэффициенты; параметры модели уточняются в процессе моделирования и некоторые из них являются результатами работы модели;

- база данных по характеристикам МЭС — содержит справочник по параметрам МЭС, хранилище, из которого можно взять первоначальные параметры модели и с данными которого сравнить характеристики исследуемого автомобиля;

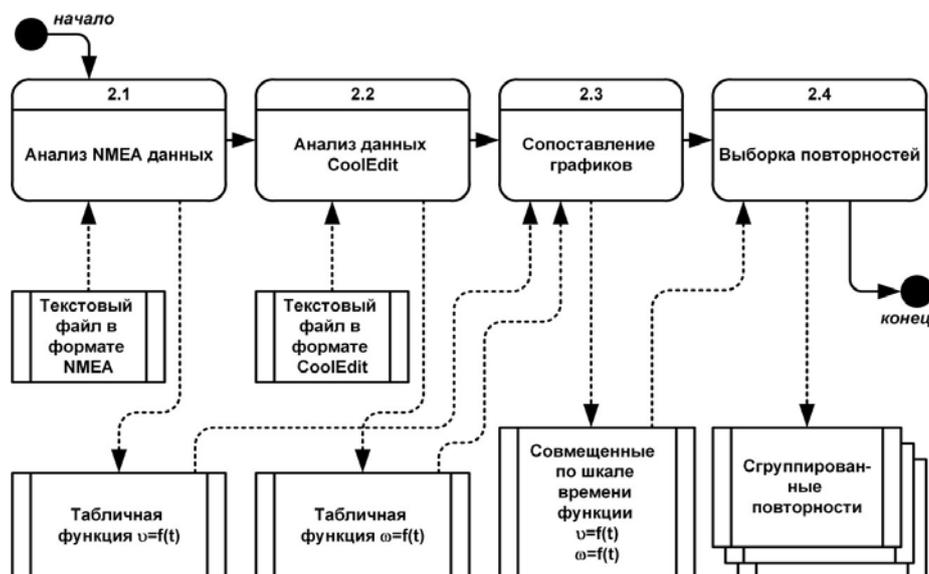


Рис. 2. Детализация процесса «2»: анализ экспериментальных данных

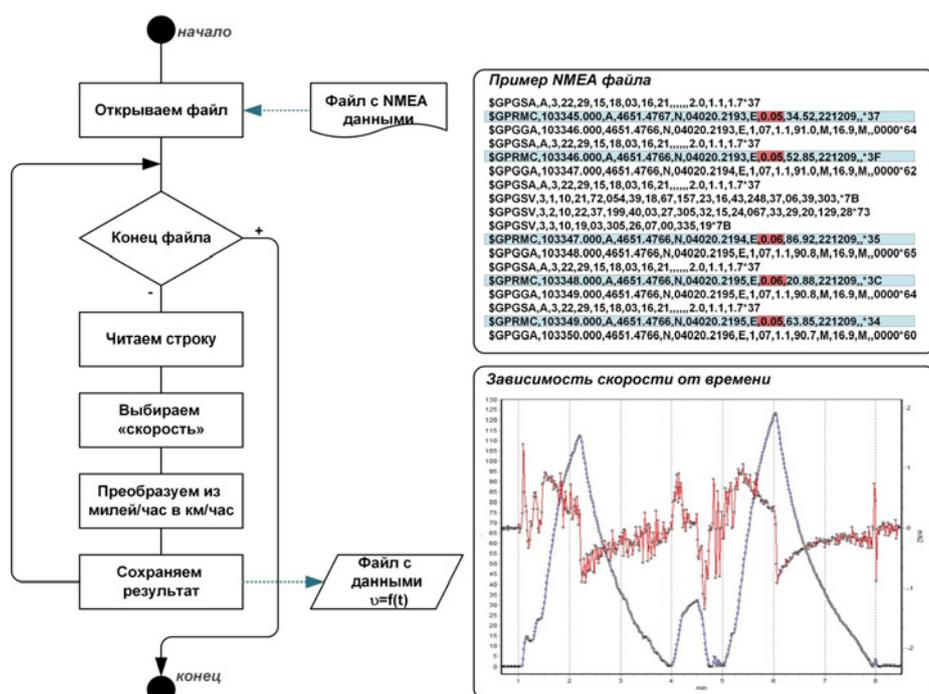


Рис. 3. Детализация процесса «2.1»: анализ NMEA данных

— результаты расчетов — ряд диагностических параметров и показателей работы МЭС, уточненных в результате итерационного моделирования: ВСХ двигателя, коэффициент сопротивления качению и аэродинамический коэффициент.

На этапе анализа экспериментальных данных (рис. 2), необходимо прочитать файлы с данными (сигналами датчиков), расшифровать сигналы, выбрать среди них «повторности эксперимента». То есть на выходе должны быть готовые данные для математического анализа — усредненные графики разгонов на разных передачах и усредненная характеристика выбега [3].

Анализ экспериментальных данных — процесс, включающий в себя:

— анализ данных GPS приемника (анализ NMEA данных), согласно [6];

— анализ и расшифровка сигнала индукционного датчика (анализ CoolEdit2000 данных) согласно [6];

— сопоставление временной оси данных GPS приемника (линейная скорость МЭС) и данных с индукционного датчика (угловая скорость коленчатого вала двигателя МЭС);

— выборка и группировка повторностей эксперимента.

Анализ NMEA данных — процесс анализа NMEA логов, выборка из файла нужных значений и формирование в памяти массива с зависимостью скорости МЭС от времени (рис. 3). В процессе анализа NMEA данных построчно читается текстовый файл, выбираются строки с маркером \$GPRMC и из этих строк — значение скорости и времени, на которое зафиксирована данная скорость.

```

SAMPLES:      43200
BITSPERSAMPLE: 16
CHANNELS:     1
SAMPLERATE:  6000
NORMALIZED:   FALSE
-78
1
-88
72
770
206
65
59
-157
-1426

```

Рис. 4. Фрагмент файла в формате CoolEdit2000

Выбранные значения записываются в оперативную память и при необходимости могут быть сохранены в виде файла на жестком диске [6].

Анализ данных CoolEdit2000 представлен процессом анализа сигнала, распознавания импульсов и формирования в памяти массива с зависимостью угловой скорости коленчатого вала двигателя от времени.

Формат файла CoolEdit2000 представляет собой обыкновенный текстовый файл, в котором построч-

но записаны уровни сигнала. В начале файла содержится шапка, в которой описываются различные характеристики, например, частота оцифровки, разрядность сигнала и количество строк в файле. На рис. 4 показан фрагмент файла в формате CoolEdit2000.

В соответствии с разработанным алгоритмом обработки данных (рис. 5) первые 5 строк читаются как «шапка файла», из которой выделяют частоту оцифровки и количество строк в файле, а после данные циклом считываются в массив в памяти программы согласно [7].

Как известно [6], для расшифровки импульсов требуется вычислить ряд специфических функций сигнала и определить для них пороговые значения для дальнейшей автоматизации вычислений.

Так как данные записываются из разных источников, разным ПО, то и привязка сигналов по времени разная и включение записи проблематично сделать одновременно, поэтому необходимо выполнение процесса «2.3» (рис. 6), т.е. необходимо произвести совмещение сигнала по оси времени. Данная операция выполняется оператором на основании характерных точек.

При реализации процесса «2.4» среди сформированного и сведенного по оси времени сигнала выбираются повторности и группируются по экспериментам: разгон на выбранной передаче или

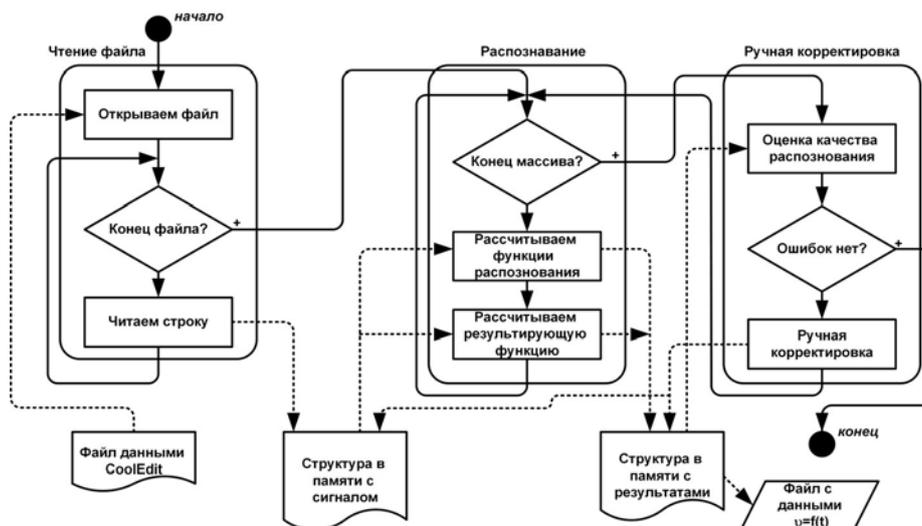


Рис. 5. Детализация процесса «2.2»: анализ данных CoolEdit2000

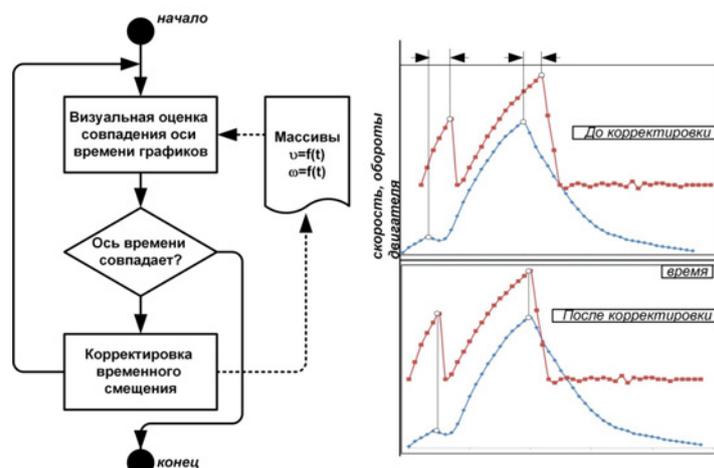


Рис. 6. Детализация процесса «2.3»: сопоставление графиков

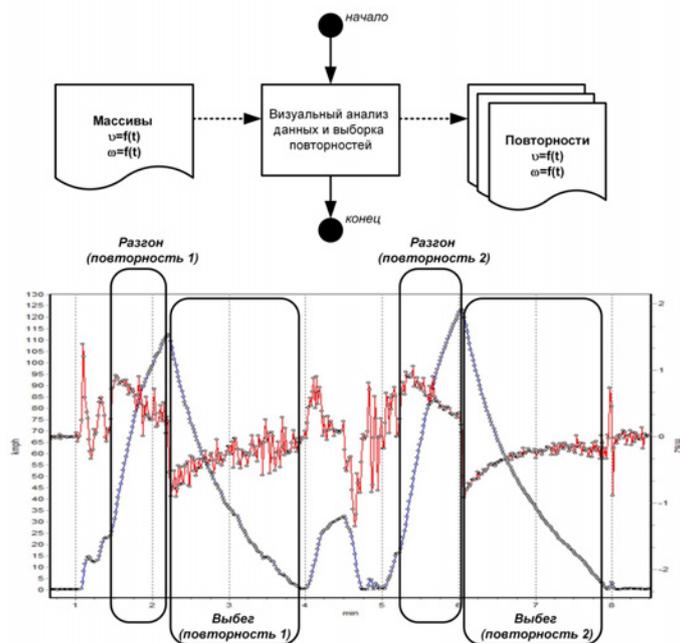


Рис. 7. Детализация процесса «2.4»: выборка повторностей

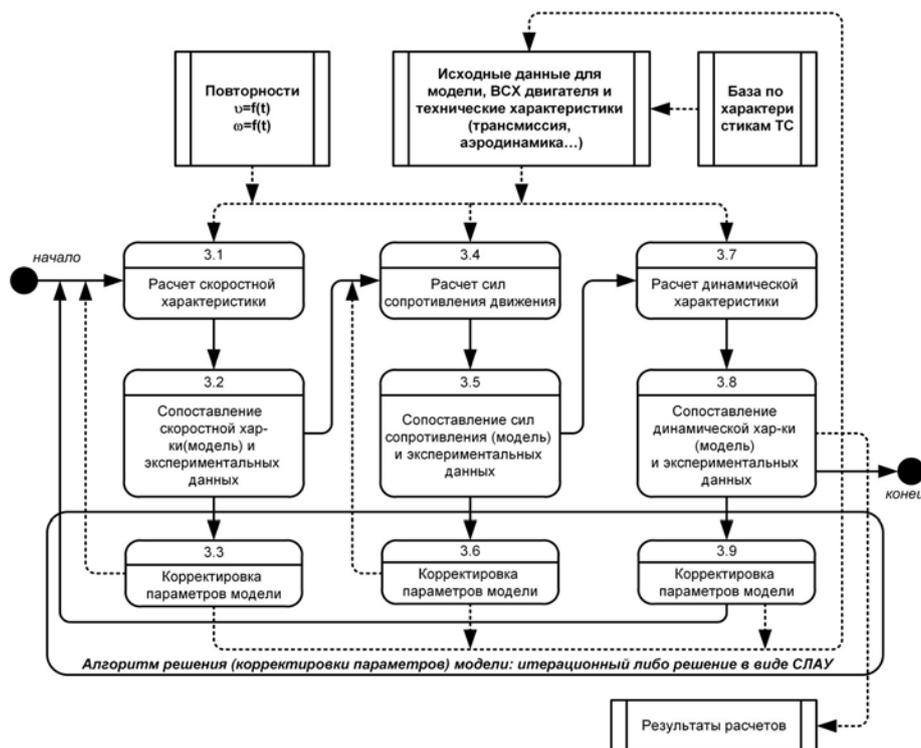


Рис. 8. Детализация процесса «3»: расчет модели

свободный выбег МЭС и т.д. (рис. 7). На форме отображаются списки проведенных экспериментов, а также массив записанных данных, на которых оператор выделяет повторности и «связывает» их с экспериментами.

В нашем случае (рис. 8) под решением модели подразумевается нахождение таких параметров модели, чтобы расчетные характеристики (сопротивление движению, динамические характеристики) модели, максимально близко совпали с экспериментальными данными.

Для решения модели, необходимо решить следующий ряд итерационных задач:

- уточнение передаточных чисел КПП и ГП, вычисление действительного радиуса качения колеса;
- вычисление коэффициентов сил сопротивления воздуха и качения;
- корректировка кривой крутящего момента двигателя. После чего решать задачу с использованием методов оптимизации линейного программирования.

Одним из оптимальных вариантов при реализации процесса «3» для искомым параметров необходимо определить допустимые диапазоны и методом перебора (метод равномерного поиска) с заданным

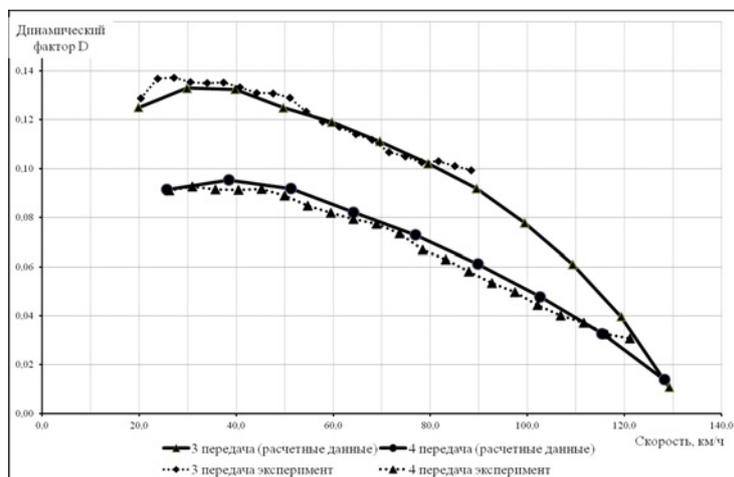


Рис. 9. Расчетная и экспериментальная динамическая характеристика МЭС

шагом найти такое соотношение параметров, при котором целевая функция будет минимальной. Второй путь предполагает взгляд на математические зависимости в модели как на систему линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Так как СЛАУ относится к «неточным», то его решение можно найти итерационным методом Зейделя [8, 9].

Представленный алгоритм позволил реализовать усовершенствованную авторами методику бестормозных исследований двигателя внутреннего сгорания (ДВС) и движущегося МЭС при переходном процессе их разгона и получить необходимые данные, что подтверждается полученной зависимостью динамического фактора от скорости движения МЭС (рис. 9). Как известно, динамический фактор  $D$  представляет собой совокупность динамических характеристик и дает представление о динамических свойствах автомобиля при заданных дорожных условиях и нагрузке МЭС. Динамическая характеристика МЭС (рис. 9), полученная с использованием предлагаемого алгоритма и предлагаемой методики, подобна полученной стандартным расчетным методом при этом достоверная вероятность полученных закономерностей составляет не менее 95 %. Поэтому предложенную методику и алгоритм, ее реализующий, можно рекомендовать для повышения эксплуатационной надежности и эффективности при грузовых транспортных перевозках, в сельском хозяйстве и других отраслях.

**Обсуждение.** Разработанный алгоритм и структура применяемого ПО в совокупности с бестормозной методикой [3] позволит применять их в разных отраслях промышленности. Особенно эффективно данная разработка может быть применена для оперативного управления надежностью сложных технических систем при грузовых транспортных перевозках [10], а также, например, в сельском хозяйстве для повышения эксплуатационной надежности и эффективности МЭС [11–13].

**Заключение.** Таким образом, после реализации процесса «3» достигается результат поставленной задачи в определении ряда технических характеристик исследуемого МЭС, которыми являются:

- уточнённая ВСХ двигателя МЭС;
- уточненные силы сопротивления движению;
- уточненные коэффициенты учета вращающихся масс.

Как было ранее установлено [3] при апробации разработанного ПАК, а также описанный в данной

статье алгоритм и структура ПО позволили получить необходимые данные для дальнейшего совершенствования процесса автоматизации диагностирования МЭС.

#### Библиографический список

1. Liu C., Lin H., Li Y. [et al.]. Analysis on Status and Development Trend of Intelligent Control Technology for Agricultural Equipment // Nongye Jixie Xuebao/Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery. 2020. Vol. 51, № 1. P. 1–18. DOI: 10.6041/J.ISSN.1000-1298.2020.01.001.
2. Болтнев Д. Е., Денисенко В. В., Скрыпников А. В. [и др.]. Экспериментальные и теоретические зависимости пройденного пути и расхода топлива от скорости движения автомобиля на опытных участках, имеющих различные уклоны // Системы. Методы. Технологии. 2021. № 3 (51). С. 105–115. DOI: 10.18324/2077-5415-2021-3-105-115. EDN UMHNB.
3. Kazakov D. V., Kuzmenko I. P., Moskvitin A. A. Development and testing of hardware-software complex for diagnostics of freight vehicles energy parameters // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: 2020. Vol. 873 (1). 012027. DOI: 10.1088/1757-899X/873/1/012027.
4. Волкова Г. Д., Новоселова О. В., Григорьев О. Г. Исследование методологий и методов проектирования автоматизированных систем различного назначения // Электронные информационные системы. 2014. № 2 (2). С. 57–69.
5. Integration definition for function modeling (IDEF0). Draft Federal Information Processing Standards Publication 183, 1993 December 21. URL: <https://archive.org/details/federalinformati183nati/page/22/mode/2up> (дата обращения: 30.03.2023).
6. Казаков Д. В., Кутрышева Л. И. Фиксация и исследование диагностических параметров автомобилей, работающих на альтернативных видах топлива // АвтоГазоЗаправочный комплекс + Альтернативное топливо. 2016. № 3 (108). С. 14–16.
7. Пат. 2329510 Российская Федерация, МПК G 01 P 15/00. Устройство для измерения ускорения коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания на всем диапазоне скоростей / Щетинин Н. В., Арженовский А. Г., Казаков Д. В. [и др.]. № 2007108605; заявл. 07.03.07; опубл. 20.07.08, Бюл. № 20.
8. Чепасов В. И. [и др.]. Алгоритмическая и программная реализация метода Гаусса в длинной арифметике с распараллеливанием прямого хода: моногр. Оренбург: Изд-во ГОУ ОГУ, 2008. 206 с. ISBN 978-5-7410-0796-9.
9. Амосов А. А., Дубинский Ю. А., Копченова Н. В. Вычислительные методы. 4-е изд. стер. Санкт-Петербург: Лань, 2014. 672 с. ISBN 978-5-8114-1623-3.

10. Кондрашова Е. В., Скрышников А. В., Яковлев К. А. [и др.]. Сравнительная оценка надёжности грузовых автомобилей // Труды ГОСНИТИ. 2016. Т. 123. С. 61–67. EDN WAPOJT.

11. Lebedev A. T., Arzhenovskiy A., Zhurba V. V. [et al.]. Operational Management of Reliability of Technical Systems in the Agro-Industrial Complex // XIV International Scientific Conference «INTERAGROMASH 2021». Precision Agriculture and Agricultural Machinery Industry. Vol. 1. Precision Agriculture and Agricultural Machinery Industry. Rostov-on-Don, Feb. 24–26, 2021. Rostov-on-Don: Springer Verlag, 2022. P. 79–87. DOI: 10.1007/978-3-030-81619-3\_9. EDN VAMVQW.

12. Rondelli V., Martelli R., Casazza C. [et al.]. Methodological approach to assess tractor stability in normal operation in field using a commercial warning device // Journal of Agricultural Engineering. 2013. Vol. 44, no. e132. P. 659–662. DOI: 10.4081/jae.2013.374.

13. Lebedev A. T., Arzhenovskiy A. G., Chayka Ye. A. [et al.]. Methodology for assessing the efficiency of measures for the operational management of the technical systems' reliability // XIV International Scientific Conference «INTERAGROMASH 2021». Precision Agriculture and Agricultural Machinery Industry. Vol. 1. Precision Agriculture and Agricultural Machinery Industry. Rostov-on-Don, Feb. 24–26, 2021. Rostov-on-Don: Springer Verlag, 2022. P. 13–20. DOI: 10.1007/978-3-030-81619-3\_2. EDN BTVEYT.

**КАЗАКОВ Дмитрий Викторович**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов» Армавирского

механико-технологического института (филиал) Кубанского государственного технологического университета (АМТИ КубГТУ), г. Армавир.

SPIN-код: 8907-4749;

ORCID: 0000-0002-9663-5750

AuthorID (SCOPUS): 57218553265

ResearcherID: 7202-2014

Адрес для переписки: kazakov\_nti@inbox.ru

**ГУРЖИ Наталия Леонидовна**, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Машиностроение» АМТИ КубГТУ, г. Армавир.

SPIN-код: 5589-6827

ORCID: 0009-0001-9105-9854

Адрес для переписки: a\_natali@bk.ru

**КУРДАГИЯ Нугзар Эльдарович**, студент гр. 21-ФАБ-НД1 кафедры «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов» АМТИ КубГТУ, г. Армавир.

SPIN-код: 1432-2071

ORCID: 0009-0009-5718-2240

#### Для цитирования

Казаков Д. В., Гуржи Н. Л., Курдагия Н. Э. Разработка алгоритма и структуры программного обеспечения для диагностирования мобильных энергетических средств // Омский научный вестник. 2023. № 3 (187). С. 30–38. DOI: 10.25206/1813-8225-2023-187-30-38.

Статья поступила в редакцию 09.06.2023 г.

© Д. В. Казаков, Н. Л. Гуржи, Н. Э. Курдагия

## DEVELOPMENT OF THE ALGORITHM AND STRUCTURE OF SOFTWARE FOR DIAGNOSTICS OF MOBILE POWER FACILITIES

The paper develops an algorithm for determining the required diagnostic parameters and performance indicators of mobile power equipment (MPE), which implements the methodology improved by the authors of the non-brake studies of the internal combustion engine (ICE) and moving MPE during the transient process of their acceleration. For the first time, the regularity of recording, processing data from primary converters and the sequence of calculating model parameters is shown, with the possibility of taking into account the characteristics of the transient processes of acceleration of the crankshaft of the internal combustion engine and the MPE. Thus, the developed algorithm and software structure are able to implement the methodology proposed by the authors of the non-standard studies of the internal combustion engine (ICE) and the moving MPE. To fix the required parameters from the primary converters, it is proposed to use the well-known programs CoolEdit2000 v.1.0.2374 and VisualGPS v.4.2.105.1. The article describes in detail each process of the algorithm, reflects the procedure for working with primary information and ways to improve the accuracy of calculations.

**Keywords:** diagnostics of transport, formless tests, traction dynamics, assessment of dynamism, engine power, automation of diagnostics.

### References

1. Liu C., Lin H., Li Y. [et al.]. Analysis on Status and Development Trend of Intelligent Control Technology for Agricultural Equipment // Nongye Jixie Xuebao/Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery 2020. Vol. 51, no. 1. P. 1–18. DOI: 10.6041/J.ISSN.1000-1298.2020.01.001. (In Engl.).
2. Boltnev D. E., Denisenko V. V., Skrypnikov A. V. [et al.]. Eksperimental'nyye i teoreticheskiye zavisimosti proydenogo puti i raskhoda topliva ot skorosti dvizheniya avtomobilya na opytnykh uchastkakh, imeyushchikh razlichnyye uklony [Experimental and theoretical dependences of the distance traveled and fuel consumption on the vehicle speed along the test sites with different slopes] // Sistemy. Metody. Tekhnologii. *The system. Methods. Technologies.* 2021. No. 3 (51). P. 105–115. DOI: 10.18324/2077-5415-2021-3-105-115. EDN UMUHNB. (In Russ.).
3. Kazakov D. V., Kuzmenko I. P., Moskvitin A. A. Development and testing of hardware-software complex for diagnostics of freight vehicles energy parameters // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: 2020. Vol. 873 (1). 012027. DOI: 10.1088/1757-899X/873/1/012027. (In Engl.).
4. Volkova G. D., Novoselova O. V., Grigor'yev O. G. Issledovaniye metodologiy i metodov proyektirovaniya avtomatizirovannykh sistem razlichnogo naznacheniya [Research of methodologies and methods of design automated systems for various applications] // Elektronnyye informatsionnyye sistemy. *Electronic Information Systems.* 2014. Vol. 2 (2). P. 57–69. (In Russ.).
5. Integration definition for function modeling (IDEF0). Draft Federal Information Processing Standards Publication 183, 1993, December 21. URL: <https://archive.org/details/federalinformati183nati/page/22/mode/2up> (accessed: 30.03.2023). (In Engl.).
6. Kazakov D. V., Kugrysheva L. I. Fiksatsiya i issledovaniye diagnosticheskikh parametrov avtomobiley, rabotayushchikh na al'ternativnykh vidakh topliva [Control method of technical condition of the mobile the powermeans working at alternative types of fuel] // AvtoGazoZapravochnyy kompleks + Al'ternativnoye toplivo. *Autogas filling complex + alternative fuel.* 2016. Vol. 3 (108). P. 14–16. (In Russ.).
7. Patent 2329510 Russian Federation, IPC G 01 P 15/00. Ustroystvo dlya izmereniya uskoreniya kolenchatogo vala dvigatelya vnutrennego sgoraniya na vsem diapazone skorostey [Device for measuring the acceleration of the crankshaft of an internal combustion engine over the entire speed range] / Shchetinin N. V., Arzhenovskiy A. G., Kazakov D. V. [et al.]. No. 2007108605. (In Russ.).
8. Chepasov V. I. [et al.]. Algoritmicheskaya i programmaya realizatsiya metoda Gaussa v dlinnoy arifmetike s rasparallelivaniyem pryamogo khoda [Algorithmic and software implementation of the Gauss method in long arithmetic with forward parallelization]. Orenburg, 2008. 206 p. ISBN 978-5-7410-0796-9. (In Russ.).
9. Amosov A. A., Dubinskiy Yu. A., Kopchenova N. V. Vychislitel'nyye metody [Computational methods]. 4th ed., ster. St. Petersburg, 2014. 672 p. ISBN 978-5-8114-1623-3. (In Russ.).

10. Kondrashova E. V., Skrypnikov A. V., Yakovlev K. A. [et al.]. Sravnitel'naya otsenka nadëzhnosti gruzovykh avtomobiley [Comparative assessment of truck reliability] // Trudy GOSNITI. Works of GOSNITI. 2016. Vol. 123 P. 61–67. (In Russ.).

11. Lebedev A. T., Arzhenovskiy A., Zhurba V. V. [et al.]. Operational Management of Reliability of Technical Systems in the Agro-Industrial Complex // XIV International Scientific Conference «INTERAGROMASH 2021». Precision Agriculture and Agricultural Machinery Industry. Vol. 1. Precision Agriculture and Agricultural Machinery Industry. Rostov-on-Don, Feb. 24–26, 2021. Rostov-on-Don: Springer Verlag, 2022. P. 79–87. DOI: 10.1007/978-3-030-81619-3\_9. EDN VAMVQW. (In Engl.).

12. Rondelli V., Martelli R., Casazza C. [et al.]. Methodological approach to assess tractor stability in normal operation in field using a commercial warning device // Journal of Agricultural Engineering. 2013. Vol. 44, no. e132. P. 659–662. DOI: 10.4081/jae.2013.374. (In Engl.).

13. Lebedev A. T., Arzhenovskiy A. G., Chayka Ye. A. [et al.]. Methodology for assessing the efficiency of measures for the operational management of the technical systems' reliability // XIV International Scientific Conference «INTERAGROMASH 2021». Precision Agriculture and Agricultural Machinery Industry. Vol. 1. Precision Agriculture and Agricultural Machinery Industry. Rostov-on-Don, Feb. 24–26, 2021. Rostov-on-Don: Springer Verlag, 2022. P. 13–20. DOI: 10.1007/978-3-030-81619-3\_2. EDN BTVEYT. (In Engl.).

**KAZAKOV Dmitriy Viktorovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Machinery and Equipment of Oil and Gas Fields Department,

Armavir Institute of Mechanic and Technology (branch) of the Kuban State Technological University (AMTI KubSTU), Armavir.

SPIN-code: 8907-4749

AuthorID (SCOPUS): 57218553265

ORCID: 0000-0002-9663-5750

ResearcherID: 7202-2014

Correspondence address: kazakov\_nti@inbox.ru

**GURZHI Nataliya Leonidovna**, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of Mechanical Engineering Department, AMTI KubSTU, Armavir.

SPIN-code: 5589-6827

ORCID: 0009-0001-9105-9854

Correspondence address: a\_natali@bk.ru

**KURDAGIA Nugzar Eldarovich**, Student gr. 21-FAB-ND1 of Machinery and Equipment of Oil and Gas Fields Department, AMTI KubSTU, Armavir.

SPIN-code: 1432-2071

ORCID: 0009-0009-5718-2240

Correspondence address: kurdagia.nugzar@yandex.ru

#### For citations

Kazakov D. V., Gurzhi N. L., Kurdagia N. E. Development of the algorithm and structure of software for diagnostics of mobile power facilities // Omsk Scientific Bulletin. 2023. No. 3 (187). P. 30–38. DOI: 10.25206/1813-8225-2023-187-30-38.

Received June 09, 2023.

© D. V. Kazakov, N. L. Gurzhi, N. E. Kurdagia