

**Лянденбургский Владимир Владимирович**  
Ljandenbursky Vladimir Vladimirovich

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,  
The Penza state university of architecture and building,  
Кандидат технических наук, доцент  
Cand.Tech.Sci., the senior lecturer  
E-Mail: dekauto@pguas.ru

**Родионов Юрий Владимирович**  
Rodionov, Yury Vladimirovich,

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,  
The Penza state university of architecture and building,  
Доктор технических наук, профессор  
Doctor of technical Sciences, Professor  
E-Mail: dekauto@pguas.ru

**Кривобок Сергей Александрович**  
Krivobok Sergey Aleksandrovich,

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,  
The Penza state university of architecture and building,  
Студент/ The student  
E-Mail: dekauto@pguas.ru

**Мнекин Павел Александрович**  
Mnekin Pavel Aleksandrovich,,

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,  
The Penza state university of architecture and building,  
Студент/ The student  
E-Mail: dekauto@pguas.ru

## **Морфологический анализ методов поиска неисправностей транспортных средств**

Morphological analysis of methods to search for the faults of vehicles

**Аннотация:** Морфологический анализ наиболее известных методов поиска неисправностей (последовательного исключения, временного, вероятностного, логического, стоимостного) позволил предложить новый эффективный метод, с помощью которого, без предварительной подготовки и разборки применяя элементы встроенного диагностирования, возможно, определять изменившиеся параметры и сравнивая их с нормативными значениями, предлагается выполнять необходимые действия по восстановлению работоспособности транспортного средства.

**The Abstract:** Morphological analysis of the most well-known methods of troubleshooting (successive elimination, time, probability, logic, value) allowed to propose a new efficient method by

which, without preparation and disassembly using the built-in diagnostic elements may determine the changed parameters and comparing them with normative values invited to perform the necessary actions to restore operability of the vehicle.

**Ключевые слова:** эксплуатация, автомобиль, работоспособность, встроенное диагностирование, поиск неисправностей, морфологический анализ.

**Keywords:** operation, vehicle performance, built-in diagnostics, troubleshooting, morphological analysis.

\*\*\*

Состояние автомобилей во многом зависит от организации, технологии и качества выполнения работ при диагностировании, техническом обслуживании и ремонте. В связи с возможностью определения неисправности без разборки, при регулярном диагностировании они выявляются до наступления отказа, что позволяет планировать их устранение, предотвращает прогрессирующее изнашивание деталей и снижает общие расходы на техническое обслуживание (ТО) и ремонт [6].

Диагностирование автомобилей является одним из важнейших элементов, повышения эффективности функционирования подвижного состава при проведении ТО и ремонте. Однако диагностирование не гарантирует возможность эксплуатации автомобилей с состоянием, не требующим профилактических и ремонтных воздействий. Это приводит к не полному использованию ресурса или неисправностям у автомобиля отдельных агрегатов, систем и деталей автомобилей, к значительным материальным затратам [4]. В тоже время все больше заявляют о себе системы ускоренного и встроенного диагностирования, в которых вся информация выносится на диагностический разъем или на монитор автомобильного компьютера.

При работе транспортных средств большинство неисправностей проявляется в виде внешних признаков. Часто внешние признаки различных неисправностей носят одинаковый характер. Чтобы правильно и быстро поставить диагноз при проверке сложного объекта с помощью отдельных средств диагностирования, необходимо располагать большим количеством данных о функциональных связях между возможными неисправностями и их симптомами, а также обладать достаточным опытом [5].

Важнейшая проблема в области технической диагностики автомобилей – установление симптомов в зависимости от наработки составных частей или автомобиля в целом, а также выявление зависимостей между этими симптомами и соответствующим им параметрам технического состояния машин. Знание этих закономерностей и зависимостей при известных предельных значениях параметров технического состояния позволяет своевременно предупредить неисправности и отказы.

Если имеются неисправности и отказы, сначала устанавливают возможные причины их возникновения по характерным признакам. Затем, исходя из предполагаемой причины возникновения неисправности, подбирают соответствующие диагностические средства, с помощью которых дают заключение (ставят диагноз) о характере и сущности неисправности.

При логической обработке учитывается, что каждый из структурных параметров, достигнув упреждающей или предельной величины (т.е. превратившись в неисправность), может породить одновременно несколько различных диагностических параметров соответствующей величины. При этом различные неисправности могут частично сопровождаться одинаковыми диагностическими параметрами. При этой неисправности могут быть такими, что механизм не перестает функционировать. В этом случае для локализации неисправности сложного устройства необходимо пользоваться целым комплексом диагностических параметров. Для ре-

шения подобных задач надо знать количественные характеристики типичных неисправностей (т.е. величины структурных параметров, при достижении которых требуется профилактика или ремонт) и порождаемых ими диагностических параметров, достигших упреждающих или предельных величин, а также связей между теми и другими.

Анализ наиболее известных методов поиска неисправностей (табл.1) (исключения, временного, вероятностного, логического, стоимостного) показывает, что при объединении методов и последовательном взаимодействии на проверяемый объект происходит увеличение вероятности определения неисправности.

Таблица 1.

Методы поиска неисправностей транспортных средств

Методы \ Методы	Вероятностный 1	Временной 2	Исключения 3	Стоимостной 4	Логический 5
Вероятностный 1	Вероятностный	Время-вероятность	Вероятность-исключения	Вероятность-стоимость	Вероятностно-логический
Временной 2	Время-вероятность	Временной	Время-исключение	Время-стоимость	Время-логика
Исключения 3	Вероятность-исключения	Время-исключение	Исключения	Стоимость-исключение	Логическое исключение
Стоимостной 4	Вероятность-стоимость	Время-стоимость	Стоимость-исключение	Минимакс	Логически-стоимостной
Логический 5	Вероятностно-логический	Время-логика	Логическое исключение	Логически-стоимостной	Логический

1-1 Вероятностный метод – используя опытно-статистические данные, о функциональной зависимости параметров состояния в зависимости от наработки составной части или машины в целом, о возможных комбинациях симптомов и их связях с неисправностями для каждой неисправности устанавливают вероятность её возникновения и появления каждого симптома. По полученным материалам разрабатывают программу поиска данной неисправности, который ведут в порядке убывания вероятности возникновения различных отказов, характерных для данного симптома.

2-2 Временной метод - поиск осуществляют, исходя из минимального времени, затрачиваемого на проверку.

3-3 Метод исключения – основан на поочередном отключении рабочих звеньев механизма (например, цилиндров) позволяет, не проводя разборку и предварительную проверку выявить неисправность. Относится к прямому (контактному) методу (непосредственное измерение конструктивных параметров) [1].

4-4 Стоимостной метод – (минимакс) при выборе оптимальной последовательности поиска неисправностей важным условием становится – минимальная величина средней стоимости проверки. При использовании этого критерия стремятся к тому, чтобы максимальная стоимость поиска отказавшего элемента была наименьшей по сравнению с затратами, по-

лучаемыми при других методах проверки. Метод «минимакса» наиболее эффективен в тех случаях, когда простой автомобилей не отражаются на сроках выполнения работ.

5-5 Логический – основан на анкетировании водителя о косвенных признаках возникновения неисправности, событиях предшествовавших возникновению дефекта (прохождении технического обслуживания, перечне операций ТО, применяемых материалах при ремонте и эксплуатации, режиме работы машины и т. д.) и последующем анализе. Логический метод поиска неисправностей используют для сложных конструктивных элементов, позволяющий определять по внешним признакам предполагаемую неисправность. Такой метод не требует применения дополнительного диагностического оборудования, обладает невысокой трудоёмкостью, не требует от проводящего диагностирование высокой квалификации и специальных знаний, но обладает высокой зависимостью от человеческого фактора.

1-2, 2-1 Время-вероятность - актуальность этого метода проявляется при эксплуатации машин или механизмов в рамках задач ограниченных во времени. При одинаковой вероятности возникновения двух или более неисправностей, характерных для какого-либо симптома, поиск осуществляют, исходя из минимального времени, затрачиваемого на проверку. Или последовательность проверки устанавливают, исходя из времени, необходимого на выявление неисправности

1-3, 3-1 Вероятность-исключение на основе статистических данных о закономерностях изменения параметров состояния в зависимости от наработки составной части или машины в целом, устанавливают не только вероятность отказа, но и порядок проверки методом исключения. По полученным материалам разрабатывают программу поиска данной неисправности, который ведут в порядке убывания вероятности возникновения различных отказов, характерных для данного симптома.

1-4, 4-1 Вероятностно-стоимостной - поиск неисправности проходит по принципу минимальная стоимость при наибольшей вероятности, метод получается путем удешевления, и унификации метода при дефиците времени.

1-5, 5-1 Вероятностно-логический - Метод позволяет «видеть» информацию о состоянии большинства элементов системы одновременно в виде построения графика не прибегая к перебору проверок диагностических параметров элементов отдельно. Реализация данного метода предполагает установить на автомобиль систему самодиагностики для наиболее часто выходящих из строя элементов. Для дизельного двигателя таким элементом является топливная система высокого давления. Это объясняется в основном качеством используемого топлива.

На примере двигателя это будет выглядеть следующим образом. При обнаружении снижения мощности после проведения экспресс-диагностирования или по заявке водителя автомобиль направляется на диагностику двигателя. Согласно статистических данных максимальную вероятность возникновения отказов имеет топливная система, поэтому системой самодиагностики с помощью накладного тензодатчика производится контроль процесса работы топливной аппаратуры. Это позволяет сравнить течение реального процесса работы топливной системы с эталонным для этой модели. Информация о нарушении протекания процесса в том или ином элементе также может выводиться на дисплей в автоматическом режиме, что позволяет пользоваться прибором работнику не имеющего высокой квалификации в области диагностирования. Данный метод позволяет экономить время на поиск неисправности внутри топливной системы с любой вероятностью их возникновения, что качественно отличает предложенный метод от вероятностного. А также снижает влияния человеческого фактора по сравнению с логическим методом.

2-3, 3-2 Время-исключение - обеспечивается путем минимизации времени проведения поиска неисправности по методу исключения (например, оптимизацией методики или алгоритма поиска).

2-4, 4-2 Временно-стоимостной минимальное время и минимальная стоимость 1-5, 5-1 возможно при оборудовании внешней системы диагностирования (стационарные, переносные) [1], которая обслуживает несколько автомобилей.

2-5, 5-2 Временно-логический метод (“метод следящего контроля”) В целях ещё большего снижения затрат времени и средств на поиски неисправности при разработке программ - поисков следует принимать во внимание не только вероятность возникновения неисправности, но и время, затрачиваемое на выявление каждой из них при диагностировании [2, 3]. В этом случае последовательность проверки устанавливаются, исходя из отношения времени, необходимого на выявление неисправности, к вероятности появления этой неисправности. Поиск неисправности начинают с составных частей, для которых указанное отношение получается минимальным. При одинаковой вероятности возникновения двух или более неисправностей, характерных для какого-либо симптома, поиск осуществляют, исходя из минимального времени, затрачиваемого на проверку. Если отношение одинаково для поиска неисправностей с одинаковыми внешними признаками, то в этом случае поиск по методу «время-вероятность» неэффективен, т.к. он приводит к неопределённости, т.е. к случайному выбору последовательности поиска возникшей неисправности. Актуальность этого метода проявляется при эксплуатации машин или механизмов в рамках задач ограниченных во времени. В строительстве - период дефицита машин для выполнения работ, в сельском хозяйстве - период посевных или уборочных работ и т.д.

Так, например рассматривая автотранспортное предприятие как систему, неисправный элемент (автомобиль, автобус) выводят из транспортного процесса, заменяя его резервным. Неисправность автомобиля в данном случае может, обнаруживается либо при экспресс-диагностировании, либо при возникновении отказа при работе на линии, либо по заявке водителя. Данный метод учитывается при планировании транспортного процесса с учетом ненагруженного резервирования.

3-4, 4-3 Стоимость – исключение, достигается путем минимизации стоимости проведения поиска неисправности по методу исключения.

3-5, 5-3 Исключения по логическому методу, Поочередная проверка работоспособности звеньев механизма или узла с применением опроса по ключевым вопросам.

4-5, 5-4 Логически-стоимостной - максимальное удешевление логического метода диагностирования возможно, при оптимизации логического метода, то есть выявление определенной периодичности обслуживания, что снизит затраты на ТО и ТР.

Таблица 2.

Метод поиска неисправностей транспортных средств

Методы	Вероятностный	Временной	Исключения	Стоимостной	Логический
Методы	1	2	3	4	5
Вероятностный 1	<b>УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МЕ- ТОД ПОИСКА НЕИС- ПРАВНОСТЕЙ</b>				
Временной 2					
Исключения 3					
Стоимостной 4					
Логический 5					

Универсальный метод следящего контроля обладает преимуществом перед сочетаниями методов. Максимальное удешевление возможно при применении схемы аналогичной системы встроенного диагностирования. Это позволяет применять одну систему диагностирования на несколько автомобилей одного или нескольких классов и типов подвижного состава. Такая схема возможна как в стационарном, так и в мобильном варианте. При этом методе допустимо частичное размещение датчиков на труднодоступные узлы и агрегаты автомобиля.

Универсальный метод позволяет при использовании его на основе встроенных средств минимизировать вероятность возникновения неисправности путем своевременного отслеживания изменения контрольного параметра. В перспективе данный метод сможет охватывать все необходимые для контроля узлы и агрегаты автомобиля.

Если неисправность находится вне контролируемых датчиками параметров, то с помощью блока с базой данных система встроенного диагностирования позволит сократить время поиска неисправности.

Система анализирует полученную информацию и подтверждает связи между диагностическими параметрами и возможными нарушениями структурных параметров путем опроса водителя о косвенных признаках возникновения неисправности, событиях предшествовавших возникновению дефекта — прохождении технического обслуживания, перечне операций ТО, применяемых материалах при ремонте и эксплуатации, режиме работы машины, лимите времени на выполнение операции и т.д. Данная методика построения гипотезы позволяет существенно снизить возникновение ложных гипотез. С развитием технологий перечень средств диагностирования может добавляться в базу данных. Как видно в предлагаемом методе использованы все достоинства «логического» метода: низкие требования к квалификации диагностирующего, низкая стоимость средств диагностирования, а влияние возможных ошибок при построении гипотезы снижается.

На основании полученной информации на этом этапе определяются вероятные гипотезы – элементы двигателя, подозреваемые на отказ.

По завершении этапа выбора качественных признаков в системе происходит просмотр базы данных и формирование рабочего набора предполагаемых неисправностей, обеспечивающих решение задачи поиска неисправностей. После определения качественного признака следует определить причину неисправности.

Взаимодействие пользователя с системой происходит посредством последовательного предъявления пользователю заданий на проведение диагностических проверок. При этом пользователю доступна инструкция о технологии проведения проверки. По результату проверки пользователь выбирает вариант ответа в меню. Работа с меню производится аналогично тому, как это описано выше.

Работа системы заканчивается рекомендациями по устранению неисправности.

После обнаружения неисправности система предлагает пользователю решить вопрос о продолжении поиска. Если обнаруженная неисправность оказалась ошибочной или после восстановления неисправности работа двигателя не нормализовалась, рекомендуется продолжить поиск.

В случае недостатка знаний для поиска неисправностей или при поступлении от пользователя некорректной информации, система предлагает выйти в операционную систему или начать поиск заново.

Применение встроенного диагностирования позволит увеличить уровень эксплуатационной надежности автомобильного парка, снизить материальные и трудовые затраты на проведение технического обслуживания и ремонта автомобилей, уменьшить потребность в технологическом оборудовании и производственно-складских помещениях.

Основываясь на вышеуказанных преимуществах метода, возможно, существенно сократить время на поиск неисправностей, возникающих при эксплуатации подвижного состава и повысить оперативность диагностирования.

Предлагаемый метод позволит оперативно проводить диагностирование, по результатам которого автомобиль может направляться в ремонт, а неисправности с нетрудоемкими операциями восстановления могут проводиться на линии. Данный метод создает предпосылки к росту коэффициента технической готовности парка автомобилей, снижению элементов резервирования автомобилей, что позволит оптимизировать транспортный процесс, технико-экономические показатели автомобилей и автотранспортного предприятия.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аринин И.Н. Диагностирование технического состояния автомобилей. [Текст]: / И.Н. Аринин. – М.: Транспорт, 1978. – 176 с.
2. Бельских В.И. Диагностирование и обслуживание сельскохозяйственной техники. [Текст]: В.И. Бельских. – М.: Колос, 1980. – 575 с.
3. Лозовский В.Н. Надежность гидравлических агрегатов / В.Н. Лозовский М. Машиностроение, 1974. 320 с
4. Лянденбургский В.В. Сигнализатор технического состояния автомобилей на автотранспортном предприятии / Лянденбургский В.В., Родионов Ю.В., Иванов А.С., Симанчев Д.А.. // Мир транспорта и технологических машин. – Орел, 2010. № 4. С. 20-26.
5. Лянденбургский В.В. Вероятностно-логический метод поиска неисправностей автомобилей / Лянденбургский В.В., Тарасов А.И., Федосков А.В., Кривобок С.А.. // Мир транспорта и технологических машин. – Орел, 2011. № 4. С. 3-9.
6. Лянденбургский В.В. Техническая эксплуатация автомобилей. Диагностирование автомобилей. [Текст]: учебное пособие / В.В. Лянденбургский, А.А. Карташов, А.С. Иванов. – Пенза: ПГУАС, 2011. – 288 с.