

# ТЕХНОЛОГИИ, СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

DOI

УДК 621.865.8

## КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОБЛОКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ

**Экимов Петр Михайлович**, аспирант кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта», ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства».

440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.

E-mail: avto@pguas.ru

**Фахрутдинов Идель Ильдарович**, соискатель кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта», ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства».

440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.

E-mail: avto@pguas.ru

**Лянденбургский Владимир Владимирович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта», ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства».

440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.

E-mail: lvv789@yandex.ru

**Коновалов Владимир Викторович**, д-р техн. наук, проф. кафедры «Технология машиностроения», ФГБОУ ВО Пензенский ГТУ.

440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11.

E-mail: konovalov-penza@rambler.ru

**Ключевые слова:** автомобиль, диагностирование, коробка, алгоритм, автоматическая.

*Цель исследований – повышение эффективности контроля технического состояния автоматической коробки переключения передач за счет сокращения затрат труда на выявление ее неисправностей. Экспериментальные исследования проводились с целью сбора данных для формирования модели эксплуатационной надёжности коробки переключения передач. Вследствие несоответствия материально-технической базы ремонтных мастерских хозяйств используемым легковым автомобилям импортного производства, эксперименты по выявлению неисправностей автоматической коробки переключения передачи проводились с использованием оборудования дилерских центров марки Nissan в г. Пенза*

*и г. Москва, и материально-технической базе дилерского центра марки Infiniti в г. Самара. Так как возникновение неисправностей и их выявление происходит при движении автомобиля, то вследствие характера исследуемых данных целесообразно проведение активного эксперимента. Определить неисправное состояние автомобиля возможно за счет анализа результатов углубленного диагностирования и отслеживания текущих параметров при проведении ходовых испытаний автомобиля по штатным методикам проверки работоспособности автомобиля, что приведет к выявлению неисправного состояния коробки передач. Поэлементное выявление неисправностей возможно при совершенствовании алгоритма проверки коробки передач. Существующие алгоритмы не позволяют с наименьшими затратами определить неисправность в автомобиле. Предлагается на основе анализа изменить алгоритм диагностирования автоматической коробки передач автомобилей. В результате ходовых испытаний с помощью прибора Consult III+ выполнены измерения степени нажатия педали акселератора, изменения скорости движения автомобиля и частоты вращения коленчатого вала двигателя в зависимости от времени, изменения степени открытия дроссельной заслонки и давления в топливной магистрали высокого давления для выявления неисправного состояния гидроблока коробки переключения передач. Время измерения каждого из показателей не более 30 секунд. Имеющаяся система контроля не позволяет выявить отказ в работе коробки переключения передач. Определение*

*неисправности при не переключении передач в автомобиле требует разработки алгоритма с использованием обратной части.*

## **CONTROL OF TECHNICAL CONDITION OF HYDRAULIC UNIT OF AUTOMATIC TRANSMISSION**

**P. M. Ekimov**, Post-Graduate student of the Department «Operation of Road Transport», FSBEI HE «Penza State University of Architecture and Construction».

440028, Penza, Germana Titova street, 28.

E-mail: avto@pguas.ru

**I. I. Fakhrutdinov**, Applicant of the Department «Operation of Road Transport», FSBEI HE «Penza State University of architecture and construction».

440028, Penza, Germana Titova street, 28.

E-mail: avto@pguas.ru

**V. V. Lyandenburskii**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Operation of Road Transport», FSBEI HE «Penza State University of Architecture and Construction».

440028, Penza, Germana Titova street, 28.

E-mail: lvv789@yandex.ru

**V. V. Konovalov**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department «Engineering Technology», FSBEI HE Penza State Technological University.

440039, Penza, Baydukova travel/Gagarin street, 1A /11.

E-mail: konovalov-penza@rambler.ru

**Keywords:** car, diagnosis, gearbox, algorithm, automatic.

The purpose of the research is to increase the efficiency of monitoring the technical condition of the automatic transmission by reducing the cost of labor to identify its faults. Experimental studies were carried out to collect data in order to form a model of operational reliability of the gearbox. Due to the mismatch of material and technical base of repair workshops using cars imported, experiments on fault finding of automatic transmission gear was carried out using equipment of dealerships of the brand Nissan in Penza and Moscow, and logistical base dealer center of Infiniti in the city of Samara. Since the occurrence of faults and their detection occurs when driving, due to the nature of the studied data, it is advisable to conduct an active experiment. It is possible to determine the faulty condition of the car by analyzing the results of in-depth diagnosis and testing the current parameters during the driving control of the car according to the standard methods of checking the performance of the car, which will lead to the identification of the faulty condition of the gearbox. Item Troubleshooting is possible with the improvement of the algorithm checks of the transmission. Existing algorithms do not allow determining the fault in the car at the lowest cost. Based on the analysis, it is proposed to change the algorithm of diagnosing the automatic transmission of cars. As a result of trial running inspections with the help of the Consult III+ device, measurements were made of the degree of pressing the accelerator pedal, changes in the speed of the car and the speed of the engine crankshaft depending on time, changes in the degree of opening the throttle valve and the pressure in the fuel master of high pressure to identify the faulty state of the hydraulic unit of gearbox. The measurement time of each indicator can not exceed 30 seconds. The existing control system does not allow detecting the failure of the gearbox. Determining a fault when not changing gears in a car requires the development of an algorithm using the feedback form.

В сельскохозяйственном производстве для перемещения людей и грузов используют современные транспортные средства, как отечественные, так и импортные. При этом в настоящее время для изменения скорости автомобиля получили широкое распространение автоматические коробки переключения передач. В процессе эксплуатации автомобилей происходит износ элементов трансмиссии применяемых транспортных средств, что приводит к изменению их эксплуатационных свойств. Это ведет к толчкам и ударам при переключении передач или к прекращению движения автомобиля. Выявление неисправного состояния автомобиля, несмотря на обилие датчиков и систем автоматики, затруднено из-за несовершенства используемых приборов для контроля технического состояния, в частности это относится и к прибору *Consult III+*. Он не может в автоматическом режиме устанавливать причины неисправностей. Это связано, в том числе, и со сложностью конструктивного

исполнения автоматических коробок переключения передач. Основным элементом автоматической коробки переключения передач, выполняющим диспетчерские функции, является гидроблок (рис. 1), который включает в себя гидроплиту, состоящую из сложнейшей системы масляных каналов и соленоидов с датчиками, управляемыми электронным блоком с помощью электросигналов. На гидроплиту устанавливается блок клапанов. Клапаны гидроблока направляют потоки масла, идущие внутри коробки под давлением от масляного насоса к пакетам фрикционов для их сжатия и последующего переключения передач.

На гидроблок и его элементы приходится основная максимальная действующая нагрузка, поэтому чаще всего именно данный элемент выходит из строя. Основными причинами поломок могут служить: засорение внутренней полости гидроблока и загрязнения масла продуктами износа; нарушение герметичности или пропускной способности масляных каналов; перегрев масла и элементов конструкции; разрыв электрических цепей; нарушение работоспособности отдельных деталей гидроблока.

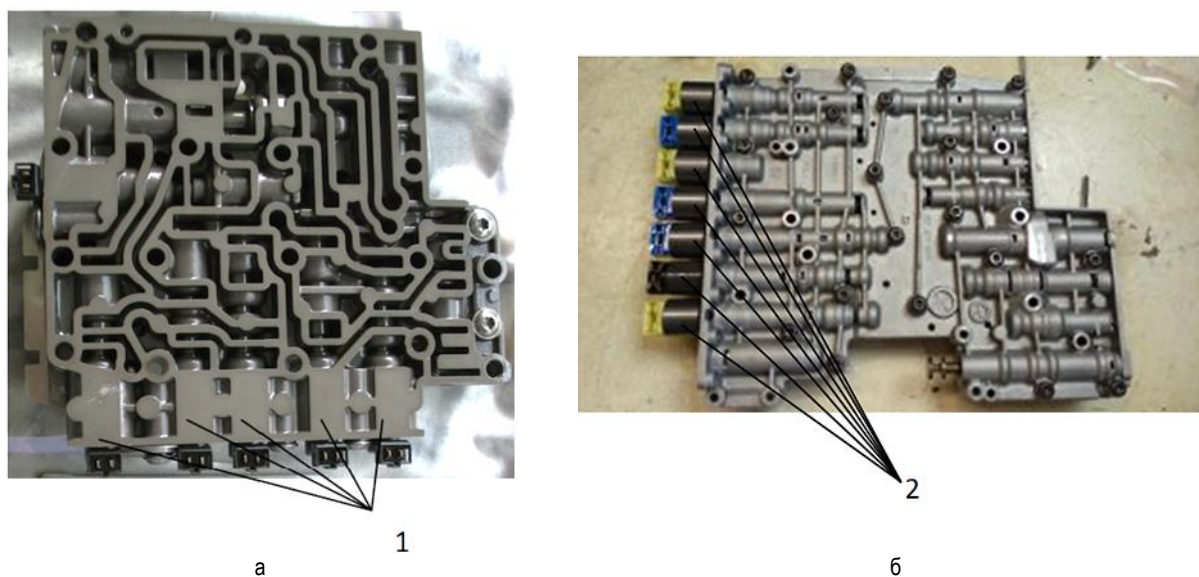


Рис. 1. Гидроблок:  
а – гидроплита; б – блок датчиков; 1 – соленоиды, 2 – датчики

Современные автоматические коробки передач постоянно усложняются за счет увеличения количества передач и совершенствования системы управления, что увеличивает их стоимость. В большинстве случаев демонтаж гидроблока не является сложным и затратным мероприятием. Гидроблок, как правило, расположен под картером в нижней части коробки передач. Для того чтобы его снять, не требуется полная разборка автоматической коробки переключения передач, однако имеется необходимость слива масла. После демонтажа гидроблока все масляные каналы промываются промывочной жидкостью для удаления металлической стружки и иных продуктов износа.

В процессе эксплуатации автотранспортных средств возникают неисправности коробки переключения передач, которые не выявляются с помощью бортовой системы контроля автомобиля. Существующая система контроля технического состояния автомобиля выявляет не весь полный перечень неисправностей. Для определения возникающих в процессе эксплуатации транспортных средств отказов необходимо разработать перечень мероприятий, позволяющих с меньшими затратами труда и средств производить профилактические работы.

**Цель исследований** – повышение эффективности контроля технического состояния автоматической коробки переключения передач за счет сокращения затрат труда на выявление ее неисправностей.

**Задачи исследований** – разработать алгоритм поиска неисправностей гидроблока автоматической коробки передач; выполнить ходовые испытания автомобиля и получить исходную информацию для выявления неисправного состояния автоматической коробки передач; на основе

полученной информации и опросной части водителя (мастера) выявить причины неисправностей автомобиля.

**Материалы и методы исследований.** Экспериментальные исследования проводились с целью сбора данных для формирования модели эксплуатационной надёжности коробки переключения передач [1, 2].

Вследствие несоответствия материально-технической базы ремонтных мастерских хозяйств используемым легковым автомобилям импортного производства, эксперименты по выявлению неисправностей автоматической коробки переключения передачи проводились с использованием оборудования дилерских центров марки Nissan в г. Пензе и г. Москве, и материально-технической базе дилерского центра марки Infiniti в г. Самаре.

Так как возникновение неисправностей и их выявление происходит при движении автомобиля, то вследствие характера исследуемых данных целесообразно проведение активного эксперимента. Определить неисправное состояние автомобиля возможно за счет анализа получаемых результатов выполняемого углубленного диагностирования и отслеживания текущих параметров с помощью прибора Consult III+ при проведении ходовых испытаний автомобиля по штатным методикам проверки работоспособности автомобиля (в качестве примера автомобили марки Nissan Patrol, Infiniti QX56/QX80), что приведет к выявлению неисправного состояния коробки передач. Поэлементное выявление неисправностей, в частности гидроблока коробки переключения передач, возможно при совершенствовании алгоритма проверки коробки передач.

**Результаты исследований.** Получение информации о техническом состоянии автомобиля требовало выполнения ряда операций для выявления параметров технического состояния коробки переключения передач. Для этого производилось подключение прибора к автомобилю и снимались показания во время ходовых испытаний. Прибором Consult III+ фиксировалось выполнение ряда действий и реакция автомобиля на их осуществление. Так, замерялась степень нажатия педали акселератора, изменение скорости движения автомобиля и частоты вращения коленчатого вала двигателя с течением времени, изменение степени открытия дроссельной заслонки и давления в топливной магистрали высокого давления с момента нажатия педали акселератора, бортовой системой контроля – мгновенный расход топлива. Нарушение штатного изменения реакции в виде несоответствующего положения дроссельной заслонки и величины давления в топливной магистрали высокого давления свидетельствуют о неисправности коробки переключения передач (КПП) или двигателя. Работоспособность двигателя при выключенной трансмиссии свидетельствует о неисправности коробки переключения передач.

На графиках (рис. 2-6) отражены показания контрольно-измерительных приборов в момент проявления неисправности. Точкой отсчета считается полоса, расположенная на временной шкале, соответствующей 0,01 секунды. Диагностический прибор имеет возможность выводить на экран и сохранять параметры длительно в 30 секунд с изменением соотношения до или после режима контроля. В данном случае записывались 12 секунд до включения режима контроля со знаком минус, и 18 секунд после включения режима контроля со знаком плюс.

При нажатии на педаль акселератора на экране прибора (рис. 2) отражается график степени нажатия педали акселератора (Д, доли от 0 до 8) с течением времени (t, с).

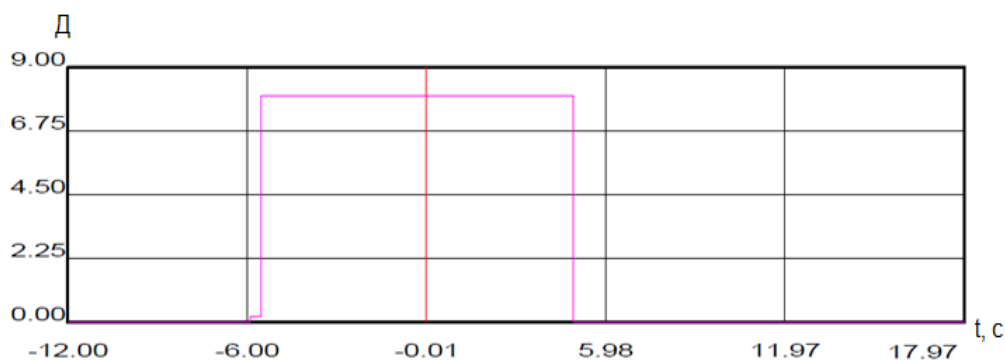


Рис. 2. График изменения степени нажатия педали акселерометра Д (доли) с течением времени t (с)

При резком ускорении автомобиля должно происходить переключение КПП с третьей на вторую (предшествующую) передачу, и затем ускорение автомобиля до скорости 138 км/ч, с автоматическим переключением на следующую (повышенную) передачу.

При этом прибором производится фиксирование изменения скорости движения автомобиля (рис. 3).

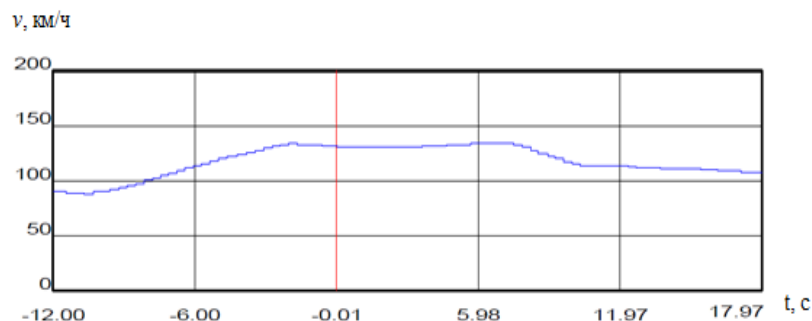


Рис. 3. График изменения скорости автомобиля

В случае нормальной работы агрегатов автомобиля скорость движения постоянно возрастает до 140 км/ч, после чего происходит переключение на четвертую передачу.

При неправильной работе автоматической коробки переключения передач не происходит постоянного возрастания скорости и частоты вращения (рис. 4). Так, на рисунке 4 видно, что после набора частоты вращения коленчатого вала двигателя до 6000 мин<sup>-1</sup>, происходит падение частоты до 2000 мин<sup>-1</sup>. Причиной снижения оборотов двигателя является падение давления топлива и закрытие дроссельной заслонки.

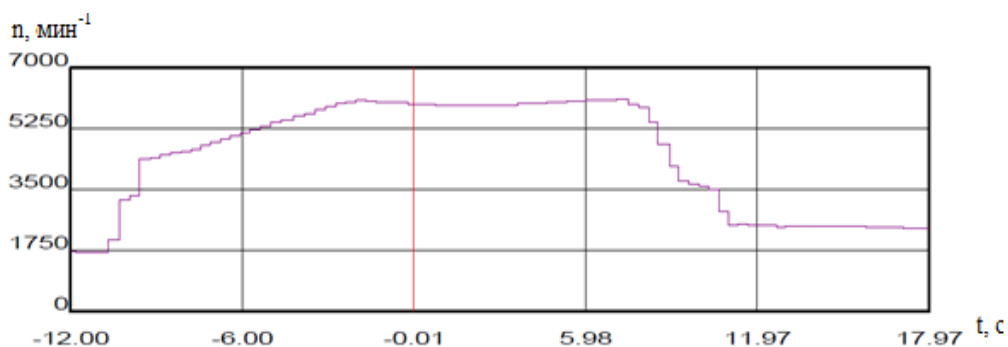


Рис. 4. График изменения оборотов ДВС

При нажатии педали акселератора дроссельная заслонка соответственно открывается (рис. 5). При наборе 6200 мин<sup>-1</sup> должно происходить включение четвертой передачи. Но электронный блок управления снижает степень открытия дроссельной заслонки. Отсутствие сигнала на переключение передачи с третьей на четвертую при снижении степени открытия дроссельной заслонки приводит к снижению частоты вращения коленчатого вала двигателя.

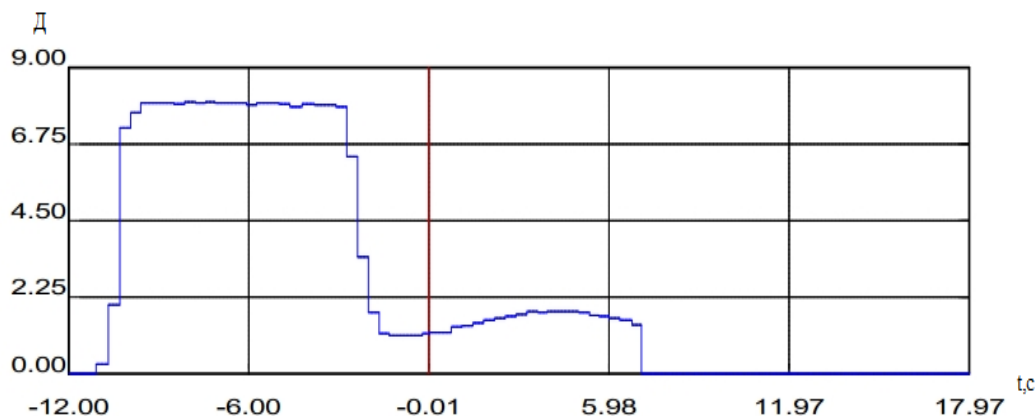


Рис. 5. График, отражающий степень открытия дроссельной заслонки

Пропорционально положению дроссельной заслонки происходит изменение давления в топливной магистрали (рис. 6). Далее возможен новый цикл проведения испытаний.

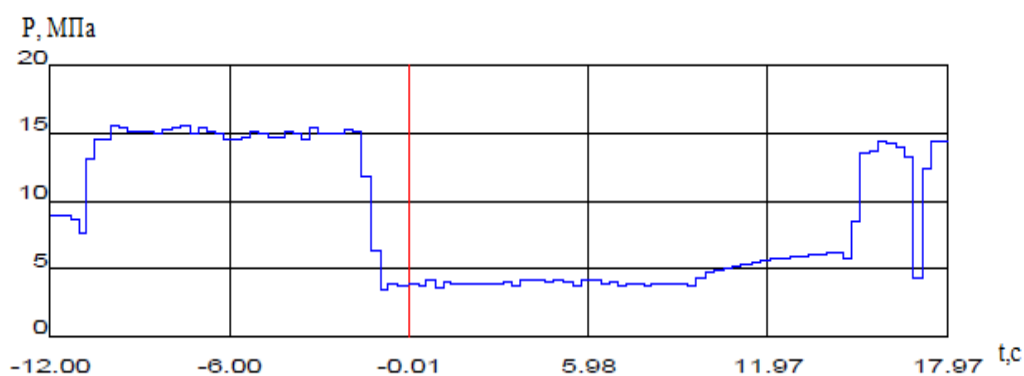


Рис. 6. График изменения давления топлива в зависимости от времени

В случае проведения съема информации при разгоне автомобиля при проведении стендовых испытаний от старта до максимально возможной скорости возможна проверка системы управления на всех передачах. Запись длительности разгона на всех передачах и сравнение с нормативными величинами позволяет оценить мощностные характеристики двигателя при использовании топлива, рекомендуемого заводом изготовителем. Стабильные мощностные показатели двигателя и резко выделяющееся (завышенное) время разгона на одной из передач свидетельствуют о неисправности конкретной передачи и потребности контроля технического состояния КПП.

С учетом приведенного описания работы прибора и полученных исходных данных, а также сравнения их с нормативными значениями, производится заключение о работоспособности/неработоспособности агрегата автомобиля, и с помощью опросной части определяется причина неисправности.

Для выявления неисправности автоматической коробки переключения передач, а именно при не переключении передачи при нажатой педали газа, после проведения анализа диагностической информации был сформирован алгоритм (рис. 7), целью работы которого является выявление исследуемых неисправностей.

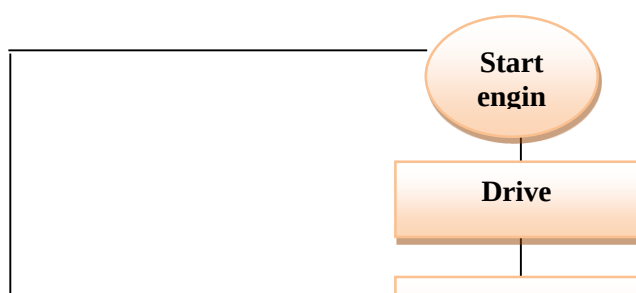




Рис. 7. Алгоритм работы гидроблока автоматической коробки переключения передач

На рисунке 7 обозначены: Start engine – пуск двигателя; Drive – параметр, отслеживающий переключение селектора автоматической коробки переключения передач в положение «D»; Speed – параметр, отображающий текущую скорость автомобиля; Gear – параметр, отображающий текущую передачу автомобиля; Accsel sensor – параметр, отражающий степень нажатия педали акселератора; Shift pattern – параметр, отражающий переключение передач; LOG – отчет, содержащий детализированную запись параметров; CHECK GEARBOX – сообщение о наличии неисправности автоматической коробки переключения передач и необходимости ее диагностирования с учетом записанных параметров.

Последовательность работы данного алгоритма заключается в контроле показателей контрольно-измерительных приборов и их соответствия техническим условиям (ГОСТ Р 51709-2001. Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и условия проверки; ГОСТ 26-003-80 ЕССП. Система интерфейса для измерительных устройств с байт-последовательным и бит-параллельным обменом информацией; ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика. Термины и определения).

Приведенный алгоритм предназначен для выявления неисправности автоматической коробки переключения передач (АКПП). Он осуществляет свою работу путем сравнения нормативных показаний контрольно-измерительных приборов автомобиля с показаниями, полученными при проведении эксперимента.

В случае, если интенсивный разгон с записью всех упомянутых выше параметров не приводит к переключению передачи, и параметр Shift pattern (переключение передач) будет иметь значение «3», после чего параметр Gear ratio (текущая передача) не изменится на «4» и будет иметь значение, равное «3», следует считать, что неисправность проявилась.

Подобные испытания следует проводить при появлении случаев не переключения передач. Для ускорения анализа результатов по выявлению неисправностей элементов гидроблока целесообразно применение опросной части в бортовой системе контроля управления двигателем и



трансмиссией [8-10], которая позволит определить неисправность без усложнения системы контроля за счет введения датчиков в места возможного выхода из строя элементов трансмиссии. Тем самым простое использование системы в виде опроса водителей (рис. 8.) приведет к определению сопутствующих отказов и неисправностей трансмиссии.

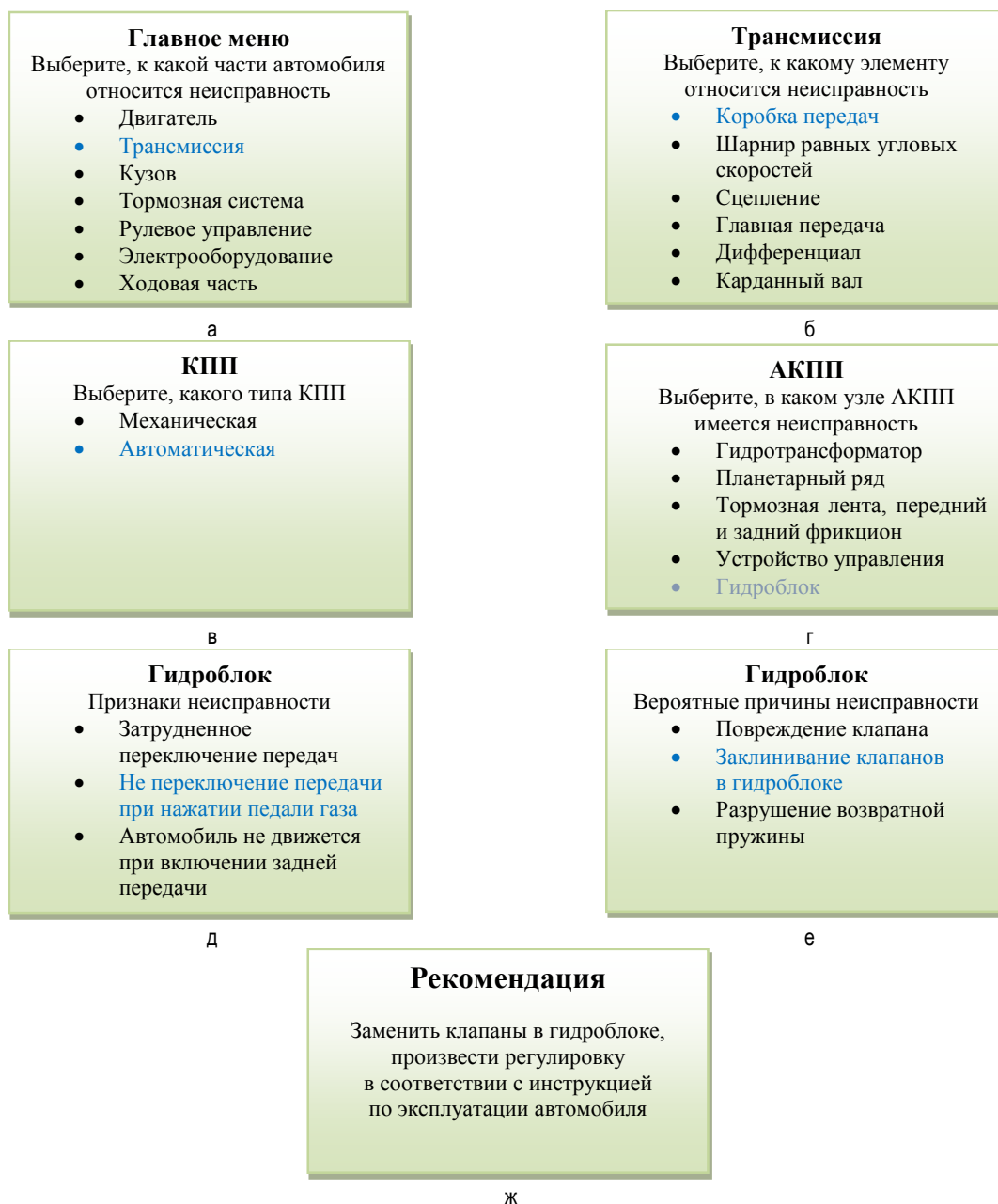


Рис. 8. Окна программы бортовой системы диагностирования:  
а – главное меню; б – выбор системы автомобиля; в – выбор типа КПП; г – выбор элемента АКПП;  
д – характер неисправности; е – причины неисправности; ж – рекомендации

При этом будет сформирован полный диагностический отчет, состоящий из показаний контрольно-измерительных приборов, указанных выше. Также на панели приборов будет высвечиваться световой индикатор, отражающий неисправность автоматической коробки переключения передач.

**Закключение.** В результате проведения исследований получены следующие результаты: установлены параметры, при которых по истечению времени более 12 секунд не происходит переключение передач, а именно степень нажатия педали акселератора (8 из 8), скорость автомобиля (138 км/ч), число оборотов двигателя (6200 мин<sup>-1</sup>), степень открытия дроссельной



заслонки изменяется в момент проявления неисправности на 10 секунде и на 13 секунде падает с 8/8 до 2/8, давление в топливной магистрали высокого давления изменяется с 15 МПа до 4,8 МПа, что свидетельствует об адаптации системы управления к равномерному движению в следствии заклинивании клапанов в гидроблоке.

На основании замеров работы системы контроля автомобиля при выполнении определенных воздействий выявляется реакция системы на указанные мероприятия. Предлагаемый аналитический блок позволяет производить анализ полученных данных на основе сравнения с нормативными показателями, и с учетом разработанного алгоритма решений выявить причины отказа гидроблока автоматической коробки переключения передач.

#### Библиографический список

1. Лянденбургский, В. В. Контроль неисправностей автоматической коробки передач / В. В. Лянденбургский, Н. Б. Борисов, П. М. Экимов // Бюллетень транспортной информации. – 2017. – № 10. – С. 16-19.
2. Лянденбургский, В. В. Ходовые испытания автоматической коробки передач / В. В. Лянденбургский, П. М. Экимов // Бюллетень транспортной информации. – 2018. – № 1(271). – С. 21-26.
3. Бажин, О. А. Исследование переключения передач электромеханической автоматической коробкой передач автомобиля «Toyota Corolla» при испытании на стенде ВолгГТУ / О. А. Бажин, А. А. Долотов, В. И. Липилин [и др.] // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2010. – Т. 3, № 10 (70). – С. 23-26. – (Серия «Наземные транспортные системы»).
4. Плотников, М. Н. Аппаратурное обеспечение экспериментальных исследований различных стилей торможения на автомобиле с автоматической коробкой передач / М. Н. Плотников, Д. И. Дик // Вестник Курганского государственного университета. – 2008. – № 13. – С. 39-41. – (Серия «Технические науки»).
5. Мадорский, Л. В. Поиск неисправностей в автоматических коробках передач // Транспорт-2015 : сб. тр. Международной науч.-практ. конф. – Ростов-на-Дону : Ростовский государственный университет путей сообщения. – 2015. – С. 222-224.
6. Мишин, С. В. Современные методы диагностирования гидроблока автоматической коробки передач / С. В. Мишин, В. В. Повтарев, П. В. Тихомиров // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3, № 5-3 (16-3). – С. 59-62.
7. Эвиев, В. А. Методология повышения эффективности функционирования тяговых и тягово-приводных агрегатов за счет оптимизации эксплуатационных режимов : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.20.01 / Эвиев Валерий Андреевич. – СПб., 2005. – 34 с.
8. Экспертные системы. Принципы работы и примеры / А. Брукинг, П. Джонс, Ф. Кокс [и др.] ; под ред. Р. Форсайта ; пер. с англ. – М. : Радио и связь, 1987. – 224 с.
9. Александровская, Л. Н. Современные методы обеспечения безотказности сложных технических систем / Л. Н. Александровская, А. П. Афанасьев, А. А. Лисов. – М. : Логос, 2001. – 208 с.
10. Лянденбургский, В. В. Анализ и перспективы встроенных средств диагностирования автомобилей : монография / В. В. Лянденбургский, Г. И. Шаронов, М. В. Нефедов. – Lambert Academic Publishing, 2014. – 308 с.

#### References

1. Lyandenbursky, V. V., Borisov, N. B., & Ekimov, P. M. (2017). Kontrol Neispravnostei avtomaticheskoi korobki peredach [Fault check of the automatic transmission]. *Byulleten transportnoi informacii – Bulletin of Transport Information*, 10, 16-19 [in Russian].
2. Lyandenbursky, V. V., & Ekimov P. M. (2018). Hodoviiie ispytaniia avtomaticheskoi korobki peredach [Running tests of an automatic transmission]. *Byulleten transportnoi informacii – Bulletin of Transport Information*, 1 (271), 21-26 [in Russian].
3. Bazhin, O. A., Dolotov, A. A., Lipilin, V. I., Prytkov, V. N., Salykin, E. A., Hodes, I. V., & Shelukhin, S. V. (2010). Issledovanie perekliucheniia peredach elektromekhanicheskoi avtomaticheskoi korobok i peredach avtomobiliia «Toyota Corolla» pri ispitanii na stende Volg GTU [The study of the shift of the electromechanical automatic transmission of the car «Toyota Corolla» when tested at the stand of VSTU]. *Izvestiya VolgGTU – Izvestiya VSTU* 3, 10 (70), 23-26 [in Russian].
4. Plotnikov, M. N., & Dick, D. I. (2008). Apparaturnoie obespecheniie eksperimentalnih issledovani i razlichnikh stilei tormozheniia na avtomobile s avtomaticheskoi korobkoi peredach [Hardware support of experimental studies of various braking styles on a car with an automatic transmission]. *Vestnik Kurganskogo gosudarstvennogo universiteta – Vestnik of Kurgan state university*, 13, 39-41[in Russian].

5. Madorsky, L. V. (2015). Poisk neispravnosti v avtomaticheskikh korobkah peredach [Troubleshooting in automatic transmissions]. *Transport-2015 15': materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii – Materials of the International scientific-practical conference*. (pp. 222-224). Rostov-na-Donu [in Russian].
6. Mishin, S. V., Povtarev, V. V., & Tikhomirov, P. V. (2015). Sovremenniiye metody diagnostirovaniia gidrobloka avtomaticheskoi korobki peredach [Modern methods of diagnosing a hydraulic unit of an automatic transmission]. *Aktualiniie napravleniia nauchnih issledovaniy XXI veka: teoriia i praktika – Actual areas of scientific research of the XXI century: theory and practice*, 3, 5-3 (16-3), 59-62 [in Russian].
7. Eviev, V. A. (2005). Metodologiya povisheniia effektivnosti funkcionirovaniia tiagovikh i tiagovo-privodnih agregatov zaschet optimizatsii i ekspluatatsionnikh rezhimov [Methodology of improving the performance of traction and traction drive units by optimizing the operating modes]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Sankt-Peterburg [in Russian].
8. Bruking A., Dgons P., Koks F. & et. al (1987). Ekspertniiesistemy. Princip i raboti i primeri [Expert systems. Principles of work and examples]. Moskow: Radio and Communication [in Russian].
9. Aleksandrovskaya, L. N., Afanasyev, A. P., & Lisov, A. A. (2001). Sovremenniiye metody obespecheniia bezotkaznosti slozhnih tekhnicheskikh sistem [Modern methods of ensuring the reliability of complex technical systems]. Moskow: Logos [in Russian].
10. Lyandbursky, V. V., Sharonov, G. I., & Nefedov M. V. (2014). Analiz i perspektiv i vstroennih sredstv diagnostirovaniia avtomobilei [Analysis and perspectives of built-in vehicle diagnostics]. Lambert Academic Publishing [in Russian].