

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

С. А. Голякевич, С. Н. Пищов

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛЕСНОМ КОМПЛЕКСЕ

*Рекомендовано
учебно-методическим объединением
по образованию в области природопользования
и лесного хозяйства в качестве учебно-методического пособия
для студентов учреждений высшего образования
по специальностям
1-36 05 01 «Машины и оборудование лесного комплекса»
специализации 1-36 05 01 01 «Машины и оборудование
лесной промышленности», 1-46 01 01 «Лесоинженерное дело»*

Минск 2018

УДК 630*37:004(075.8)

ББК 43.904я73

Г63

Р е ц е н з е н т ы:

кафедра моделирования и проектирования УО «Белорусский
государственный аграрный технический университет»

(кандидат педагогических наук,

доцент, заведующая кафедрой *Н. Г. Серебрякова*);

доктор технических наук, профессор, заведующий
кафедрой «Тракторы» Белорусского национального

технического университета *В. П. Бойков*

Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или ее части не может быть осуществлено без разрешения учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».

Голякевич, С. А.

Г63 Информационные технологии в лесном комплексе : учеб.-метод. пособие для студентов специальностей 1-36 05 01 «Машины и оборудование лесного комплекса» специализации 1-36 05 01 01 «Машины и оборудование лесной промышленности», 1-46 01 01 «Лесоинженерное дело» / С. А. Голякевич, С. Н. Пищов. – Минск : БГТУ, 2018. – 125 с.

ISBN 978-985-530-695-6.

Рассмотрены вопросы применения информационных технологий и средств автоматизации в лесном комплексе. Детально описаны конструкции и принципы действия мехатронных систем, используемых в многооперационных лесозаготовительных машинах.

Издание будет полезным студентам, магистрантам, аспирантам, сотрудникам научно-исследовательских институтов и инженерно-техническим работникам лесозаготовительных и машиностроительных предприятий.

УДК 630*37:004(075.8)

ББК 43.904я73

ISBN 978-985-530-695-6

© УО «Белорусский государственный
технологический университет», 2018

© Голякевич С. А., Пищов С. Н., 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
1. СТРУКТУРА ИНФОРМАТИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОГО И ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА	5
1.1. Общая структура информатизации лесного комплекса и направления дальнейшего развития	5
1.2. Системы геопозиционирования в лесном комплексе	14
2. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ МНОГООПЕРАЦИОННЫХ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ МАШИН	17
2.1. Электронные системы управления технологическим оборудованием харвестеров. Общее устройство и назначение	17
2.2. Измерительное оборудование харвестерной головки Конструкция. Калибровка. Диагностика	30
2.2.1. Конструкция	30
2.2.2. Калибровка	35
2.2.3. Диагностика	37
2.3. Автоматизация процесса раскряжевки харвестером	46
2.4. Гидравлические системы управления технологическим оборудованием лесозаготовительных машин	50
2.4.1. Устройство	50
2.4.2. Настройка гидравлических компонентов	55
2.4.3. Диагностика гидравлических систем	56
2.5. Локальные сети лесозаготовительных машин. Шина CAN. Принципы функционирования и диагностика	62
2.6. Активные системы самовыравнивания	72
3. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БАЗОВЫМ ШАССИ	76
3.1. Бортовые системы диагностики OBD-II и EOBD	76
3.2. ESP – электронная стабилизационная программа	79
3.3. Аккумуляторные топливные системы Bosch Common Rail	100
3.4. Система рециркуляции отработавших газов EGR	108
3.5. Общие сведения о блоках управления	119
ПРИЛОЖЕНИЕ	121
ЛИТЕРАТУРА	124

ПРЕДИСЛОВИЕ

Неотъемлемой частью процесса развития лесного комплекса страны на современном этапе является возможность лесозаготовителей располагать информацией о распределении характеристик лесного фонда, транспортно-логистических путях его освоения, объемах заготовленной древесины и ее потенциальных потребителях. Вопросы программного и аппаратного обеспечения указанного процесса, способы сбора, интерпретации, анализа и использования необходимой информации изучаются студентами специальности 1-46 01 01 «Лесоинженерное дело» в рамках дисциплины «Информационные технологии в отрасли». Для своевременной и точной реализации созданных лесозаготовительных технологий, согласованной и безотказной работы машин специалистам лесного комплекса необходимы сведения о текущем положении и техническом состоянии эксплуатируемых машин, их технических характеристиках, производительности, экономичности и др. Ввиду высокой стоимости простоя современных многооперационных лесных машин специалист должен уметь оперативно определить причину возникновения неисправности и способы ее устранения, в том числе прибегая к использованию средств компьютерной диагностики. Данные вопросы изучаются студентами специальности 1-36 05 01 «Машины и оборудование лесного комплекса» в ходе дисциплины «Автоматизированные системы управления и диагностики лесных машин и оборудования».

Содержание отмеченных дисциплин тесно переплетается, что определило изложение материала в едином учебно-методическом пособии, которое структурно разделено на 3 основных раздела. В первом разделе приводится структура информатизации лесохозяйственного и лесопромышленного производства на современном этапе развития и пути ее дальнейшего совершенствования. Проводятся сравнения с зарубежным опытом реализации подобных информационных систем. Рассматриваются актуальные вопросы электронного учета древесины. Второй и третий разделы посвящены системам управления лесозаготовительными машинами: базовым шасси и технологическому оборудованию. Излагается анализ их конструкции, порядок настройки, диагностики и устранения неисправностей.

1 СТРУКТУРА ИНФОРМАТИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОГО И ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

1.1. Общая структура информатизации лесного комплекса и направления дальнейшего развития

Структура информатизации и автоматизации лесозаготовительного производства Республики Беларусь постоянно развивается и дополняется. В перспективе все существующие и создаваемые компоненты должны быть объединены в единую государственную автоматизированную информационную систему (ЕГАИС). Среди используемых в настоящее время программно-информационных комплексов следует отметить следующие наиболее распространенные:

- географическая информационная система FORMOD (ГИС FORMOD). Ее разработку и сопровождение осуществляет РУП «Белгослес». Система базируется на географической информационной системе MAPInfo, предназначенной для сбора, хранения, отображения, редактирования и анализа пространственных данных. Коммерческим аналогом ГИС FORMOD является ГИС Formar, разрабатываемая и поддерживаемая НП ОДО «Бел-инвестлес»;

- ГИС Formar. Предназначена для управления лесным фондом лесохозяйственных предприятий на уровне лесничества и лесхоза. Она используется для внесения текущих изменений и учета лесного фонда, текущего планирования лесохозяйственных мероприятий (рубок леса, лесовосстановления, охраны лесов, лесозащиты и т. д.), подготовки лесосечного фонда и др. (разработка и сопровождение НП ОДО «Белинвестлес»);

- поведельный банк данных «Лесной фонд Республики Беларусь» (разработка и сопровождение – РУП «Белгослес»);

- ГИС «Лесные ресурсы» (разработка и сопровождение – РУП «Белгослес») дает возможность одновременной работы с картографической и поведельной базами данных;

– автоматизированное рабочее место «Лесопользование» (АРМ «Лесопользование»). Его основным функционалом является расчет материально-денежной оценки лесосек и выписка лесорубочного билета. АРМ «Лесопользование» наряду с АРМ «Предприятие» и АРМ «Лесоразведение» является действующей структурной составляющей информационной системы управления лесным хозяйством (ИСУЛХ) – интегрированной отраслевой автоматизированной системы управления, разрабатываемой для лесохозяйственных предприятий, учреждений управления лесным хозяйством всех уровней и форм собственности. Целевое назначение ИСУЛХ – комплексное информационное обеспечение деятельности всех управлений Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь сведениями, позволяющими организовывать и поддерживать режимы рационального использования всех видов ресурсов, вовлекаемых в лесохозяйственное производство (разработка и сопровождение ИСУЛХ – совместно УО «БГТУ» и РУП «Белгослес»);

– ГИС «Лес». Является некоторой эволюцией ГИС FORMOD и реализует принципы непрерывного лесоустройства. Она построена на базе MAPInfo и СУБД Oracle. Основные функции системы: отвод лесосек и текущие изменения данных о лесном фонде лесхозов (разработка и сопровождение – РУП «Белгослес»);

– 1С «Лесное хозяйство». Является расширением для нужд лесного хозяйства системы 1С «Предприятие» (1С «Бухгалтерия»), предназначенной для автоматизации бухгалтерского и налогового учета, включая подготовку регламентированной отчетности в организации (разработка и сопровождение – РУП «Белгослес»);

– системы автоматизированного управления харвестерами: Motomit IT и Prolog (устанавливаются на харвестерах производства ОАО «Амкодор» – управляющая компания холдинга), MaxiXplorer (Komatsu), Opti (Ponsse), Timbermatik (John Deere) и др. Полный функционал систем автоматизированного управления харвестером зависит от конкретного производителя, но в общем случае предполагает возможности прогнозирования и контролирования процесса автоматизированной раскряжевки ствола, электронного учета заготовленной древесины и предоставления отчета на электронном и бумажном носителе, оптимизации работы

машины для достижения большей производительности и экономичности работы.

Существенными недостатками имеющихся средств автоматизации и информатизации являются: недостаточный функционал, незадействованность во многих лесохозяйственных и лесозаготовительных работах и отсутствие достаточной структурной связанности. В результате постоянно разрабатываются и внедряются новые программно-аппаратные комплексы, устраняющие данные недостатки, а также модернизируются существующие.

В настоящее время проходит процедуру разработки и согласования с заинтересованными ведомствами «Информационная система учета древесины».

Электронные системы учета древесины, работа которых регламентируется требованиями органов государственного управления, уже имеются в Российской Федерации, Польше, Украине и Канаде. Данные системы позволяют собирать информацию о сделках с древесиной в круглом виде и таким образом отслеживать ее по всей цепочке поставок до переработки или вывоза из страны.

Так, для учета заготовленной древесины в Швеции создана специальная независимая организация по учету сделок с древесиной на национальном уровне Skogsbrukets Datacentral (SDC). Основные направления работы организации: IT-услуги по учету движения древесины на основе современных информационных технологий управления цепью поставок древесного сырья.

Технологически система учета представляет собой централизованное хранилище информации о сделках между владельцами древесины, ее покупателями, перевозчиками, лесопильными заводами и независимыми организациями, осуществляющими обмер и определение качества древесины. Основа системы – система учета древесины VIOL, работающая в on-line режиме через сеть Internet, т. е. она доступна на территории всей страны и за ее пределами. Система служит для сбора, накопления, обработки данных и получения объективной картины по операциям с древесиной в Швеции. Использование системы не является обязательным, но она востребована 99% шведских лесных компаний. Ее применение дает следующие преимущества пользователям: извлечение финансовой выгоды за счет пользования информацией системы, объективная, не предвзятая оценка объектов сделки, основывающаяся

на измерениях независимыми организациями и ведении централизованного учета.

Центральное место в информационной системе учета древесины занимает виртуальный документ «Заказ на древесину». Этот документ предназначен для идентификации происхождения древесины и отслеживания пути ее следования из леса в деревообработку. Имеет уникальный идентификационный номер для каждой бизнес-транзакции (сделки с древесиной).

В Швеции выполняется маркировка партии лесопроductии – специальная этикетка из плотной бумаги прикрепляется на штабель. На этикетке нанесен код документа «Заказ на древесину», код покупателя, код потребителя и перевозчика лесопроductии.

Практически вся заготовка древесины Швеции выполняется многооперационными машинами. Для целей учета объема лесозаготовки на отдельной лесосеке, расчета заработной платы оператора харвестера используются данные измерительной системы харвестера.

В соответствии с требованиями законодательства измерительная система харвестерной головки должна проходить процедуру калибровки дважды в неделю, чтобы обеспечить необходимый уровень точности разделки ствола дерева, подстройки динамической системы определения сбегания ствола для рациональной разделки, определения объема сортиментов и объема заготовки древесины.

По номеру документа «Заказ на древесину» может быть отслежена вся цепь поставки лесопроductии. Лесопроductия вывозится лесовозом на деревообрабатывающее предприятие, где по номеру определяется источник ее происхождения, производится замер объема поставленной проductии и определение его качества (древесина может поставляться на лесозавод от нескольких потребителей). Система учета позволяет контролировать всю цепь поставки, даже если она включает промежуточных покупателей древесины.

Поскольку заготовка древесины ведется машинами, учет ее проводится непосредственно в лесу (на стадии заготовки) на основании информации из компьютеров многооперационных машин. Товаросопроводительные документы максимально упрощены. Системы учета древесины автоматизированы и установлены на входе сортировочных линий деревообрабатывающих производств.

В Финляндии крупными компаниями применяются современные технологии, которые позволяют операторам машин управлять процессом заготовки и раскряжевывать хлысты в соответствии с требованиями деревообрабатывающих производств. Объекты рубок нанесены на лесные карты в ГИС. Геоданные границ лесосек заносятся в память компьютера харвестера. Предприятие по переработке древесины может указать желаемые размеры сортиментов (равно как и нежелаемые размеры) в разрезе пород и сортов и передать их в компьютер харвестера дистанционно. Оператор харвестера производит заготовку древесины в соответствии с поступившим заказом, основываясь на результатах замеров измерительной системы машины и расчетов бортового компьютера. Затем данные о количестве и ассортименте заготовленной древесины могут быть переданы обратно на лесоперерабатывающее предприятие в режиме on-line. Система также имеет функции по ведению учета вывозки древесины с каждой лесосеки.

В Германии система учета лесов состоит из двух компонентов, решающих разные задачи: национальная инвентаризация лесов всей страны (инвентаризация лесов вне зависимости от собственника и «лесофондодержателя»); лесоустройство лесов отдельного лесовладельца для целей лесопользования, данные которого являются основой последующих планов лесопользования.

Маркировка заготовленных лесоматериалов различается в каждой федеральной земле. В целом маркировка состоит из указания сорта и диаметра. Частные лесовладельцы иногда применяют свою собственную систему маркировки (например, использование пластиковых бирок). Имеется опыт поштучной маркировки качественных сортиментов с применением чипов радиочастотной идентификации RFID и фотометрической съемки штабелей лесоматериалов.

В Чили, Бразилии и других латиноамериканских странах используется автоматизированная система сканирования пачек сортиментов на лесовозах Logmeter 4000 (Woodtech, Чили) для определения объема древесины. В основе системы лежит лазерное сканирование и математические алгоритмы расчета объема.

Даже при высокой квалификации персонала учет лесоматериалов может сопровождаться погрешностями, достигающими $\pm 10\text{--}15\%$. Это приводит к конфликтам между заинтересованными лицами. Поэтому в некоторых странах с развитым уровнем

лесозаготовок продавцы и покупатели древесины используют услуги независимых организаций по учету лесоматериалов. В Швеции (VMF Nord, VMF Qbera, VMF Syd, Wermlandska IMF) и Норвегии (более 75 измерительных станций) работают независимые ассоциации по измерениям (сортировке) лесоматериалов. В США такие организации называют «независимые бюро» (как правило, они обслуживают отдельные районы страны (Columbia River Log Scaling & Grading Bureau и др.)). Этот опыт успешно заимствуют страны Балтии (Lithuanian association of impartial timber scalers (Литва) и др.), Финляндия. Крупные целлюлозные предприятия России также привлекают независимые экспертные организации (ЗАО НЭК, Санкт-Петербург и др.).

Основные потенциальные возможности системы учета древесины, разрабатываемой в Республике Беларусь, потенциальный масштаб применения и необходимые изменения для ее реализации приведены на схеме рис. 1.1.

Информационная система учета древесины обменивается информацией со следующими системами: «Автоматизация учета древесины на предприятии» (платформа 1С), АРМ «Лесопользование» и «Слежение за перемещением транспорта». При этом система слежения за перемещением транспорта как компонент логистической информационной геосистемы и информационной системы учета древесины в настоящий момент разрабатывается.

Концептуально в ее основе будет использован дублированный способ определения географического положения машин посредством совместной навигации GPS и ГЛОНАСС (подразд. 1.2). Она позволит контролировать маршрут движения транспортных средств с потенциальной возможностью передачи данных о текущем их состоянии: скорости движения, расходе топлива, времени в пути. Это исключит вероятность несанкционированного изменения маршрута и забора топлива, простоев техники, чрезмерной утомляемости водителей. Данные о работе системы будут формироваться в виде электронного отчета.

Обобщенная схема интеграции системы учета древесины и контроля за ее перемещением в разрезе информационных потоков между субъектами производства и потребления лесоматериалов в отраслевую информационную среду (ЕГАИС) представлена на рис. 1.2.

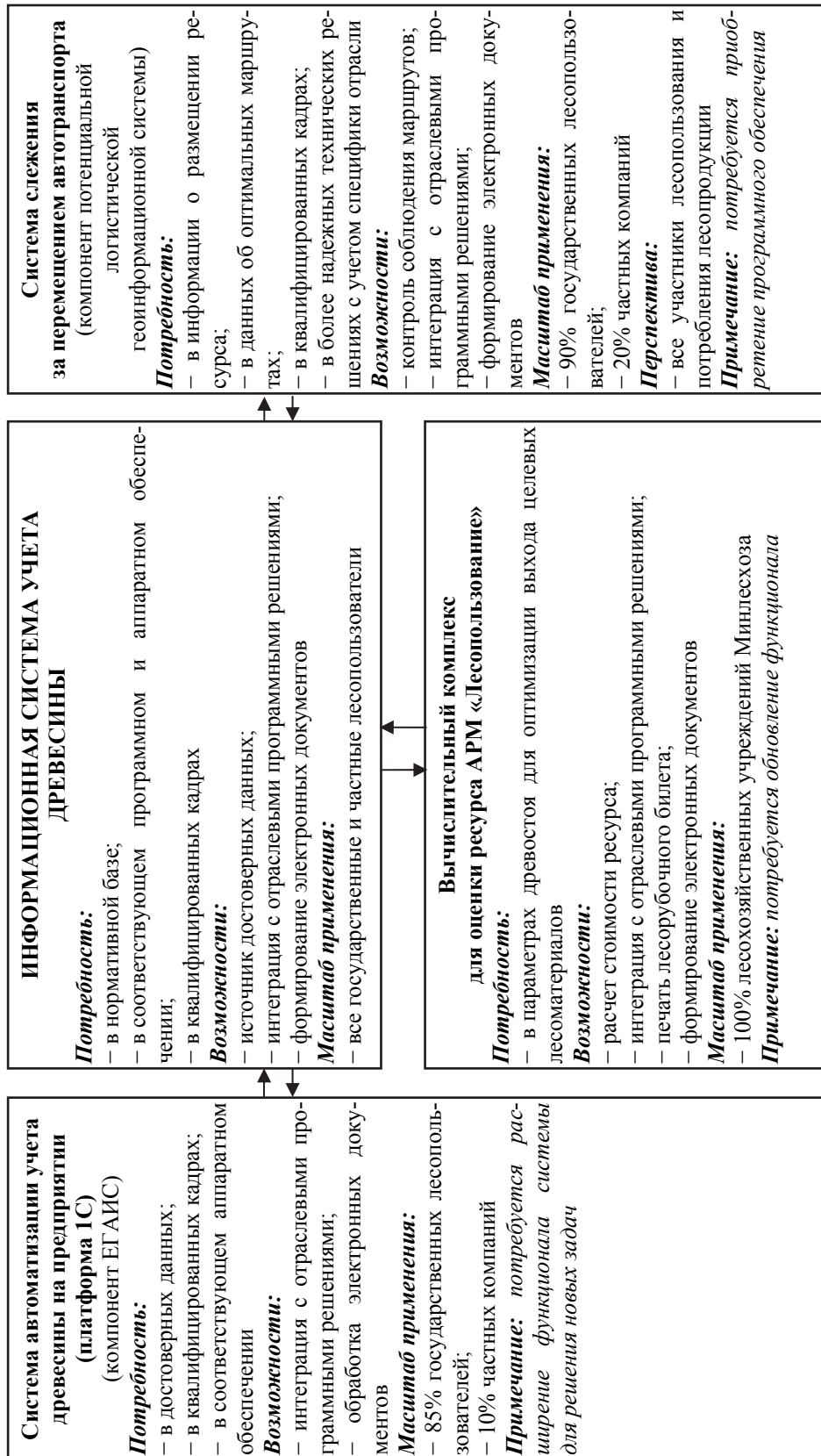


Рис. 1.1. Схема интеграции перспективной информационной системы учета древесины с использованием электронной цифровой подписи (ЭЦП) с существующими информационными системами, действующими в лесном хозяйстве Республики Беларусь

*Примечания:*

- 1) подрядчика на заготовку нанимает лесхоз;
- 2) подрядчика на вывозку нанимает покупатель древесины.

Рис. 1.2. Обобщенная схема интеграции системы учета в разрезе информационных потоков между субъектами



древесины и контроля за ее перемещением производства и потребления лесоматериалов

1.2. Системы геопозиционирования в лесном комплексе

В лесном комплексе Республики Беларусь широкое распространение получают системы геопозиционирования, основанные на использовании навигационных систем GPS и ГЛОНАСС (ГЛОБАЛЬНАЯ НАВИГАЦИОННАЯ СПУТНИКОВАЯ СИСТЕМА).

Общий принцип работы навигационных систем схож. При этом до начала 2000-х годов в мире не существовало реальной альтернативы американской системе глобального позиционирования GPS. С начала 2000-х годов стал интенсивно развиваться ранее закрытый проект ГЛОНАСС.

Среди ключевых отличий систем друг от друга можно выделить следующие:

- численность группировки космических аппаратов. Работа обеих систем обеспечивается 24 спутниками, также на орбитах находится несколько резервных аппаратов. В GPS предусмотрено увеличение количества спутников до 48. Сейчас их 28;

- расположение спутников. Изначально в GPS спутники расположены в 6 плоскостях по 4 аппарата в каждой (в настоящее время в 7 плоскостях), в ГЛОНАСС – по 8 спутников в 3 плоскостях;

- движение спутников. Спутники GPS синхронизированы с вращением Земли, спутники ГЛОНАСС вращаются независимо от Земли;

- сигналы, передаваемые спутниками. Сигналы разнесены по частоте (при этом некоторые из них в GPS и ГЛОНАСС передаются в близких диапазонах);

- точность позиционирования. На сегодняшний день погрешность определения координат у ГЛОНАСС несколько больше, чем у GPS: 3–6 м против 2–4 м. Использование сигналов от спутников сразу обеих систем значительно повышает точность – средняя погрешность в этом случае не превышает 1,5–3 м. Однако у ГЛОНАСС, в отличие от GPS, заложена возможность снижения погрешности вплоть до 10 см, которая, ориентировочно должна быть достигнута в 2020-х годах;

- доступность сигнала. Навигационный сигнал системы GPS с разным качеством доступен во всех точках мира. У ГЛОНАСС – не везде, однако эта проблема в будущем должна быть решена

строительством новых наземных станций и принятием иных технических решений.

В остальном обе системы схожи, они построены на единых принципах и поэтому обладают примерно одинаковыми характеристиками. Общая схема функционирования навигационных систем GPS/ГЛОНАСС приведена на рис. 1.3.



Рис. 1.3. Основные принципы геопозиционирования и передачи данных лесозаготовительных машин

На каждом навигационном спутнике установлены высокоточные эталонные часы (для надежности даже по двое часов разных типов). За синхронизацией и точностью хода всех часов на спутниках GPS и за стабильностью их орбит следит сеть контрольно-измерительных станций, расположенных по всему земному шару. На каждом спутнике размещены также компьютер, рассчитывающий точные координаты спутника в момент посылки радиосигнала, и радиопередатчик, работающий в диапазоне частот выше 1 ГГц. В новых моделях навигационных спутников имеется двигатель для точной корректировки орбиты. Через короткие промежутки времени спутник передает в эфир в предусмотренном формате свой номер, показание своих часов и свои текущие координаты. В качестве системы отсчета GPS взяты общепринятые географические долгота и широта, высота над уровнем моря и так называемое «время GPS» – время по эталонным часам.

Контрольные вопросы

1. Перечислите структурные элементы, входящие в основу информационной системы лесного комплекса.
2. Выделите основные направления развития информационной системы лесного комплекса.
3. Приведите примеры организации системы учета древесины в зарубежных странах.
4. Чем вызвана необходимость использования в ряде стран независимых организаций по учету лесоматериалов?
5. Охарактеризуйте основные направления использования систем геопозиционирования в лесном комплексе.
6. Расшифруйте аббревиатуры GPS и ГЛОНАСС.
7. Назовите основные отличия систем GPS и ГЛОНАСС. Возможно ли их совместное использование в одном устройстве?
8. Возможна ли передача данных от пользователя к спутникам GPS и ГЛОНАСС?
9. С чем связано частое снижение точности геопозиционирования при использовании навигационных систем на многооперационных лесных машинах? Каковы возможные пути ее повышения?

2 СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ МНОГООПЕРАЦИОННЫХ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ МАШИН

2.1. Электронные системы управления технологическим оборудованием харвестеров. Общее устройство и назначение

Современные системы управления представляют собой сложно организованные системы, в которые входят механические, электрические, электронные, гидравлические, пневматические и иные системы, работающие совместно. В этой связи системы управления машинами принято называть обобщающим термином «мехатронные системы».

На харвестерах «Амкодор-2551», «Амкодор-2541» и «Амкодор-2531», а также на харвестерах производства ОАО «Минский тракторный завод» применяется система управления технологическим оборудованием Motomit IT. Система Motomit IT представляет собой электронную систему управления харвестерной головкой и предназначена для сбора, накопления, хранения и передачи данных о параметрах обрабатываемых деревьев, а также для выработки управляющих сигналов для исполнительных механизмов привода. Общая конструкция харвестерной головки и расположение в ней исполнительных механизмов и измерительных устройств приведены на рис. 2.1.

Система, основана на работе 4 электронных блоков (модулей). Схема их логического соединения приведена на рис. 2.1. Модули системы управления соединяются между собой шиной CAN (Controller Area Network), содержащей 2 сигнальных провода (CAN_low и CAN_high), а также по 2 провода напряжения питания (VCC) и заземления (GND). Дублирование проводов системы питания выполнено с целью обеспечения максимальной надежности системы. Таким образом, кабель шины CAN, соединяющий кабину с харвестерной головкой, состоит из 6 проводов. Общие принципы работы шины CAN будут изложены в подразд. 2.5 «Локальные сети лесозаготовительных машин. Шина CAN. Принципы функционирования и диагностика».

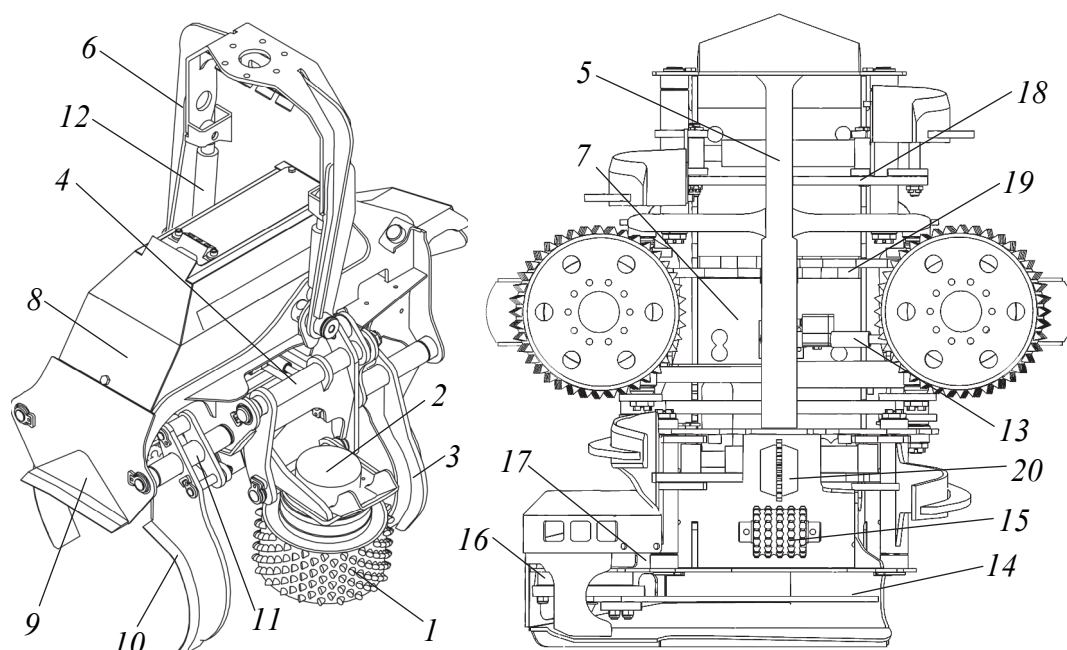


Рис. 2.1. Общее устройство харвестерной головки Kesla 25 RH:

1 – подающие вальцы харвестерной головки; 2 – гидромотор вальца (реверсивный, не управляемый); 3 – задний сучкорезный (поддерживающий) нож; 4 – ось установки кронштейна поворота вальца; 5 – рама харвестерной головки; 6 – подвесная скоба; 7 – ресивер; 8 – защитный кожух клапанной группы и блока управления; 9 – передний неподвижный сучкорезный нож; 10 – передние подвижные сучкорезные ножи; 11 – ось крепления переднего подвижного сучкорезного ножа; 12 – гидроцилиндр наклона харвестерной головки; 13 – датчик измерения диаметра ствола; 14 – пильная шина с цепью; 15 – опорный (не приводной) ролик; 16 – гидромотор привода пилы; 17 – гидроцилиндр хода пильной шины; 18 – балансирующая тяга сучкорезных ножей; 19 – гидроцилиндр подающих вальцов; 20 – ролик измерения длины

Функции управления в системе Motomit IT распределяются между 4 модулями:

- модулем харвестерной головки МСС (Motomit CAN Controller – CAN-контроллер Motomit);
- модулем индикации МСТ (Motomit CAN Terminal – CAN-терминал Motomit);
- модулем клавиатуры управления МКС (Motomit CAN Keyboard Controller – CAN-контроллер клавиш джойстиков Motomit).

В дополнение к трем указанным модулям имеется четвертый интерфейсный модуль МСИ (Motomit CAN Interface). Его задача – упростить монтаж системы путем связи вышеперечисленных

электронных блоков, а также обеспечить возможность подключения внешних приборов и устройств. Модуль МСІ управляется модулем индикации МСТ. Напряжение питания от источника питания машины поступает на модуль МСІ и передается далее на различные компоненты системы. Модуль МСІ выдает сигналы управления гидравлическим насосом. Помимо того, в системе предусмотрены разъемы для подключения термопринтера и мерной вилки.

Рычаги управления с клавишами (часть из них программируемые) подключаются непосредственно к модулю МСКС, который передает сигналы от кнопок по шине CAN к модулю МСІ. Общие принципиальные схемы подключения электронных блоков и датчиков к системе Motomit IT приведены на рис. 2.2 и 2.3.

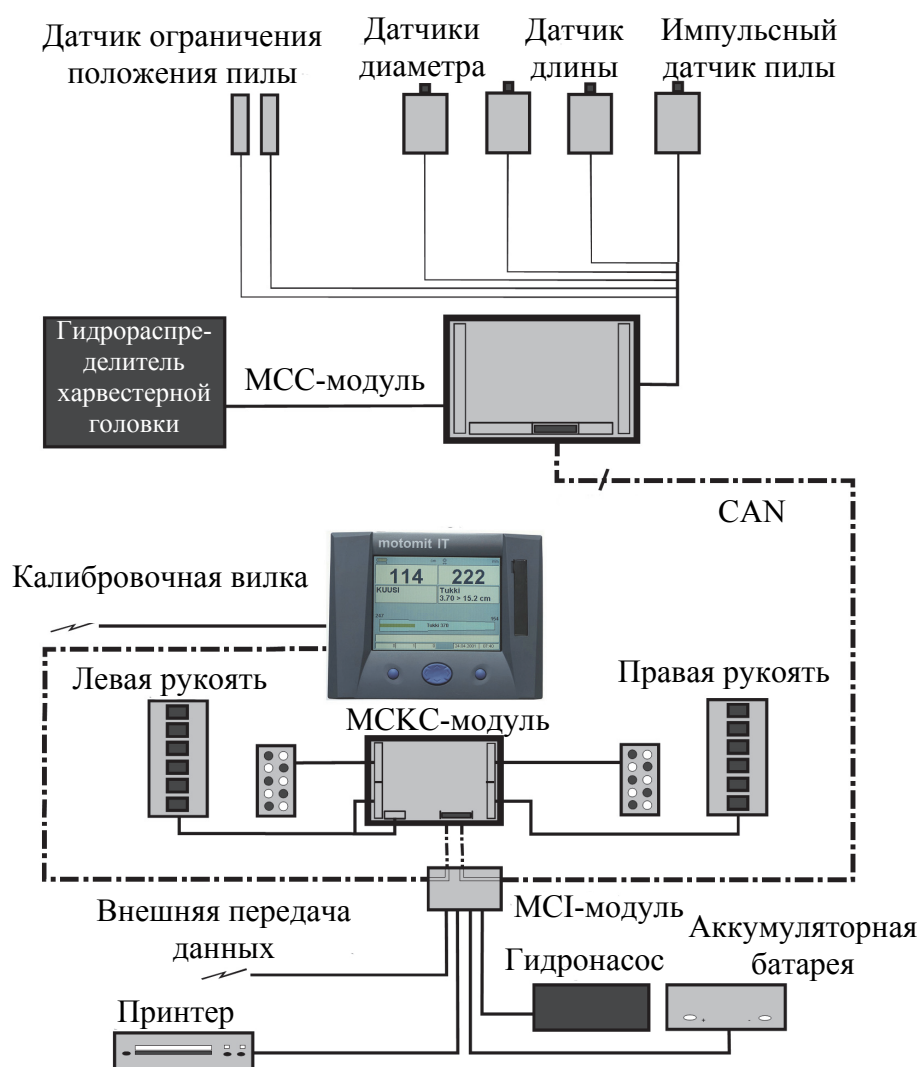


Рис. 2.2. Устройство системы автоматизированного управления Motomit IT

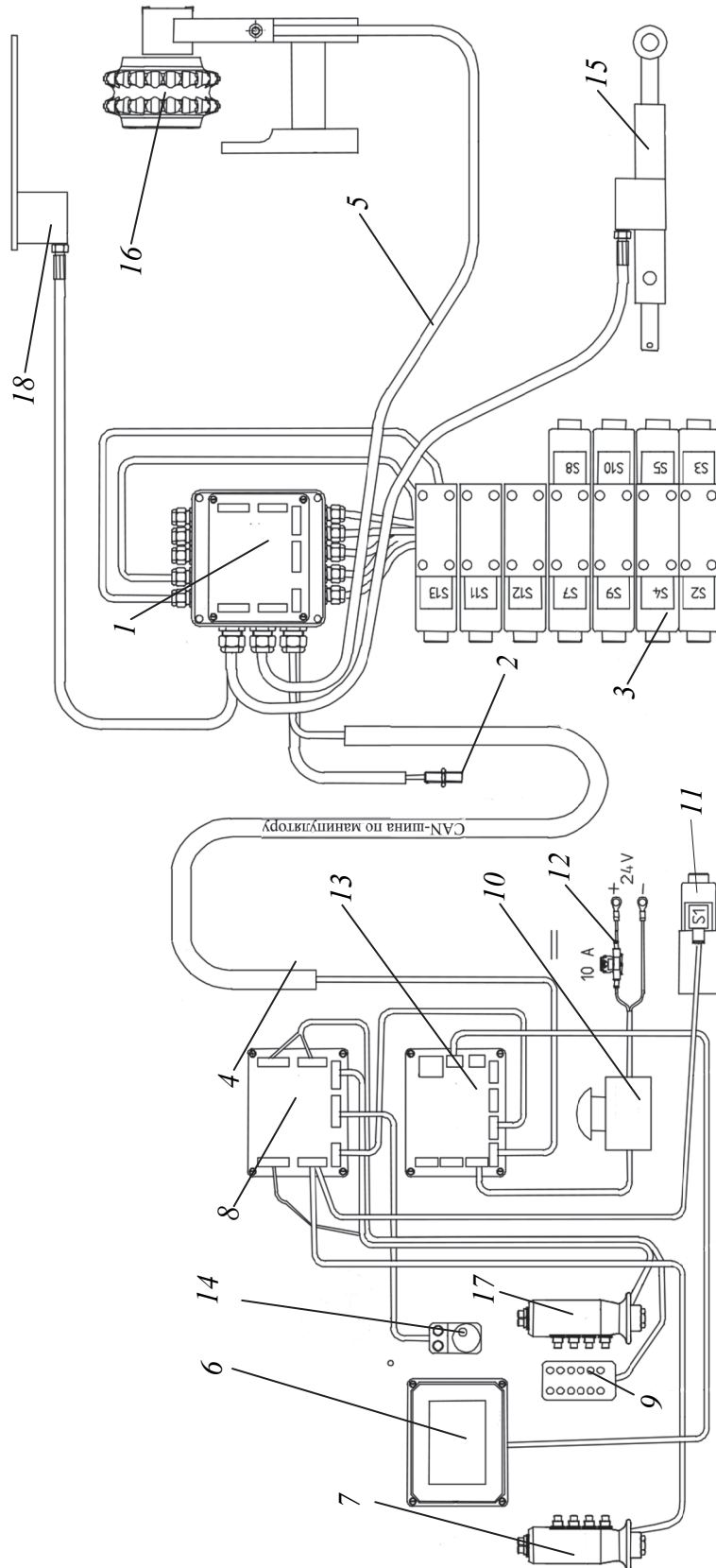


Рис. 2.3. Схема подключения электронных блоков и датчиков в системе Motomit IT:

- 1 – МСС-модуль; 2 – датчик определения положения пилы «дома»; 3 – блок клапанов гидрораспределителя;
 4 – CAN-шина по манипулятору; 5 – соединительные кабели; 6 – дисплей модуля МСТ; 7 – левый джойстик управления;
 8 – МСКС-модуль; 9 – клавиши предварительного ввода данных; 10 – кнопка аварийного выключения двигателя;
 11 – клапан управления давлением; 12 – предохранитель электрической цепи на 10 А; 13 – МСI-модуль;
 14 – программируемый регулятор; 15 – датчик диаметра ствола; 16 – датчик длины ствола;
 17 – программируемый регулятор; 18 – датчик положения пилы (импульсный)

Система Motomit IT производит учет заготовленной древесины в разрезе пород, диаметров и длин сортиментов. Для вычисления объема каждого сортимента в системе Motomit IT используются следующие расчетные схемы:

1. *Вычисление объема по 10-сантиметровым отрезкам ствола в коре.* Объем вычисляется как сумма объемов 10-сантиметровых цилиндрических отрезков ствола. Диаметр каждого отрезка принимается равным его среднему диаметру с корой (общая схема измерения приведена на рис. 2.4).

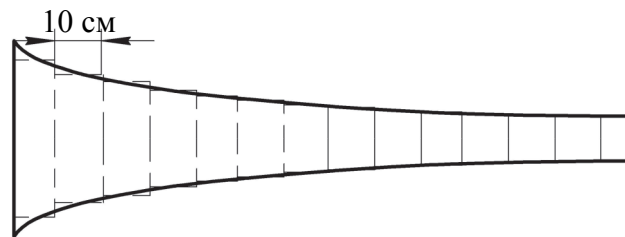


Рис. 2.4. Схема вычисления объема ствола по 10-сантиметровым отрезкам

2. *Вычисление объема по 10-сантиметровым отрезкам ствола без коры.* Способ идентичен предыдущему, однако перед проведением оценки диаметра производится его сокращение на толщину коры. Следует обратить внимание на то, что величина диаметра, отображаемая на экране и выводимая при печати на термопринтер, указывается с учетом коры.

3. *Вычисление объема по среднему диаметру сортимента без коры.* Такой способ оценки наименее точен, однако используется в ряде стран, к примеру в Германии. Принципиальная схема такого измерения показана на рис. 2.5.

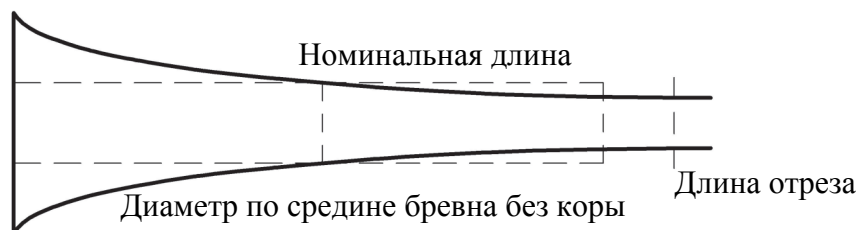


Рис. 2.5. Схема вычисления объема ствола по среднему диаметру сортимента

Объем бревна определяется как объем цилиндра номинальной длины, которая меньше реально отрезанной длины сортимента диаметром, равным диаметру по середине сортимента без коры. Для того чтобы система могла учитывать разницу между номинальной и реальной длинами бревна, следует сдвинуть

максимальный допуск на длину в положительную сторону, например от +120 до +170 мм.

Во всех модификациях системы Motomit IT имеется возможность внешнего обмена данными с использованием карт памяти. Типы передаваемых файлов зависят от версии программного обеспечения и направления передачи. Файлы с расширением *.MAS используются во всех версиях.

Файлы, передаваемые из карты памяти в Motomit:

*.APT – информация о размерах, установки, таблицы цен;

*.MAS – параметры машины (machine settings), данные калибровки;

Файлы передаваемые из Motomit в карты памяти:

*.APT – информация о размерах, установки, таблицы цен;

*.MAS – параметры машины и данные калибровки;

*.PRD – данные о заготовленной древесине (Production);

*.STM – данные о последнем заготовленном стволе (stem);

*.DRF – данные учета рабочего времени и объема работ;

*.KTR – данные калибровки проведенные с электронной вилкой;

*.DUMP – двоичный файл предназначенный для разработчиков программного обеспечения.

Указанные форматы используются согласно стандарту STANFORD (Standard for Forest machine Data and Communication), в котором указаны требования и спецификации форматов входных данных: apt, apl, oai и вывода данных: apt, apl, oai, prd, pri, ktr, sdm, drf, prl, pdf.

При работе с данной системой следует учитывать, что она имеет 4 пользовательских уровня, предоставляющих различный доступ к настройкам (табл. 2.1). Передача данных доступна лишь на уровнях «Опытный» и «Мастер». При этом распечатка отчетов доступна на всех уровнях. Общую информацию об интерфейсе системы управления Motomit IT, а также данные об основных настройках системы можно получить из руководства пользователя [1].

Начиная с 2017 г. новые модели харвестеров ОАО «Амкодор» комплектуются системой управления Kesla Prolog (Procon). Система разрабатывалась совместно сотрудниками ОАО «Амкодор» и Kesla GmbH (Финляндия). Система управления Prolog структурно состоит из 3 электронных блоков (модулей): дисплейного (LMID – logger multi information display), отвечающего за вывод информации на экран, модуля харвестерной головки (LHC – logger head controller) и модуля контроля рукояток (LHI – logger harvester interface) (рис. 2.6).

Таблица 2.1

Функциональность системы Motomit в зависимости от уровня доступа

Доступные настройки	Уровни пользователя			
	Начинающий	Средний	Опытный	Мастер
Раскрыжка (Scaling)	Недоступны все параметры	Можно изменить только предоставленную длину, минимальный диаметр, клавиши, ID	Можно изменить все параметры, за исключением цен, режима раскрыжки, качества, расхождения с распределением	Для изменения доступны все параметры
Настройка (Maintenance)	Можно изменить дату, время и зону вырубki	Можно изменить все параметры за исключением метода вычисления объема	Можно изменить все параметры, за исключением метода вычисления объема	
Базовые установки (Settings)	Можно изменить основной номер машины	Можно изменить все параметры за исключением контроля DRF	Для изменения доступны все параметры	
Вывод информации (Reports)	Для изменения доступны все параметры	Для изменения доступны все параметры		
Калибровка (Calibrations)	Недоступны все параметры	Доступны все параметры за исключением установок автокалибровки		
Передача данных (Communications)	Недоступны все параметры			



а



б



в

Рис. 2.6. Электронные блоки системы управления Prolog:
 а – дисплейный; б – харвестерной головки; в – рукоятка

Структура основного меню программной части системы управления и подменю «Настройки» приведена на рис. 2.7.

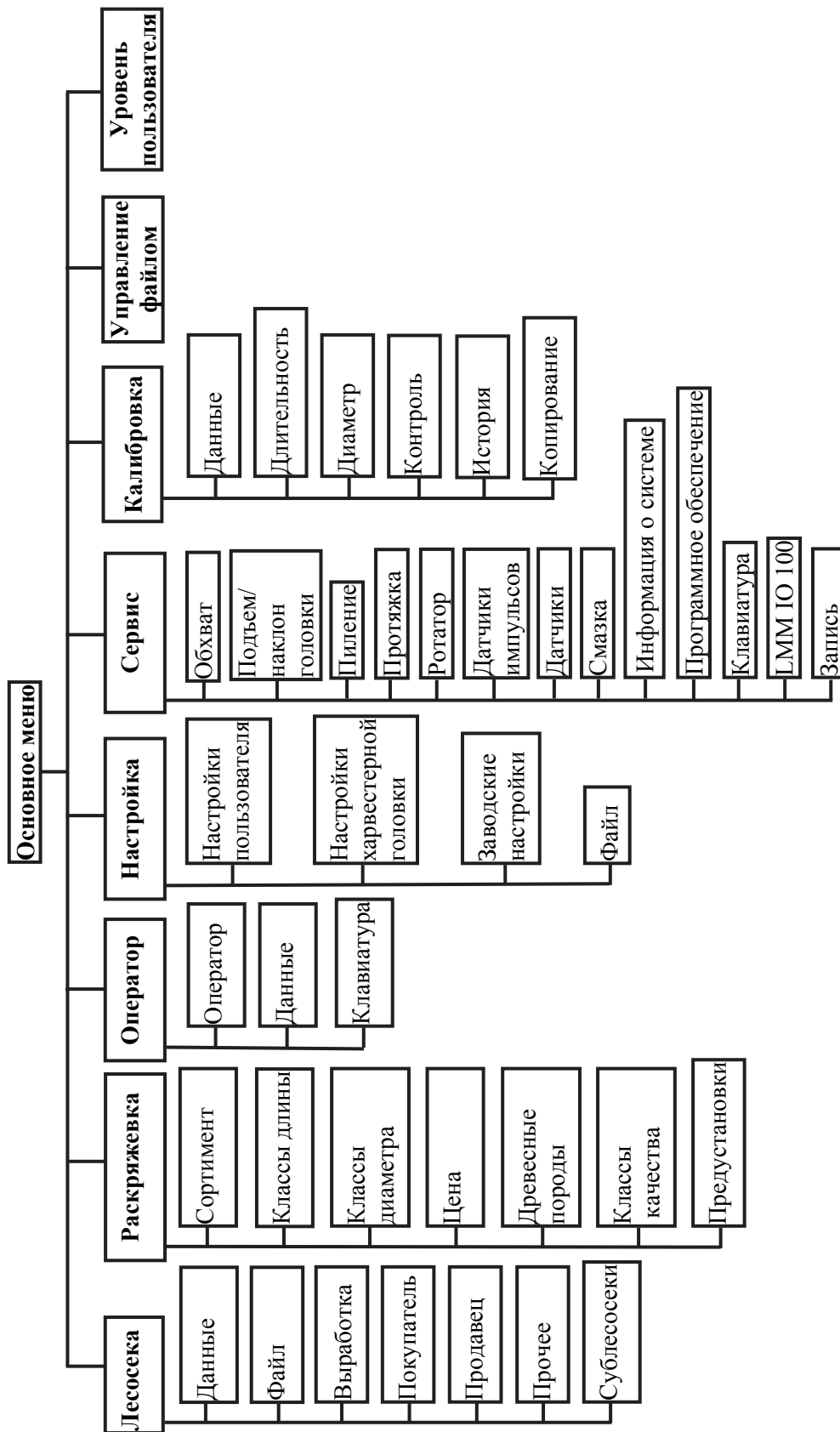


Рис. 2.7. Структура основного меню программной части системы управления Prolog (начало; окончание см. на с. 25)

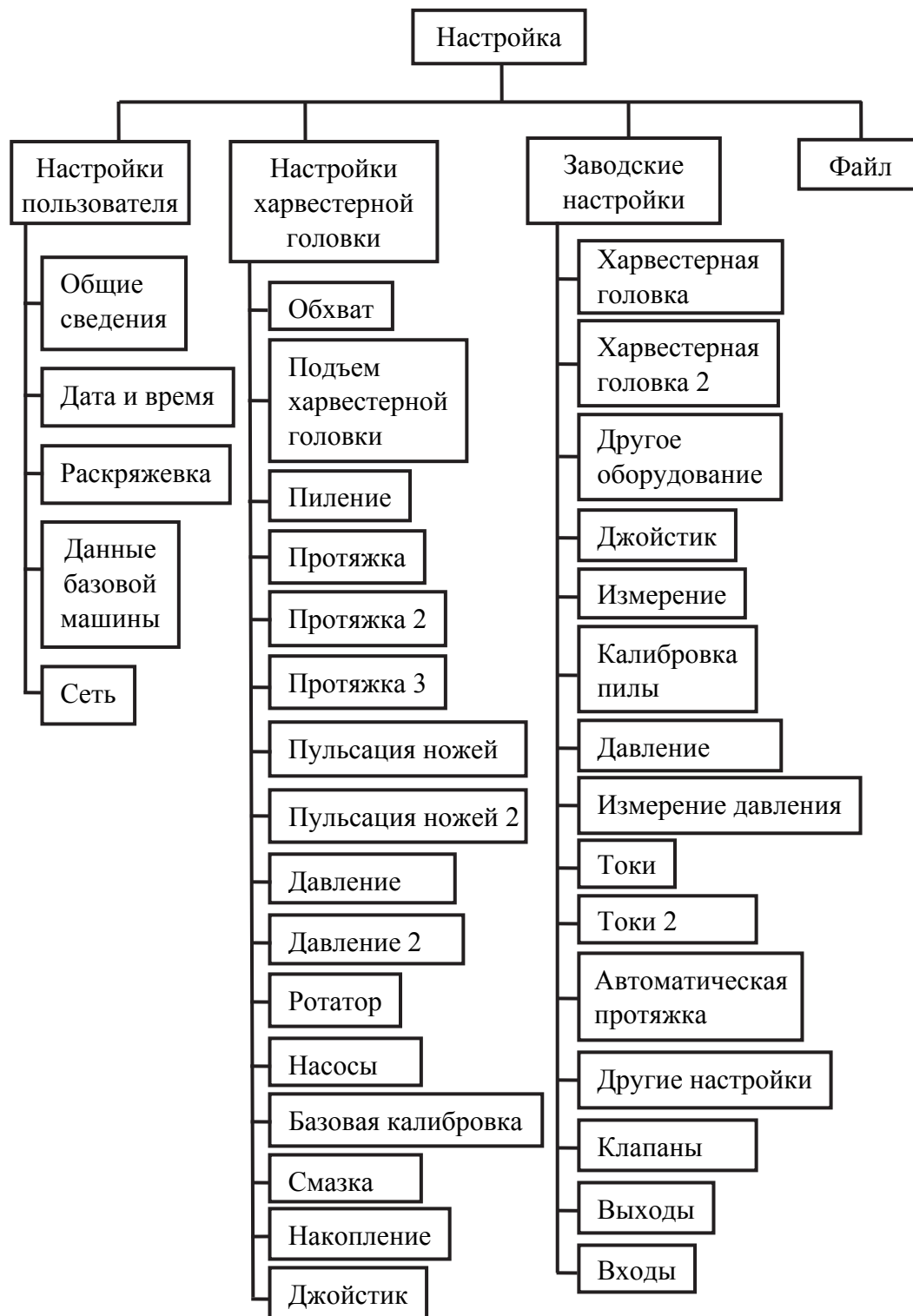
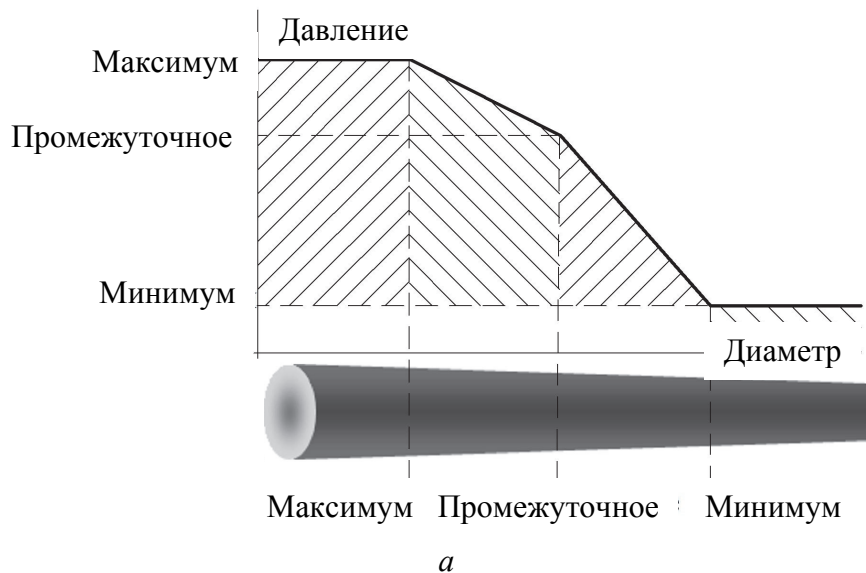


Рис. 2.7. Окончание (начало см. на с. 24)

Одним из основных отличий данной системы от системы Motomit IT является возможность регулирования гидравлических

характеристик привода по показаниям измерительных устройств харвестерной головки. В зависимости от интервала диаметра обрабатываемого дерева проводится корректировка ограничивающей величины давления в гидроцилиндрах прижатия передних и задних (при их наличии) сучкорезных ножей и в гидромоторах подающих валцов (рис. 2.8, б).

В системе допустимо устанавливать только 3 величины ограничивающих диаметров, т. е. разбивать весь диапазон диаметров на 4 интервала для каждой из пород. Интервалы поддерживаемых в системе давлений указываются посредством программного интерфейса в виде процентной величины относительно максимально допустимого давления гидравлической жидкости в подающей магистрали (рис. 2.8, а).



а

Settings - Pressure		Tree species: SUGI		
		Min	Mid	Max
Front knives		35	39	55 %
Rollers		55	60	65 %
Back knives		28	33	50 %
Diameter range		60	400	600 mm

б

Рис. 2.8. Принципиальная схема логики регулирования давления (а) и реализующий ее программный интерфейс (б)

При обработке дерева с диаметром менее указанного в строке Diameter range (рис. 2.8, б) максимальные давления ограничиваются величинами, указанными в столбце Min. Аналогично при работе с деревьями диаметром большим, чем максимально установленный, система не ограничит величину давления. В иных диапазонах она будет регулироваться пропорционально между ограничивающими данный диапазон процентными показателями. Регулирование давления происходит по кусочно-линейной функции, что достаточно для промышленного использования.

Однако для эффективного функционирования такой системы необходимы выверенные данные о режиме работы привода каждого из потребителей. Решение о параметрах регулирования должно приниматься на основании анализа энергетического баланса машины, работающей при текущих условиях эксплуатации. Снижать уровень расхода топлива следует не только за счет пропорционального регулирования гидронасоса, но и за счет выбора рациональных режимов работы двигателя с учетом КПД обоих агрегатов.

Стоит отметить, что ни совместное, ни отдельное регулирование частоты вращения коленчатого вала двигателя и подачи гидронасоса в настоящий момент в системе не реализовано, поэтому перспективным направлением является разработка логики такого совместного регулирования.

Системы управления, аналогичные рассмотренным, используются также на машинах зарубежных производителей: Timbermatik на John Deere, Opti на Ponsse, IQAN на Sampo Rosenlew и др. Для примера на рис. 2.9 приведены места размещения электронных блоков, а на рис. 2.10 структура системы управления MaxiXplorer харвестеров Komatsu.

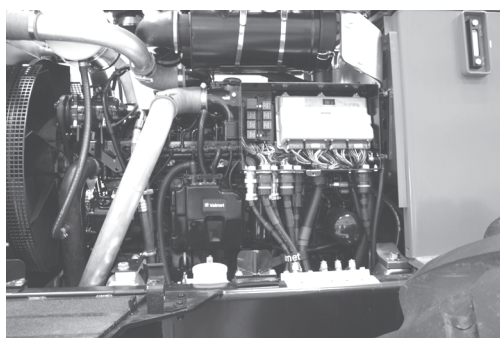


Рис. 2.9. Размещение электронных блоков управления харвестером Komatsu (начало; окончание см. на с. 28)

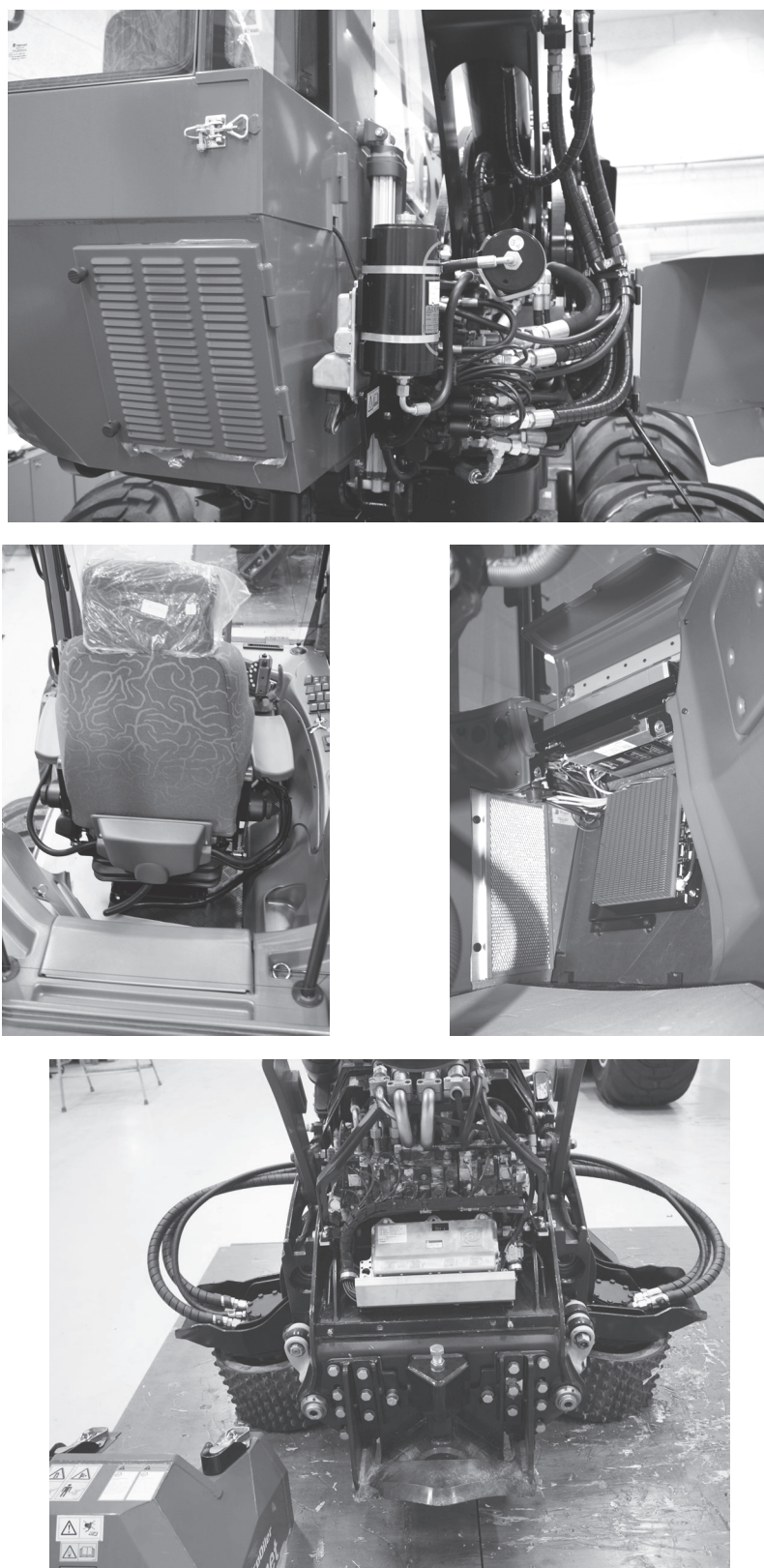


Рис. 2.9. Окончание (начало см. на с. 27)

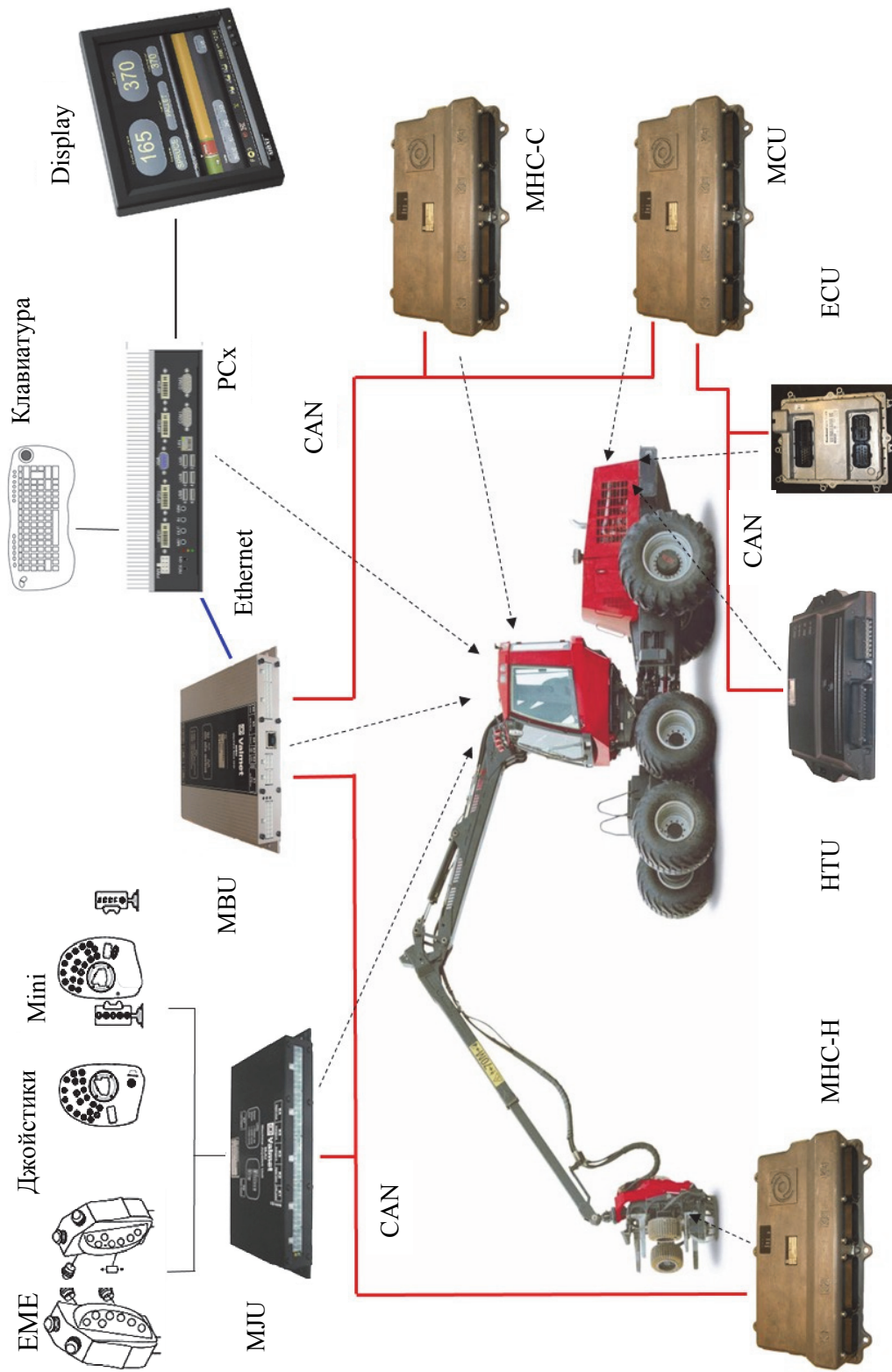


Рис. 2.10. Система управления харвестером Komatsu и использование в ней шины CAN

2.2. Измерительное оборудование харвестерной головки. Конструкция. Калибровка. Диагностика

2.2.1. Конструкция. Измерительное оборудование харвестерной головки состоит из механизмов отмера длины и диаметра. На основе их показаний проводится вычисление объема сортимента по схемам, приведенным в разд. 1.

Рассмотрим конструкции механизмов отмера длин харвестерных головок. В зависимости от производителя данные механизмы могут иметь свои конструктивные особенности, но при этом общий принцип их функционирования одинаков, а конструкция механизма близка к показанной на рис. 2.11.

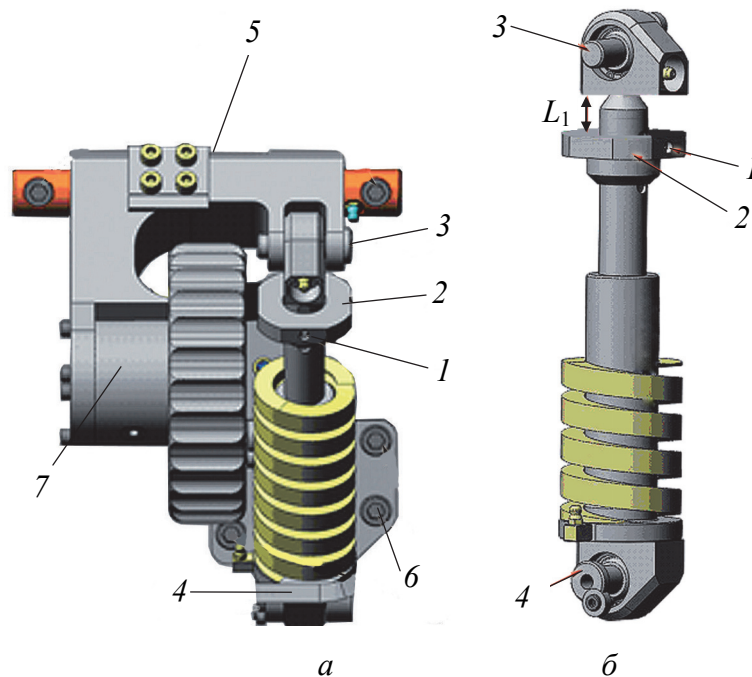


Рис. 2.11. Конструкция механизма отмера длин харвестерной головки:

a – механизм в сборе; *б* – механизм прижатия;

1 – стопорный болт (2 шт.); 2 – гайка предварительного натяжения;

3 – верхний палец пакета пружин; 4 – нижний палец пакета пружин;

5 – крепежные болты устройства измерения длины;

6 – крепежные болты; 7 – датчик числа оборотов

В процессе протаскивания дерева вальцами харвестерной головки измерительное колесо, показанное на рис. 2.12, обкатывается по очищенной от сучьев части ствола. Тем самым происходит определение

длины сортифта, где каждому обороту колеса соответствует одинаковый пройденный путь. Вращение колеса считывается датчиком числа оборотов, закрепленным непосредственно на самом колесе (рис. 2.11, поз. 7) или на поворотном рычаге (рис. 2.13, поз. 13, 22).

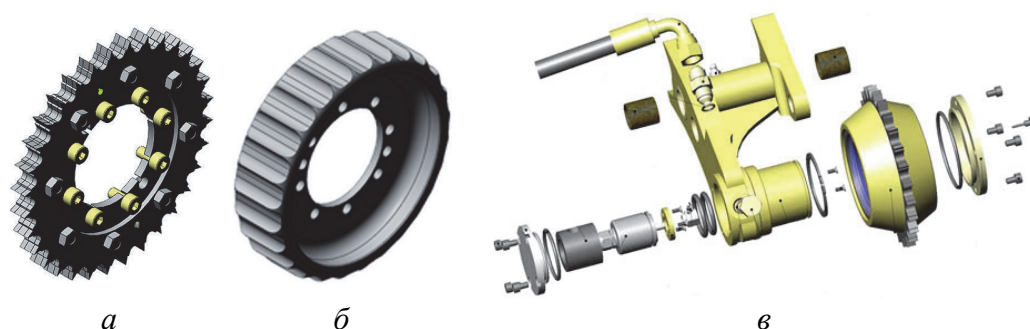


Рис. 2.12. Измерительное колесо механизма отмера длин:
а – узкое (летнее); б – широкое (зимнее); в – монтаж

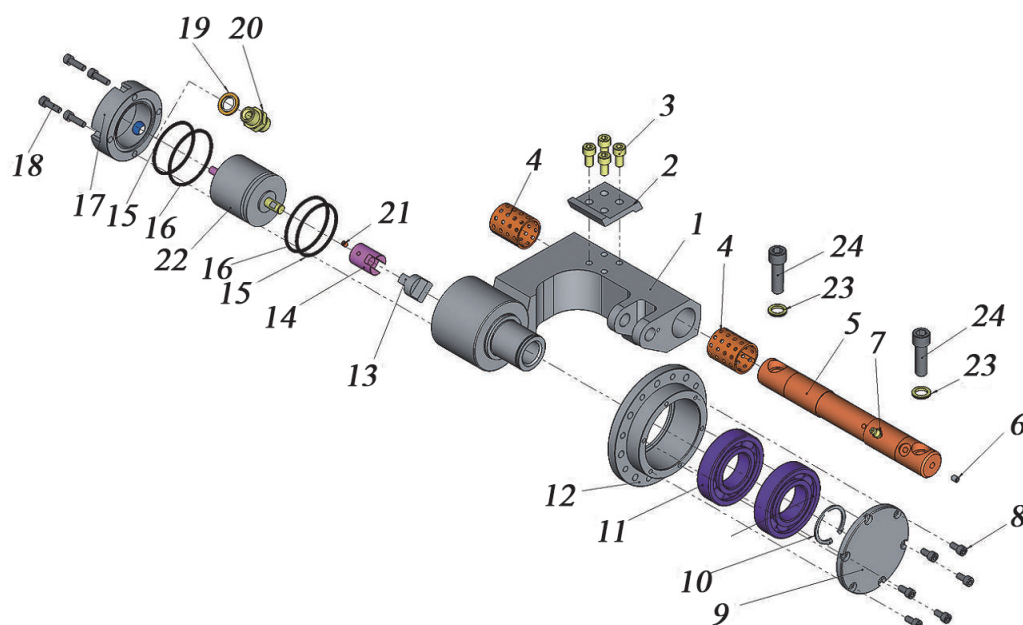


Рис. 2.13. Крепление механизма отмера длин к харвестерной головке:
1 – рычаг крепления механизма отмера длин; 2 – пластина-ограничитель;
3 – крепежные болты пластины-ограничителя; 4 – подшипник скольжения;
5 – ось; 6 – стопорный болт; 7 – смазочный ниппель (масленка); 8 – болты крышки (6 шт.); 9 – крышка подшипника; 10 – стопорное кольцо;
11 – шарикоподшипник с проточкой; 12 – корпус подшипника;
13 – импульсный датчик; 14 – крышка; 15, 16 – уплотнительные кольца круглого сечения; 17 – защитная крышка подшипника;
18 – болты защитной крышки; 19 – уплотнительное кольцо; 20 – сдвоенный ниппель; 21 – стопорный болт; 22 – импульсный датчик;
23 – стопорная шайба; 24 – винт с внутренним шестигранником

Летом рекомендуется использовать более узкое измерительное колесо с более острыми выступами, что обеспечит наиболее точный результат измерений. Глубина внедрения зубьев измерительного колеса в ствол регулируется гайкой предварительного натяжения (рис. 2.1. поз. 2).

Кроме того, при влажной коре контакт узкого (летнего) измерительного колеса со стволом более надежен, так как его зубья лучше углубляются в кору. При этом измерительное колесо не проскальзывает, что иногда имеет место при использовании в тех же условиях широкого (зимнего) измерительного колеса.

Весной и зимой, когда солнце нагревает ствол с одной стороны, рекомендуется выбрать стандартное узкое измерительное колесо. В этом случае заглупление колеса одинаково при проведении измерений с замерзшей и оттаявшей стороны ствола.

Размещение механизма отмера длин на раме харвестерной головки показано на рис. 2.14.

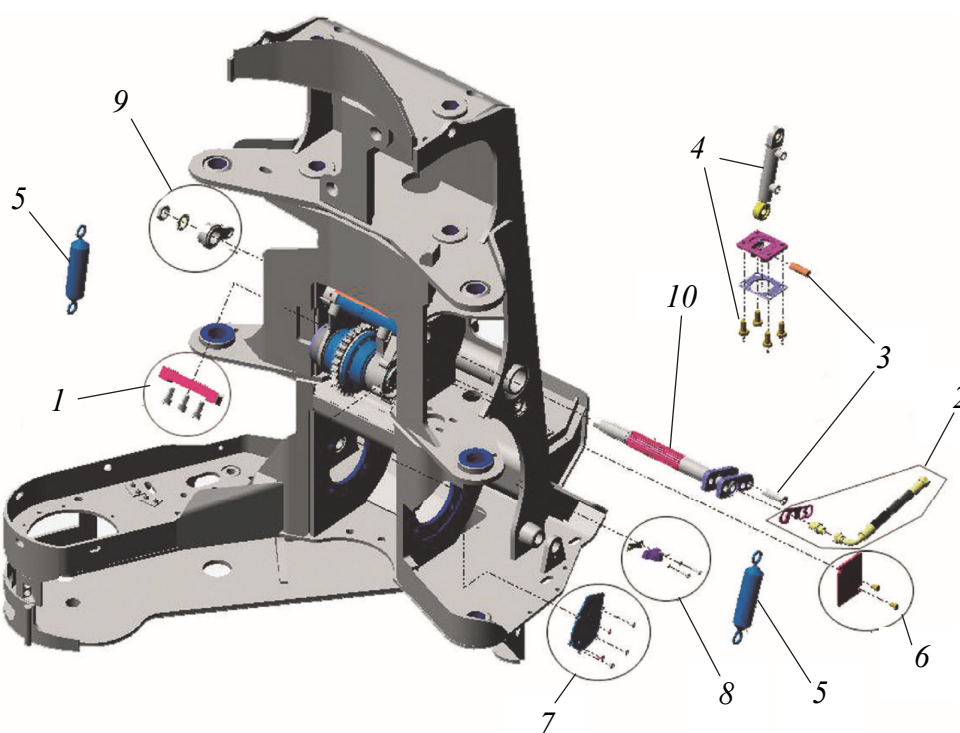


Рис. 2.14. Размещение механизма отмера длин на раме харвестерной головки:

- 1 – ограничитель + крепежные болты; 2 – защитный рукав, сдвоенный ниппель и стопор; 3 – крепежный штифт; 4 – гидроцилиндр; 5 – пружина; 6 – крышка кожуха; 7 – защитная коробка датчика; 8 – датчик длины; 9 – стопорная гайка вала и фиксатор; 10 – шлицевой вал

Для измерения диаметра ствола в харвестерных головках используются различные по конструкции механизмы. Наиболее распространенные в Республике Беларусь харвестерные головки Kesla (18RH, 20RH и 25RH) проводят замер посредством передних сучкорезных ножей, а головки Kesla 30 RH/RHS – с помощью подающих роликов. Их раскрытие приводит к перемещению измерительной штанги (рис. 2.15), каждое положение которой соответствует определенному диаметру ствола и может калиброваться в зависимости от условий эксплуатации.

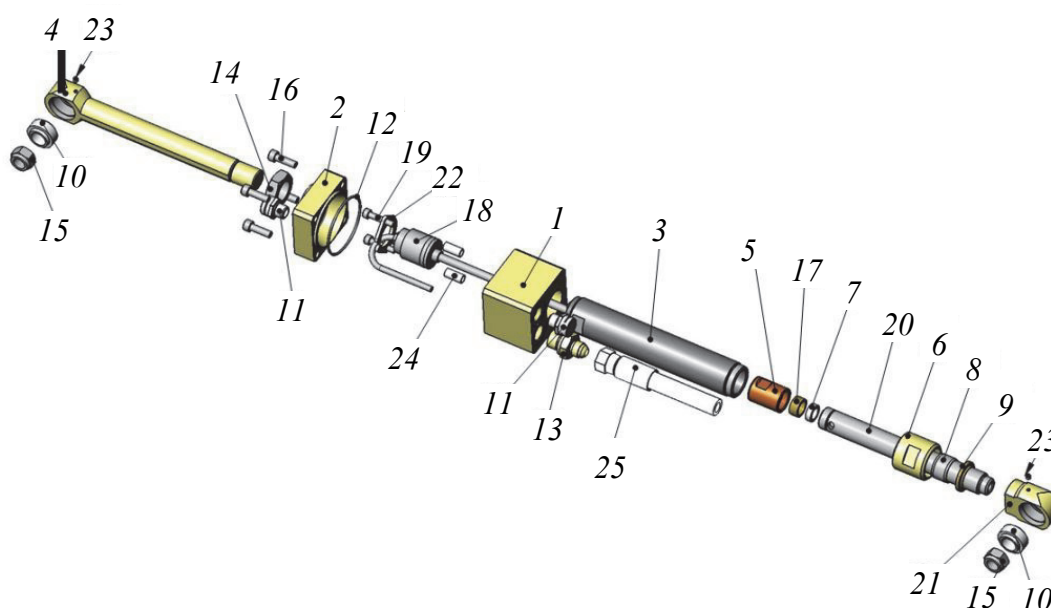


Рис. 2.15. Механизм измерения диаметра сортимента:

- 1 – каркас, рама; 2 – крышка; 3 – труба; 4 – рычаг; 5 – втулка; 6 – втулка;
 7 – втулка; 8 – втулка; 9 – чистящее уплотнение (маслосъемник);
 10 – шарнирное соединение; 11 – фильтр; 12 – кольцо; 13 – штангер;
 14 – гайка; 15 – гайка; 16 – болт под шестигранник; 17 – втулка; 18 – датчик;
 19 – болт под шестигранник; 20 – рычаг; 21 – корпус; 22 – пластина;
 23 – болт под шестигранник; 24 – втулка; 25 – гидравлический шланг

Согласно данной схеме оценки, датчиком фиксируется положение двух точек прижатия подвижных сучкорезных ножей (либо подающих вальцов) к стволу. Третья точка является постоянной и расположена на поддерживающем ролике. Вокруг образуемого по указанным точкам треугольника можно описать окружность единственного диаметра, соответствующего диаметру ствола дерева в точке замера. К положительным свойствам такой системы измерения

следует отнести снижение влияния овальности ствола (и прочих дефектов формы) на определение объема сортиментов на относительно прямолинейных участках ствола. Недостатки такой системы являются следствием ее достоинств. Подобная аппроксимация сечения ствола к идеальной окружности делает невозможной получение точной величины диаметра на участках ствола с малыми радиусами кривизны. Для компенсации данного недостатка рядом производителей харвестерных головок применяется двойная система обмера диаметра как по сучкорезным ножам, так и по протаскивающим вальцам.

В дополнение к механизмам отмера длин и диаметра харвестерные головки оборудуются датчиками положения пилы и ее возврата. Общие виды данных датчиков приведены на рис. 2.16.

Датчик положения пилы служит для определения мгновенной угловой координаты поворота пильной шины относительно начального положения, что позволяет прекратить ее подачу сразу после окончания пиления, не дожидаясь, пока пила займет свое крайнее положение. Такой подход обеспечивает повышение производительности работы при раскряжевке сортиментов за счет меньшего пути, проходимого шиной при рабочем и холостом ходе.

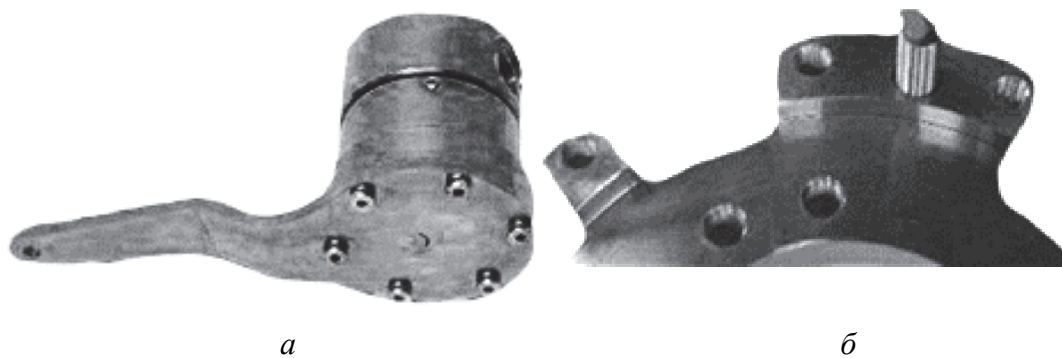


Рис. 2.16. Датчики:
а – текущего положения пилы; *б* – возврата пилы

Датчик возврата пильной шины оповещает систему управления о том, что пила заняла свое крайнее положение в защитном кожухе и не является препятствием для протяжки следующего сортимента. В случае неисправности этого датчика автоматическая подача дерева на сучкорезные ножи после выпилки предыдущего сортимента может привести к повреждению пильной шины и пильного механизма в целом.

2.2.2. Калибровка. Ввиду постоянных механических воздействий на элементы измерительной системы харвестерной головки в процессе эксплуатации происходит снижение точности выполняемых ею измерений.

Точность определения диаметра зависит от *природно-производственных* (кривизна ствола, порода и возраст дерева, метеорологические условия) и *конструктивных* (жесткость рычагов протаскивающих вальцов или сучкорезных ножей, усилие прижатия вальцов или ножей, форма зубьев на поверхности протаскивающего вальца) параметров.

Для поддержания точности измерений и своевременной диагностики ее снижения проводится периодическая калибровка измерительного оборудования. Калибровку следует выполнять для каждой породы в отдельности при возникновении следующих случаев:

- при значительном изменении твердости древесины (смена поры года, существенное изменение температуры и влажности);
- после какого-либо ремонта или внесения изменений в гидравлическое оборудование;
- при регулировании механизмов харвестерной головки, замене датчиков, смене типа вальцов.

Для проведения калибровки используется калибровочная вилка (рис. 2.17).



Рис. 2.17. Общие виды калибровочных вилок

На основе данных измерений, полученных с помощью мерной вилки, встроенная в систему управления программа выполняет расчет требуемых регулировок длины и диаметра. Программа калибровки также позволяет оператору или контролирующему сотруднику напечатать данные измерений за выбранный период, чтобы проверить точность измерительного устройства и уточнить причины проведения очередных калибровок.

Все измерительные настройки и калибровки, выполненные на машине, сохраняются в журнале данных и при необходимости могут быть выведены на дисплей. При необходимости калибровочные значения, сохраненные в журнале данных, можно использовать повторно.

Перед распиловкой калибровочной партии следует:

1) проверить состояние и функционирование измерительного колеса и пружины на харвестерной головке;

2) убедиться в том, что дерево перемещается по середине харвестерной головки. Его положение можно отрегулировать, удлинив или укоротив реактивную штангу на харвестерной головке;

3) убедиться, что сучкорезные ножи острые;

4) проверить состояние реактивных тяг сучкорезных ножей (или протаскивающих вальцов).

Показания датчика диаметра в момент, когда харвестерная головка закрыта, должны соответствовать заданному заводом изготовителем диапазону (обычно 28–32 мм).

Измерительная звездочка механизма отмера длин должна иметь возможность опускаться ниже поверхности ствола, т. е. ниже опорных роликов на 65–80 мм. При меньшем ходе звездочки неровности ствола могут привести к ошибкам в измерении длины. Чрезмерно большой ход звездочки может привести к повреждению вала звездочки и подшипников.

Ослабленное прижатие механизма отмера длин вызывает погрешности в измерении длины, поэтому необходимо периодически проверять его натяжение.

Процесс проведения калибровки измерительного оборудования состоит из следующих основных этапов:

– оператор харвестера производит валку нескольких деревьев и их раскряжевку на сортименты. При этом выбираются ровные деревья калибруемой породы без видимых пороков и кривизны ствола. Получаемые сортименты выкладываются параллельно друг другу на расстоянии, достаточном для последующего пешего движения оператора между ними;

– мерная вилка подключается к штатному разъему системы управления;

– с помощью программного обеспечения на мерную вилку передаются данные о длине и диаметре выпиленных сортиментов, полученные с помощью системы измерения харвестерной головки (как правило, файл с расширением *.STM либо *.STI);

- оператор отключает мерную вилку от разъема и с ее помощью переходит к измерению сортиментов;
- двигаясь от вершинного сортимента последнего ствола к комлевому сортименту первого, оператор через каждые 0,5 м (если иное не указано в запросе мерной вилки) дважды замеряет диаметры, а также общую длину каждого сортимента и заносит их значения во встроенный в мерной вилке компьютер;
- после завершения всех измерений оператор снова подключает мерную вилку к штатному разъему системы управления харвестерной головкой и передает файл (как правило, *.KTR) с данными замеров;
- перейдя в соответствующий пункт меню системы управления, оператор может убедиться в верности выполненных действий, принять либо отвергнуть результаты замеров и внести данные измерения в калибровочную кривую для диаметра и длины сортимента.

2.2.3. Диагностика. Прежде чем вносить существенные изменения в калибровочную кривую, следует подробно изучить распечатку результатов калибровки. Поэтому на производстве необходимо вести протокол (регистрационный журнал) калибровки и хранить последние распечатки калибровочных данных. Типичными проблемами, возникающими при проведении калибровки, являются следующие (на примере системы управления Motomit IT).

1. В процессе базовой калибровки харвестерной головки не устанавливается диаметр. Данная проблема чаще всего возникает при подключении новой харвестерной головки. Чаще всего следует поменять местами подключение импульсных каналов А и В в модуле МСС и выполнить базовую (первичную) калибровку либо использовать другой датчик (возможно, что текущий датчик поврежден).

2. Регистрируется неверный зазор в головке в закрытом состоянии. К примеру, зазор головки в закрытом состоянии составляет 90 мм, а должен (для харвестерных головок Kesla) – 50 мм. Следует сместить точки калибровки или всю калибровочную кривую на 40 мм вниз.

3. Возникают скачкообразные изменения при измерении. В случае возникновения данной неисправности следует проверить надежность соединений, а также все диоды в системе измерения (возможен их пробой). Кроме того, необходимо изучить распечатку

кодов ошибок для определения кратковременных разрывов в CAN-соединении, а также проверить и при необходимости отрегулировать прижатие измерительного колеса.

4. *Диаметр не изменяется при закрытии головки после рубки дерева.* Прежде всего стоит отметить, что диаметр не может измениться, если не изменилась длина. Поэтому последнее значение диаметра, зафиксированного при обработке предыдущего ствола, будет отображаться до начала протаскивания следующего. В случае если длина изменилась, проверьте входной сигнал датчика по контрольному дисплею.

5. *Датчик не вырабатывает никаких импульсов.* Следует подключить датчик к другому входу, например импульсный кодовый датчик диаметра к разъему датчика длины. Если датчик начал генерировать импульсы, что отражается на контрольном дисплее, то на входе МСС имеется обрыв. В противном случае, не исправен датчик или имеется обрыв в его соединении.

6. *На экране появляется сообщение DIAM. DROPPED > 2 см (диаметр уменьшился больше чем на 2 см).* Это сообщение указывает на то, что в пределах длины 10 см диаметр снизился более чем на 2 см. Необходимо проверить калибровочную кривую. В действительности данная ошибка может возникать при наличии большого сучка или другого значительного локального изменения формы ствола. В иных случаях причиной может быть неисправность датчика.



Рис. 2.18. Мультиметр

Наряду с описанными способами диагностики посредством внутренней системы самодиагностики существует возможность электрической проверки датчиков и цепей их подключения посредством мультиметра (рис. 2.18).

Для всех последующих измерений: Черный кабель тестера подсоединяется к гнезду тестера COM, а красный кабель – к гнезду тестера VΩmA. Во время проведения всех тестов двигатель должен быть выключен.

С помощью мультиметра могут быть проверены следующие электрические компоненты харвестерной головки:

- соленоиды гидравлических клапанов;
- подача питания на датчики;
- датчик измерения длины;
- датчик «пила дома»;
- датчик положения пилы в пространстве.

Все соленоиды гидравлических клапанов приводятся в действие электрическим током и могут быть проверены измерением сопротивления. Последовательность действий при этом следующая. Выбирается диапазон измерения до 200 Ом. Отсоединяется электрический разъем от проверяемого соленоида и к контактам соленоида подключается тестер. Для соленоида с напряжением питания равным 24 В сопротивление должно быть в диапазоне 18–25 Ом. Сопротивление уменьшается при более низкой температуре (соленоида) и наоборот.

Для проверки подачи питания на датчики (рис. 2.19) следует установить на мультиметре переключатель функций в позицию 200 VDC. Красный провод мультиметра нужно подключить к проводу на колодке модуля МСС (он осуществляет подачу питания на все датчики), черный провод от тестера к проводу «земля» на модуле МСС.

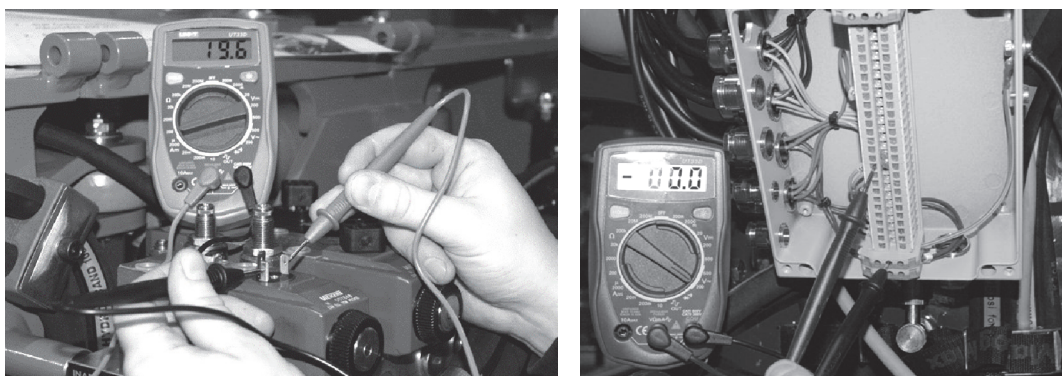
*а**б*

Рис. 2.19. Проверка соленоидов:
а – гидравлических клапанов; *б* – подачи питания на датчики

Система Motomit должна быть включена. Мультиметр должен показывать 23–28 В. Если показания равны 0, то питание на кабель не подается или нет соединения с «землей» на МСС-модуле.

Перед началом проверки датчика измерения длины (рис. 2.20) необходимо убедиться, что измерительная система Motomit

выключена и вал датчика вращается вместе с измерительным колесом. Указатель функций мультиметра следует установить на метку 200 VDC и соединить красный кабель с кабелем 11 модуля МСС на харвестерной головке. Черный кабель тестера нужно соединить с кабелем 12 или 13 модуля харвестерной головки (так как датчик импульсный, сигнал будет проявляться поочередно на 12-м и 13-м контактах). При проведении последующих действий система Motomit должна быть запущена.

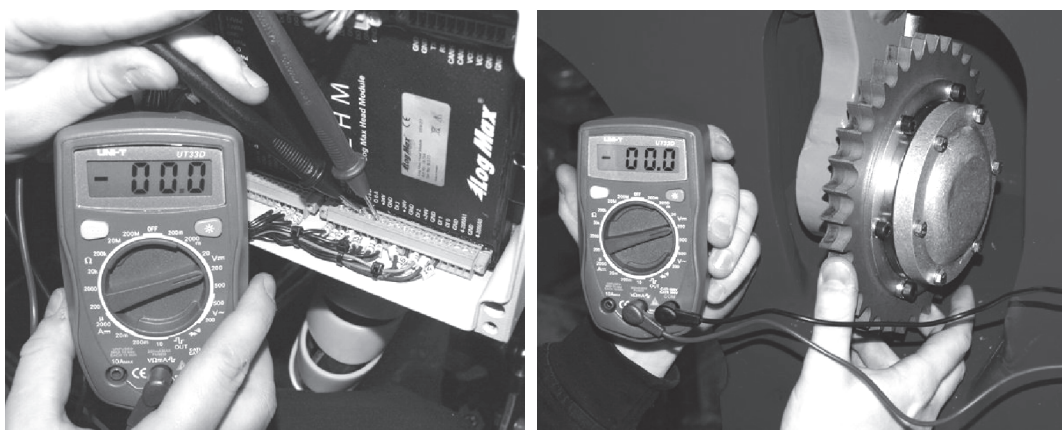


Рис. 2.20. Проверка датчика отмера длины

При медленном вращении измерительного колеса показания тестера должны колебаться от 0–2 до 20–24 В. Если этого не происходит, значит, вышел из строя датчик или подведенные к нему провода. Должны быть проверены оба провода 12 и 13, а значения при их диагностировании находятся в указанном диапазоне. В случае неисправности датчик подлежит замене.

Для проведения работ по замене датчика система Motomit должна быть выключена. Измерительное колесо следует извлечь из углубления в раме головки и снять заднюю защитную крышку датчика (рис. 2.21), на котором имеется шесть винтов. Каждый второй винт соединяет две половинки датчика между собой, а другие соединяют датчик с основанием измерительного колеса. Датчик отмера длин извлекается из гнезда за электрическую колодку (не за провода).

Для того чтобы снять полумуфту с вала датчика, следует выкрутить два винта с ее торцов. После того как полумуфта поставлена на новый датчик, все действия по сборке проводятся в обратном порядке.

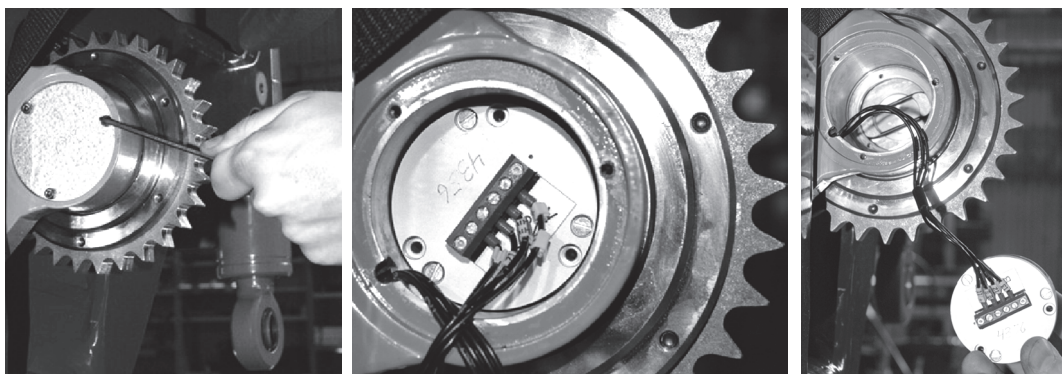


Рис. 2.21. Последовательность замены датчика отмера длины

Для проверки датчика «пила дома» (рис. 2.22) красный провод мультиметра подключается к проводу 11, а черный кабель – к проводу 15 на колодке модуля МСС (он осуществляет передачу сигнала от датчика «пила дома»). Motomit должен быть включен.

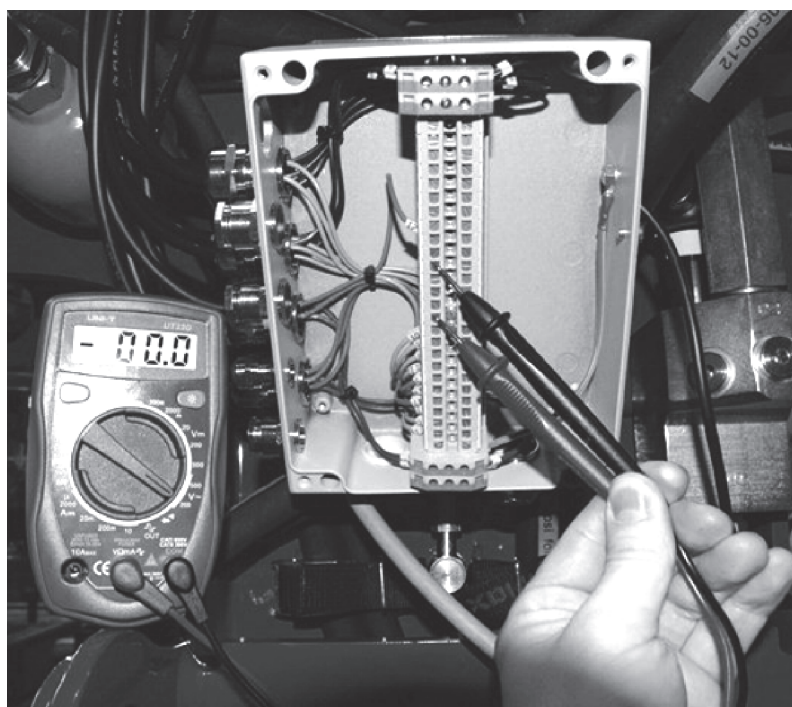


Рис. 2.22. Проверка датчика «пила дома»

В положении «пила дома» между 11-м и 15-м проводом должно быть 22–24 В, когда «пила вне дома» напряжение составляет 0–2 В (когда «пила дома», датчик «видит» магнит, он активирован и выдает 24 В, а когда пила выходит, датчик «теряет из виду» магнит и не активирован – 0 В).

Потенциальные проблемы, которые могут возникнуть в процессе измерения параметров дерева чаще всего являются следствием неправильной работы датчиков (текущий раздел), а также некачественного заземления либо экранирования кабеля CAN (подразд. 2.5). Между тем неисправность системы управления может быть вызвана отказами самих блоков управления. Диагностику таких отказов рассмотрим на примере выявления неисправностей в системе Motomit IT.

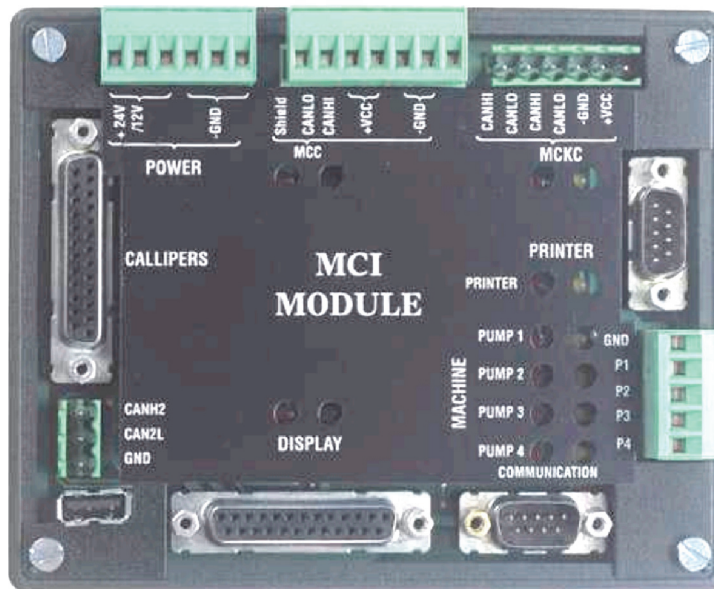
В случае если система Motomit IT не запускается после проведения замены или ремонта электронного блока MCI, следует убедиться, что вновь установленный блок предназначен именно для системы Motomit IT, а не для ранних версий (к примеру Motomit 4). Визуальное отличие электронных блоков MCI для данных систем заключается в размещении дополнительного 25-контактного разъема CALLIPERS для подключения мерной вилки в блоке для Motomit IT (рис. 2.23).

Следующим действием необходимо проверить присутствие напряжения питания блока MCI в разъеме POWER (рис. 2.23). В данном разъеме имеется 3 положительных контакта «+» и 3 отрицательных контакта «-». Необходимо подключить не менее двух контактов «+» к источнику питания и хотя бы 1 контакт «-». Motomit IT может работать с напряжением питания в диапазоне от 10 до 30 В. Величину напряжения также следует проверить.

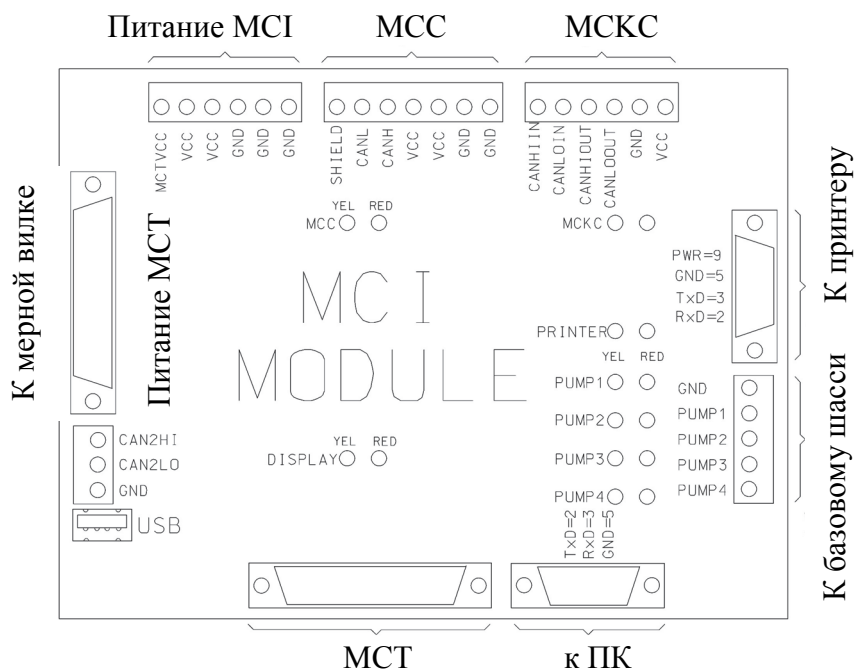
Когда выключатель питания переведен во включенное состояние, светодиодные индикаторы в модуле MCI должны мигнуть и включиться снова через 30–40 с. В MCT издается звуковой сигнал, и система начинает работу. Если модуль MCT не подключен, не будет гореть ни один светодиодный индикатор. Светодиодные индикаторы в модуле MCI отображают следующие состояния системы: желтый – система функционирует, желтый и красный – система функционирует, но ток ниже 0,1 А, только красный – короткое замыкание.

Модуль кабины MCI и модуль головки MСС через короткие промежутки времени обмениваются друг с другом сигналами. Если сигнал не поступает более 1,3 с на экране появляется сообщение: *CONNECTION FAULT / Head power is turned off (НЕТ СОЕДИНЕНИЯ / Питание головки отключено)*. При этом отключается питание головки и модуля клавиатуры. Чтобы восстановить соединение, необходимо перезапустить систему или выбрать пункт меню *Maintenance (Подготовка к эксплуатации) → Resets (Обнуление) → Turn head power ON (Включить питание агрегата)*.

В случае ошибки соединения необходимо при выключенном питании измерить сопротивление между цепями CAN_low и CAN_high (рис. 2.23 и 2.24). Для получения соответствующего сигнала CAN помимо самих цепей CAN должны быть правильно подключены цепи питания («+» и «-»).



а



б

Рис. 2.23. Электронный блок МСІ (а) и схема размещения разъемов (б)

Измеренное сопротивление может отличаться не более чем на 2 Ом. На обоих концах шины CAN – внутри модулей МСТ и МСС имеется 120-омный нагрузочный резистор. Когда цепи CAN соединены правильно, сопротивление должно составлять 60 ± 2 Ом, т. е. половину от 120 Ом. Сопротивление можно измерять на любом из разъемов (МСІ, МСС, МСКС), например на конце кабеля стрелы со стороны кабины. В случае, если измеренное сопротивление составляет 120 Ом, диагностируется обрыв сети. Если сопротивление равно 0 Ом, присутствует замыкание между цепями CAN (кабель поврежден). При бесконечно большом сопротивлении делается вывод об отсутствии соединения с кабиной или головкой.

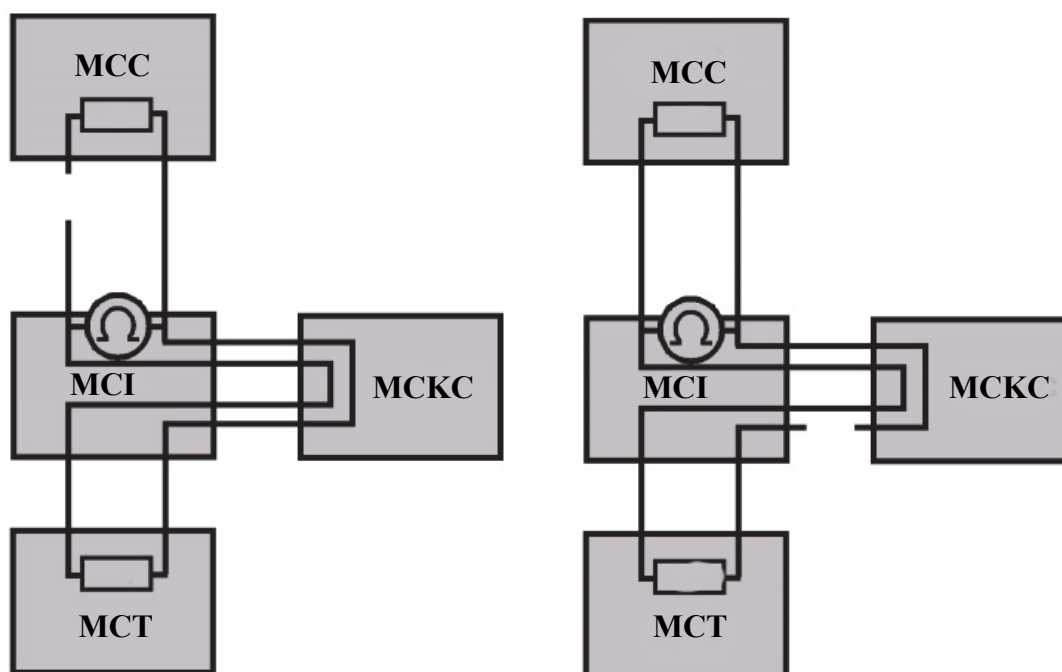


Рис. 2.24. Пример диагностики сопротивления цепи.
Полученная величина сопротивления 120 Ом – обрыв сети

Разрыв (измеряемое сопротивление равно 120 Ом) часто возникает в кабеле манипулятора как следствие постоянных механических воздействий при его перемещении, однако он также может появляться в кабелях МСКС и МСТ в кабине. Для проверки кабеля манипулятора следует заменить его коротким кабелем, целостность которого не ставится под сомнение. Если соединение не восстановлено, то возможная причина неисправности может заключаться в следующем. Нагрузочный резистор одного из блоков

(МСС либо МСТ) может быть поврежден повышенным напряжением, действовавшим на шину CAN. В этом случае необходимо определить сопротивление каждого отдельного модуля с нагрузочным резистором, предварительно отключив их от системы. Если сопротивление равно 120 Ом, нагрузочный резистор в работоспособном состоянии и цепь в порядке. В случае отсутствия сопротивления диагностируется замыкание между цепями CAN (кабель поврежден). Если сопротивление бесконечно большое, то наблюдается повреждение нагрузочного резистора.

Необходимо отметить, что существует 2 основных сообщения на дисплее Motomit, в случае когда все кабели подсоединены и питание включено:

1. *CONNECTION FAULT / Head power is turned off (НЕТ КОНТАКТА / Питание агрегата)*: напряжения CAN_high и CAN_low равны 1,3 В; на положительном и отрицательном проводах питания – 0 В.

2. *Connection OK (Соединение установлено)*: напряжения CAN_high и CAN_low равны 2,5 В. На положительном и отрицательном проводах питания действует напряжение сети системы, подводимое к блоку MCI (24 В). Следует обратить внимание на то, что при использовании штатного кабеля стрелы потери напряжения в нем невелики.

Существуют также неисправности, приводящие к кратковременному либо долговременному разрыву соединения по шине CAN и при этом не диагностируемые посредством измерения напряжения. К примеру, короткое замыкание в датчике исходного положения пилы может вызвать постоянную ошибку соединения, а неисправный импульсный датчик пилы может приводить к разрыву соединения несколько раз в смену. Слишком большая потребляемая мощность в модуле MCI также приводит к разрыву соединения. Выходные токи модуля головки не должны превышать 2,5 А.

Во всех отмеченных случаях следует изучить распечатку кодов ошибок. Ошибка 801 свидетельствует об отсутствии напряжения на модуле головки. Ошибка 802 возникает при разрыве соединения в шине CAN. Данный код регистрируется, если контрольный сигнал пропадает более чем на 1,3 с. Другие коды (8XX), указывающие на неполадки в шине CAN, возникают из-за неисправностей в программном обеспечении системы и предназначены для разработчиков программы.

2.3. Автоматизация процесса раскряжевки харвестером

Технологический процесс работы харвестера, включающий операции валки деревьев, обрезки сучьев и раскряжевки стволов деревьев на сортименты, неразрывно связан с процессами автоматического прогнозирования и контроля длины выпиливаемых сортиментов и учета их объема. Конструкции измерительного оборудования, используемого для учета сортиментов, и способы расчета объема детально рассмотрены в подразд. 2.1 и 2.2. В данном подразделе рассмотрим работу программных средств.

Работа программных средств по предварительному заданию требуемой длины выпиливаемых сортиментов в зависимости от их породы, диаметра, качества и других данных, по автоматическому прогнозированию и контролю процесса раскряжевки необходима для интенсификации процесса заготовки и снижения утомляемости оператора. Каждый производитель систем управления работой харвестера имеет собственный программный интерфейс, реализующий данные функции. При этом общая логика их функционирования в целом схожа.

Для каждой породы дерева формируется инструкция по раскряжевке в виде таблицы, по горизонтали и вертикали которой указываются диаметры и длины сортиментов. До начала разработки лесосеки по распоряжению лица, ответственного за номенклатуру производимой продукции, заполняется таблица инструкций по раскряжевке, находящаяся в электронном виде на центральном компьютере системы управления. Данная инструкция также может быть передана в компьютер харвестера в режиме on-line, как, например, в Швеции (см. подразд. 1.1).

В таблице на пересечении каждого диаметра и длины сортимента вводится численная величина приоритета получения данного сортимента. Приоритет может быть задан в любых единицах, однако в ряде европейских стран для этого используют истинное значение цены сортимента заданной породы, длины, диаметра и качества. По этой причине данные таблицы инструкций по раскряжевке часто именуются матрицами (таблицами) цен. В качестве примера на рис. 2.25 приведено формирование матрицы цен в программной среде Opti харвестеров Ponsse. Матрица цен в данной системе хранится в виде файла *.APT. В области I окна,

изображенного на рис. 2.25, предварительно выбирается порода и вид сортимента, для которого будет заполняться матрица цен. Стоит обратить внимание, что последующий учет объемов сортиментов по их виду напрямую зависит от формирования данных таблиц. Объем каждого сортимента будет отнесен к тому виду, для которого он заполнен в матрице цен. Все породы и виды сортиментов, которые можно выбрать в данной области, предварительно создаются во вкладке «Породы и сортименты».

The screenshot shows a software interface with the following components:

- 1. Породы и сортименты (Species and Sortiments):** Includes dropdowns for 'Порода дерева' (Eль, 2) and 'Сортимент' (Пилев.ипп.), and a field for 'Номер предварительного' (44 4).
- 2. Матрицы (Price Matrix):** A table with columns for 'Длина' (405, 550) and 'Классы диаметра' (120-250). The table is mostly empty, with some values in the bottom row.
- 3. Параметры (Parameters):** Includes 'Тест диаметр, мин' (50 50) and 'Тест диаметр, макс' (899 899).
- 4. Кора (Bark):** A vertical column on the right side of the matrix.
- Configuration Panels:**
 - Измерительная точка тест диаметра:** 'В точке' (0 см).
 - Критерии ствола:** '0 - С любой частью ствола' (5).
 - Качество:** Radio buttons for Q1-Q16.
 - Крайние измерения и тип объема:** 'Минимум: 50', 'Внизмакс: 340'.
 - Тип вычисления объема:** 'Длина из матрицы цен' (8).
 - Классы диаметра:** 'Под корой' (9).

Рис. 2.25. Заполнение таблицы инструкций по раскряжевке (матрицы цен)

В область 2 (рис. 2.25) вносятся длины выпиливаемых сортиментов, а в область 3 классы диаметров (диаметры вершин). В область 4 вносится величина приоритета выпиливаемых сортиментов. При этом программа раскряжевки всегда пытается найти наибольшее значение в матрицах, т.е. выпилить наиболее дорогостоящий сортимент. Область 5 заполняется в случае, если сортименты данного вида должны быть выпилены из определенной части ствола, в противном случае в данной области выставляется

значение «из любой части ствола». В области *b* задается качество сортиментов. Эта графа должна содержать различные данные для разных видов сортиментов. К примеру, пиловочник – $Q1$, балансы – $Q1$ и $Q2$, дрова – $Q1$, $Q2$ и $Q3$.

Для правильного учета объема выпиленных сортиментов и улучшения качества прогнозирования выхода сортиментов из ствола необходимо в матрице цен указывать значения минимального и максимального диаметров для данной породы и вида сортимента (область 7, рис. 2.25).

Области 8 и 9 также используются для уточнения данных при расчете объема сортиментов. К примеру, длина выпиленного сортимента может быть учтена по фактическому значению, которое зафиксировало измерительное устройство харвестерной головки, по длине той области матрицы цен, в которую попадает данный сортимент, либо по округленному до целого дециметра значению. В зонах 10, 11 устанавливаются припуски длин сортиментов и диаметров.

Нередко при реализации автоматической программы раскряжевки сортиментов оператор замечает некоторые пороки древесины. При этом ему необходима возможность остановить процесс автоматической раскряжевки и задать в данном конкретном случае иной вид сортимента и раскряжевать его вручную. Для этого в графе 12 напротив столбца с нужной длиной сортимента устанавливается курсор, а на джойстике нажимается та кнопка, которая во время работы машины переключает ее на режим ручной раскряжевки.

Последующие функции окна матрицы цен предназначены для более тонкой настройки работы машины под конкретного оператора. К примеру, при отсутствии символа в графе «Автоматическое пиление» оператор самостоятельно контролирует момент начала раскряжевки путем нажатия соответствующей клавиши на джойстике.

Скорость проведения операции обрезки сучьев харвестерной головкой достаточно высока и в ряде случаев может достигать 5–6 м/с. Мгновенная остановка агрегата при достижении заданной длины не возможна даже при более низких скоростях движения ствола. В этой связи важно определить интервал длин сортиментов относительно базового значения, остановка в котором будет являться приемлемой для выполнения последующей раскряжевки. Указание данного интервала производится путем задания величины пиловочного окна для каждого вида сортимента во вкладке «Породы и сортименты» (рис. 2.26).

В области 1 (рис. 2.26) вводятся названия встречающихся пород и каждой из них присваивается условный код. В области 2 для данных условных кодов определяется номенклатура сортиментов с указанием размеров пиловочного окна в сантиметрах в области 3. Следует обратить особое внимание на размеры пиловочного окна и его расположение. Размер, как правило, принимается в зависимости от типа сортимента и скорости его обработки.

1. Породы и сортименты		2. Матрицы		3. Параметры		4. Кора																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Породы</th> <th>Название</th> <th>Код</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>Сосна</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Ель</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Береза</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Осина</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Наименование породы</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Породы	Название	Код		Сосна	1		Ель	2		Береза	3		Осина	4		Наименование породы		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Группы сортимента</th> <th>Название</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td></td> </tr> <tr> <td>8 (Gentle)</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Группы сортимента	Название	1	X	2		3		4		5		6		7		8 (Gentle)																															
Породы	Название	Код																																																																							
	Сосна	1																																																																							
	Ель	2																																																																							
	Береза	3																																																																							
	Осина	4																																																																							
	Наименование породы																																																																								
Группы сортимента	Название																																																																								
1	X																																																																								
2																																																																									
3																																																																									
4																																																																									
5																																																																									
6																																																																									
7																																																																									
8 (Gentle)																																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Сортименты</th> <th colspan="4">Данные сортимента</th> <th colspan="2">Пиловое окно [см]</th> <th colspan="2">Допустимый предел качества [см]</th> </tr> <tr> <th>Название</th> <th>Код</th> <th>Группа</th> <th>RI</th> <th>Покупатель</th> <th>Описание</th> <th>Цвет</th> <th>ROE</th> <th>Начало</th> <th>Конец</th> <th>В начале</th> <th>В конце</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Пилов. эксп</td> <td></td> <td>1</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td>8</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>5</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Пилов.</td> <td></td> <td>1</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td>8</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>5</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Баланс</td> <td></td> <td>1</td> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td>8</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>5</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Дрова</td> <td></td> <td>1</td> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td>8</td> <td>0</td> <td>-3</td> <td>3</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>				Сортименты		Данные сортимента				Пиловое окно [см]		Допустимый предел качества [см]		Название	Код	Группа	RI	Покупатель	Описание	Цвет	ROE	Начало	Конец	В начале	В конце	Пилов. эксп		1	1			8	0	2	5	0	0	Пилов.		1	1			8	0	3	5	0	0	Баланс		1	2			8	0	2	5	0	0	Дрова		1	2			8	0	-3	3	0	0
Сортименты		Данные сортимента				Пиловое окно [см]		Допустимый предел качества [см]																																																																	
Название	Код	Группа	RI	Покупатель	Описание	Цвет	ROE	Начало	Конец	В начале	В конце																																																														
Пилов. эксп		1	1			8	0	2	5	0	0																																																														
Пилов.		1	1			8	0	3	5	0	0																																																														
Баланс		1	2			8	0	2	5	0	0																																																														
Дрова		1	2			8	0	-3	3	0	0																																																														

Рис. 2.26. Задание пород сортиментов и установление их данных

Отрицательные величины начала пиловочного окна позволяют харвестерной головке провести раскряжевку сортимента с длиной меньше базовой на задаваемую величину, а положительные – обеспечивают выпиливание раскряжевку сортиментов длиной строго больше базовой величины. Так, к примеру, при базовом значении длины сортимента 600 см задание пиловочного окна со значениями от -3 до $+3$ означает, что приемлемыми для данной породы и типа являются сортименты длиной 597–603 см. При значениях пиловочного окна от $+2$ до $+5$ приемлемой длиной сортимента будет считаться 602–605 см. На практике следует стремиться к минимальному значению пиловочного окна, однако слишком малые его размеры могут привести к «неустойчивой работе харвестерной головки». Энергия движения дерева не может мгновенно погаситься прижатием сучкорезных ножей и блокированием протаскивающих валцов. В случае если длина сортимента превышает заданную базовую длину, скорректированную на величину пиловочного окна, харвестерная головка стремится с помощью реверсивного движения вернуться в допуск пиловочного окна. Однако при высоких показателях разгонных характеристик харвестерная головка может вновь «проскочить» область пиловочного окна. Указанное повторяется до

того момента, пока харвестерная головка не остановится в допуске пиловочного окна. В этой связи размер пиловочного окна не рекомендуется задавать с диапазоном менее 3 см.

Программы раскряжевки ведут постоянное накопление данных выходного количества сортиментов, получаемых с каждого ствола каждой породы. В базу данных заносится порода, диаметр в месте захвата (среза), диаметры дерева по длине и длины сортиментов, полученных с одного ствола. Расчетным показателем является величина сбегства ствола. После валки каждого последующего дерева и указания его породы программа раскряжевки сравнивает породу и диаметр в месте захвата с имеющимися в базе данных стволов, делает прогнозы по возможным вариантам раскряжевки ствола и принимает промежуточное решение в соответствии с таблицей инструкций по раскряжевке. Указанное решение не является окончательным и в процессе движения ствола в харвестерной головке может корректироваться программой в автоматическом режиме.

2.4. Гидравлические системы управления технологическим оборудованием лесозаготовительных машин

2.4.1. Устройство. Наиболее распространенным типом гидросистем, применяемых в современных лесозаготовительных машинах, являются гидросистемы открытого контура. Традиционно, данный вид гидросистем имеет дроссельное управление. Такой тип управления имеет ряд недостатков, основным из которых является значительная потеря энергии на дросселирование [2].

Если насос должен снабжать несколько потребителей с клапанным распределением, то при неблагоприятных рабочих условиях потери дросселирования могут значительно возрасти и повлечь за собой нагревание гидравлической жидкости. Такие рабочие состояния возникают в диапазонах парциальной нагрузки, т. е. тогда, когда насос подает больше масла, чем требуется для потребителя. Поэтому целесообразно сокращать данные потери путем согласования подводимой мощности (объемная подача насоса и давление) с потребляемой. Эта задача принципиально решается двумя способами: использованием электронных систем

управления и систем с гидравлическим откликом. В настоящее время наибольшее развитие получило гидравлическое решение этой задачи в двух вариантах систем управления LS (Load Sensing, или чувствительный к нагрузке) и LUDV или Flow-Sharing (независимое от нагрузки распределение потока) [3, 4].

Рассмотрим основные принципы работы систем LS и LUDV, а также их отличие от дроссельного управления.

Термин LS (Load Sensing) применяется для гидравлических систем, в которых мгновенное давление нагрузки служит сигналом обратной связи для управляющего устройства, которое, в свою очередь, устанавливает необходимое давление насоса. Давление насоса поддерживается равным давлению нагрузки наиболее нагруженного потребителя плюс постоянное управляющее давление (как правило, 14–25 бар). С помощью компенсаторов давления (рис. 2.27) поддерживается постоянный перепад давления на дросселях A_1 и A_2 , что и определяет отсутствие зависимости скорости потребителя от его нагрузки. Такой подход в управлении позволяет значительно повысить общий КПД гидросистемы при частичных нагрузках за счет соблюдения расхода и поддержания давления, определяемых реальной потребностью исполнительных механизмов.

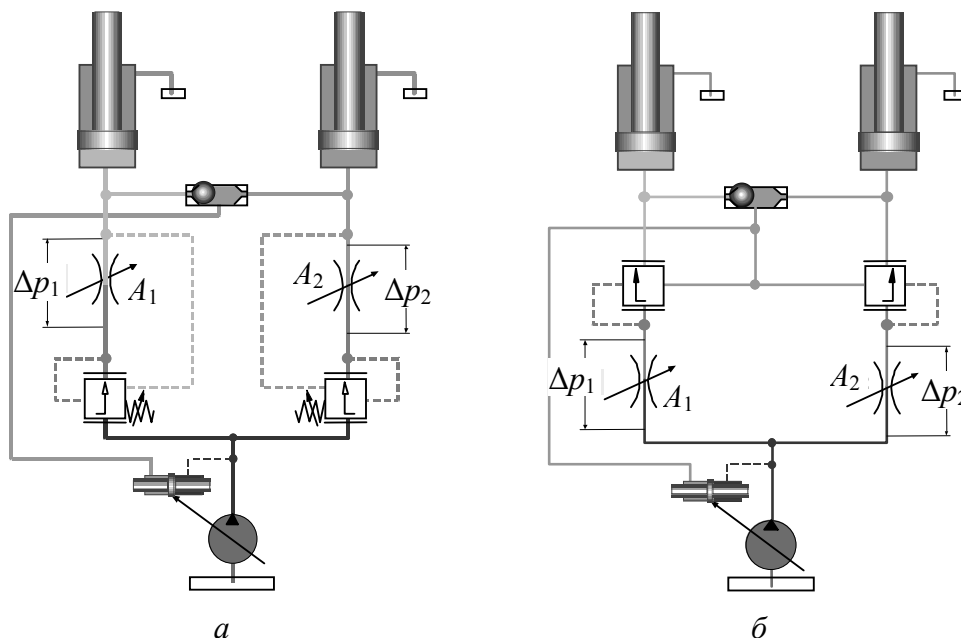


Рис. 2.27. Принципиальные схемы управления:
а – LS; б – LUDV

Гидросистема с управлением LS может быть выполнена в двух вариантах [5–8]: с открытым центром и нерегулируемым насосом (рис. 2.28, а) и закрытым центром и регулируемым насосом (рис. 2.28, б).

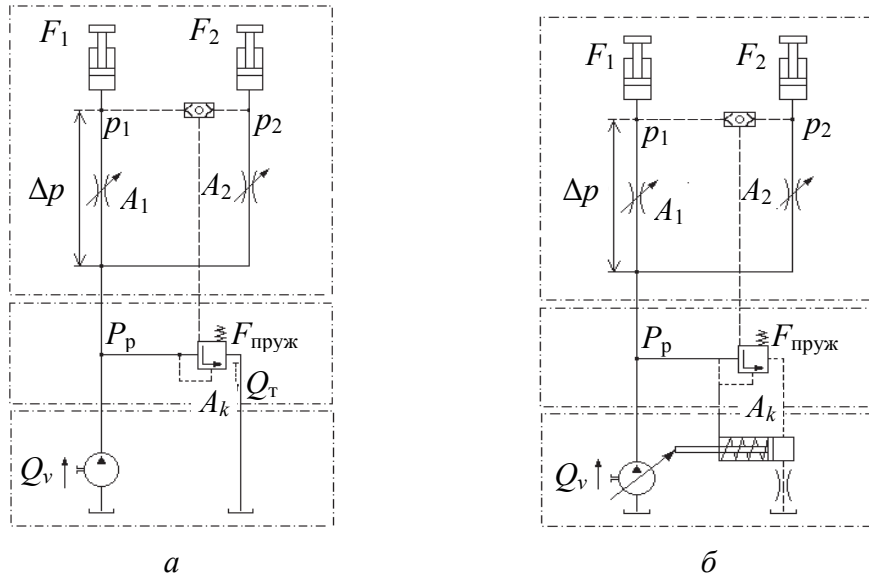


Рис. 2.28. Варианты исполнения системы LS:
 а – открытый центр с нерегулируемым насосом;
 б – закрытый центр с регулируемым насосом

Энергетический баланс системы со стандартным дроссельным управлением и нерегулируемым насосом, системы LS с нерегулируемым насосом и системы LS с регулируемым насосом различен. Принципиальная разница в КПД данных систем приведена на рис. 2.29.

Следует отметить, что система LS работает независимо от давления нагрузки только тогда, когда суммарный расход, проходящий через переменные дроссели, меньше величины максимальной подачи насоса. Если при работе нескольких потребителей необходимо пропустить к ним больший поток, чем может обеспечить насос, то компенсатор каждого потребителя не может обеспечить управляющий перепад давления на золотнике этого потребителя. Вследствие чего компенсатор давления открывается полностью и в распределении потока не участвует. Расход насоса больше не делится пропорционально сечению дросселей, и поток направляется к потребителям уже зависимо от давления нагрузки, предпочтительно к потребителям с минимальным давлением нагрузки. Потребители с большим давлением нагрузки снижают свою скорость вплоть до полной остановки.

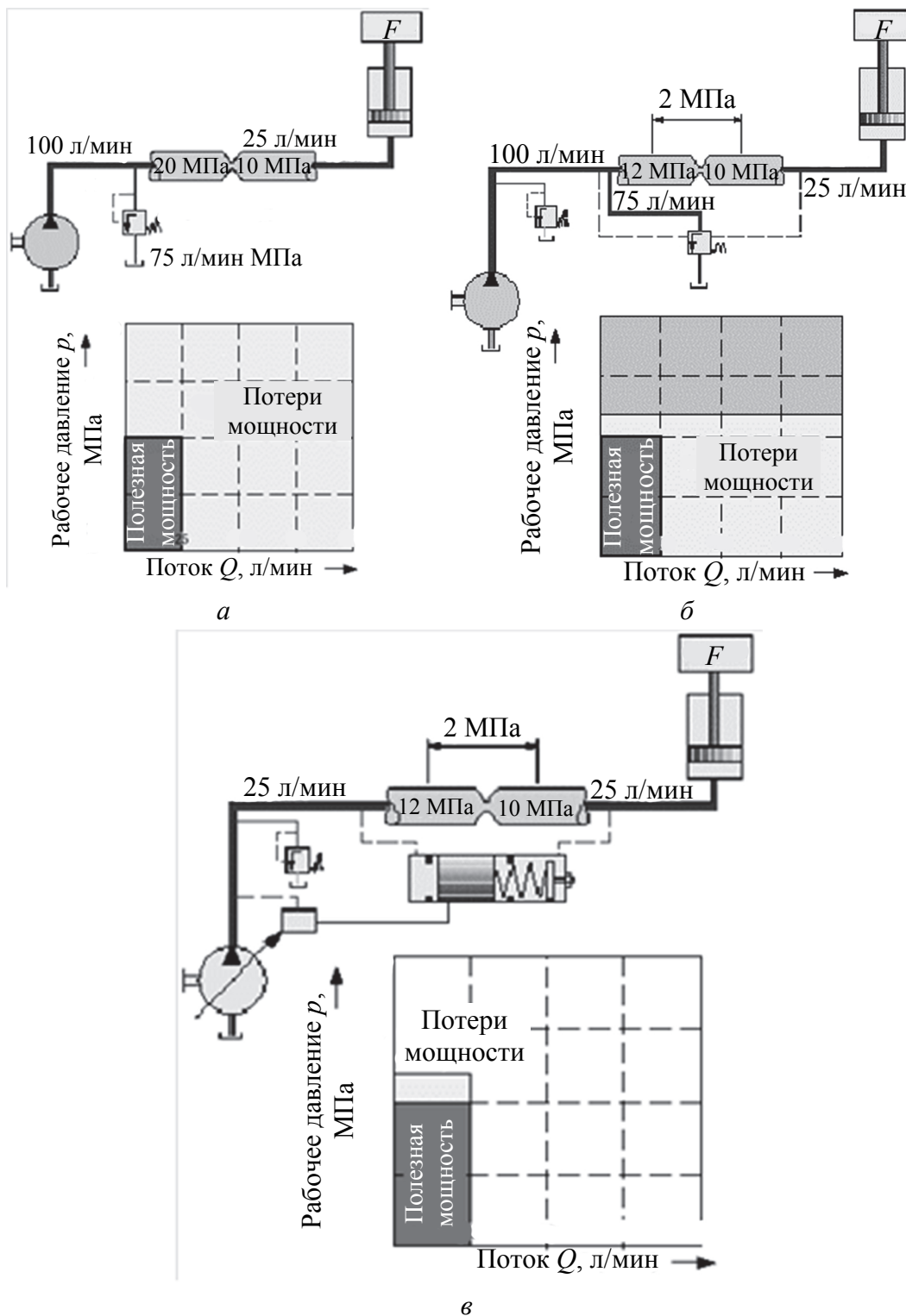


Рис. 2.29. Энергетический баланс систем управления:
а – стандартного дроссельного управления с нерегулируемым насосом;
б – Load Sensing с нерегулируемым насосом;
в – Load Sensing с регулируемым насосом

Поэтому в гидросистемах лесозаготовительных машин с мощностью свыше 130 кВт находят применение системы LUDV или Flow-Sharing (независимое от нагрузки распределение потока). Как показано на рис. 2.27, б, компенсаторы давления подключены после переменных дросселей и самое высокое давление наиболее нагруженного потребителя сообщается не только насосу, но и на компенсаторы давления остальных потребителей.

Перепад давления Δp , заданный регулятором «давление/поток» на насосе, используется в качестве перепада давления, управляющего системой. Насос обеспечивает подачу пропорционально сечениям переменных дросселей A_1 и A_2 . Перепады давления на переменных дросселях (Δp_1 и Δp_2) равны между собой, так как управляющее давление всех компенсаторов одинаково.

Если подачи насоса недостаточно, чтобы «заполнить» сечения регулируемых дросселей для работы всех потребителей, то величины Δp_1 и Δp_2 снижаются. При этом распределение расхода происходит независимо от давления нагрузки пропорционально положениям золотников.

В качестве примера рассмотрим следующую ситуацию. При работе одного потребителя с номинальным расходом $Q = 80$ л/мин регулируемый насос обеспечивает ему требуемый поток. При подключении второго потребителя с $Q = 50$ л/мин общий расход в системе должен вырасти до 130 л/мин. Однако если максимальная подача насоса $Q = 100$ л/мин, то его производительности недостаточно для обеспечения полной подачи на всех потребителей. В случае работы системы LUDV – поток гидравлической жидкости между двумя потребителями распределится в соотношении $100 / 130 = 0,77$.

Таким образом, практическое преимущество системы LUDV перед системой LS наблюдается в гидросистемах машин, для которых важно сохранение синхронности движений при изменении их скорости.

Примером может служить гидросистема привода харвестерной головки и манипулятора от одного гидронасоса. Также целесообразно применять систему LUDV для машин с большим количеством исполнительных механизмов при небольшой вероятности их совместной работы. В этом случае можно применить насос меньшей производительности, который тем не менее обеспечит работу любого количества одновременно работающих механизмов.

2.4.2. Настройка гидравлических компонентов. Помимо систем регулирования потоков гидравлической жидкости лесозаготовительные машины оборудуются системами регулирования гидроклапанов, которые позволяют использовать различные характеристики плавного включения, изменения потока и выключения.

В качестве примера рассмотрим порядок настройки гидравлических компонентов харвестерных головок. Основными регулируемыми параметрами являются: давление в гидроцилиндре прижатия сучкорезных ножей к стволу дерева, давление в гидроцилиндре открытия-закрытия протаскивающих валцов, давления в механизме надвигания пильной шины.

Калибровка давления прижатия сучкорезных ножей и валцов осуществляется в ручном режиме и представляет собой выставление согласованной величины давления в гидроцилиндрах прижатия в зависимости от регистрируемого диаметра ствола. На рис. 2.30, *а* приведено окно регулировки данных параметров для харвестерных головок Ponsse в системе управления Opti. Кроме того, для регулирования работы электропропорционального клапана используется калибровка зависимости тока, подаваемого на электромагнит, и давления в гидросистеме. Она калибруется автоматически, по нажатию соответствующей кнопки рис. (2.30, *б*).

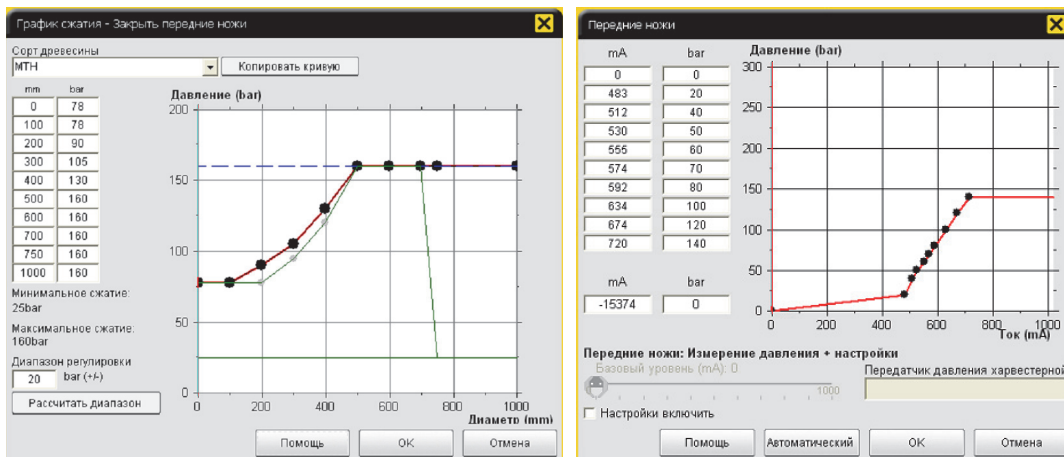


Рис. 2.30. Регулирование рабочей характеристики электропропорционального клапана:

- а* – давления прижатия ножей от диаметра ствола (в зависимости от породы)
- б* – рабочего давления от тока, подаваемого на клапан (характеристика клапана не регулируется)

Вместе с тем следует отметить, что для решения ряда насущных проблем повышения эффективности работы лесозаготовительных машин не достаточно локального использования вышеописанных систем гидравлического управления. Дальнейший рост эффективности лесозаготовительных машин возможен за счет следующих качественных изменений:

- согласованного регулирования режимов работы двигателя и гидропривода технологического оборудования (это возможно только за счет регулирования величин давления и расхода в гидросистемах на основе единых исходных данных, получение которых возможно с помощью датчиков, включенных в электронные сети, к примеру CAN;

- создания систем регулирования привода технологического оборудования и трансмиссии с логикой управления, основанной на характеристиках условий движения и предмета труда;

- разработки единого логического аппарата для однозначного задания режимов работы, обеспечивающих рациональное соотношение производительности и топливных затрат машин.

2.4.3. Диагностика гидравлических систем. Диагностика гидроприводов лесозаготовительных машин осуществляется преимущественно с использованием переносных измерительных приборов. В качестве примера рассмотрим сервисный прибор с CAN-подключением Parker Service Master Plus (рис. 2.31). Прибор оснащается большим количеством соединительных портов для датчиков и передатчиков сигналов. Их фактическое количество зависит от модели измерительного прибора. Подробная информация о модели и версии обычно указана на паспортной табличке, расположенной на задней стороне прибора).

К примеру, в модели прибора SCM 500 00 00, используемого на кафедре лесных машин, дорог и технологий лесопромышленного производства, применена следующая конфигурация портов:

- порты для 16 (максимум) датчиков CAN-шины (CAN_Low, CAN_Hight);
- порт для цифрового входа (D IN);
- порт для цифрового выхода (D OUT);
- разъем для карты памяти microSD;
- порты USB и LAN.



Рис. 2.31. Диагностический прибор Parker Service Master Plus

Данный переносной многофункциональный измерительный прибор используется в гидравлических системах для измерения давления, температуры, объемного расхода и скорости потока. Прибор способен выполнять измерение, мониторинг, анализ и сохранение данных. Для оптимизации использования прибора и выполнения задач по обслуживанию и ремонту имеются различные приложения.

Данный прибор может одновременно осуществлять регистрацию и обработку результатов измерений по 54 каналам или работать с 26 датчиками. Датчики подключаются к двум гальванически развязанным сетям CAN (разъем M12×1), а также к стандартным аналоговым входам (двухтактный разъем типа Push-Pull, SCM 500 01 00/01). Параметризация единиц измерения и измерительных диапазонов осуществляется в датчиках автоматически посредством функции автоматической идентификации (с частотой измерений до 1 мс). Аналоговый сигнал от датчиков без функции автоматической идентификации также может использоваться при частоте измерений до 0,1 мс. К тому же имеются цифровой вход и цифровой выход.

После включения прибора отображаются измеренные значения, полученные от подключенных датчиков, оснащенных функцией автоматической идентификации. Программное обеспечение прибора позволяет выбирать различные варианты отображения, включая числовые значения, гистограмму или кривые. Также имеются различные типы регистрации измерений (пуск/стоп, точки, триггер). Каждый зарегистрированный процесс измерений может включать в себя

до 4 млн отдельных измеренных значений. Полностью память измерений может содержать более 1 млрд измеренных значений (в зависимости от размера используемой дополнительной памяти).

Подключение к ПК или сети Ethernet может осуществляться через порты USB и LAN. Эти соединения могут использоваться для подключения программного обеспечения ПК с целью выполнения анализа измерений и возможности дистанционного управления прибором (рис. 2.32 и 2.33).

Датчики CAN подключаются к портам CAN X или CAN Y на диагностическом приборе (рис. 2.33). Возможно подключение до восьми датчиков CAN посредством шины к каждому порту для шины CAN. При подключении нескольких датчиков к шине необходимо использовать дополнительный Y-разветвитель. Измерительный диагностический прибор автоматически определяет единицы измерений и измерительный диапазон датчиков CAN. После завершения кратковременного процесса параметризации результаты измерений начинают отображаться на экране прибора.



Рис. 2.32. Расположение основных внешних элементов прибора:
1 – входной модуль; 2 – дополнительный входной модуль (опциональный);
3 – вход и выходы на базовом приборе; 4 – порты связи; 5 – экран;
6 – клавиатура; 7 – защитный резиновый футляр для корпуса

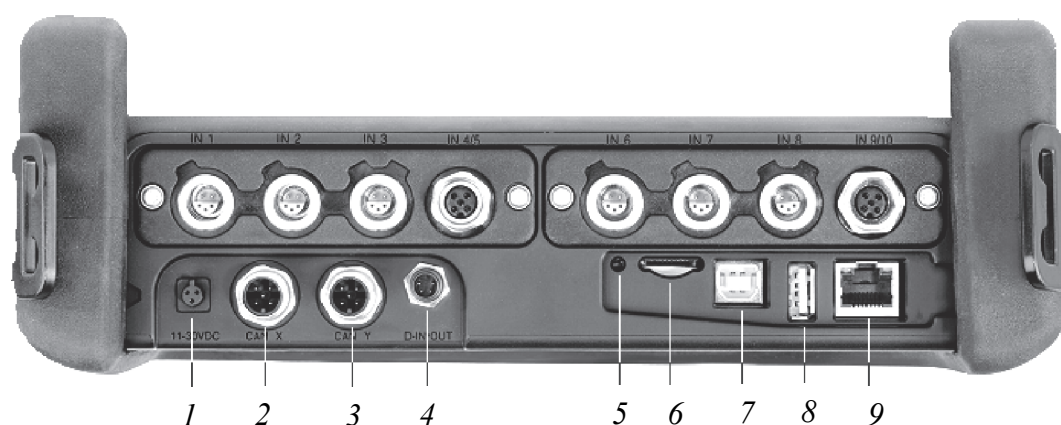


Рис. 2.33. Нижний ряд портов прибора:

- 1 – соединение питания (11–30 В); 2 – шина сети CAN X;
 3 – шина сети CAN Y; 4 – цифровой вход/выход (IN/OUT); 5 – сброс;
 6 – гнездо для карты памяти microSD; 7 – USB-порт для подключения к ПК;
 8 – порт USB (хост) для flash-накопителей; 9 – Ethernet LAN

Непосредственное подключение датчиков необходимо производить в следующем порядке: сначала подключить датчики в месте их использования, далее подсоединить их к магистральной шине, а затем произвести непосредственное подключение магистральной шины к включенному прибору (рис. 2.34). После подключения прибор автоматически начнет поиск датчиков.



Рис. 2.34. Подключение датчиков к диагностическому прибору Parker Service Master Plus:

- 1 – соединительный кабель; 2 – Y-разветвитель;
 3 – оконечный резистор; 4 – датчик CAN

Цифровые входы и выходы подключаются к порту IN/OUT (рис. 2.33). Подключение к цифровым входам и выходам выполняется в соответствии с распиновкой разъема подключения (рис. 2.35).

Существует два способа подключения датчиков, которые не имеют функции автоматической идентификации:

1) при прямом подключении датчики без функции автоматической идентификации подключаются к аналоговому входу IN 4/5 первого опционального входного модуля или к аналоговому входу IN 9/10 второго опционального входного модуля;

2) при подключении датчика с помощью переходника последний подключается между датчиком без функции идентификации и аналоговым портом датчика с автоматической идентификацией (IN 1/3, IN 6/8).

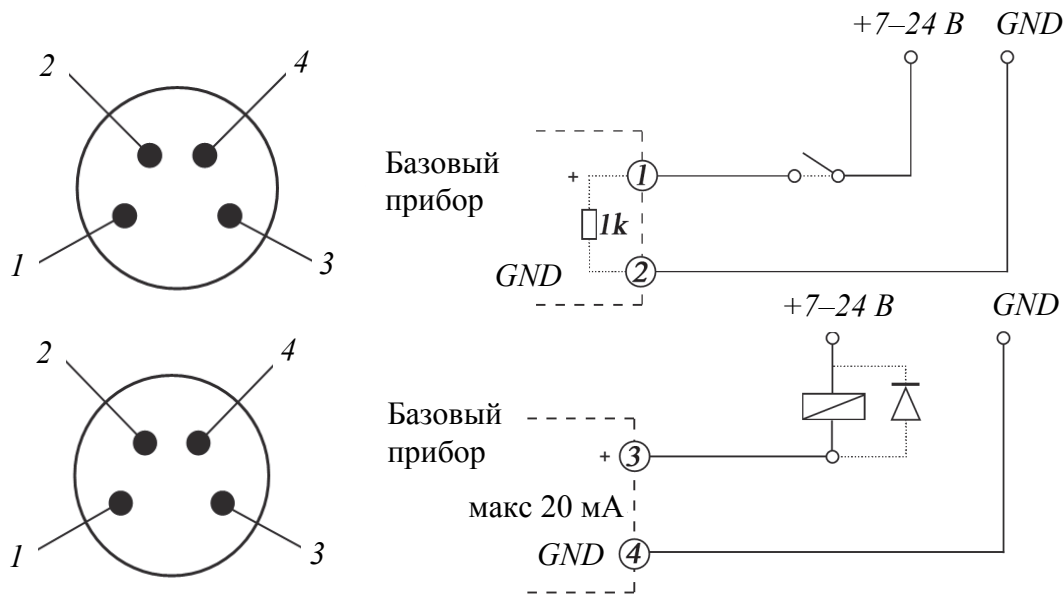


Рис. 2.35. Распиновка цифрового входа (выхода) IN/OUT и примеры подключения ко входу (выходу):
контакты 1, 3 – цифровой вход «+»;
контакты 2, 4 – цифровой вход, заземление

После подключения датчика без функции идентификации через главное меню следует выбрать подменю INPUT, указать настройки электрического соединения и ожидаемый сигнал, который соответствует подключенному датчику.

В практике диагностики лесозаготовительных машин применяются следующие подключаемые к диагностическому прибору датчики (рис. 2.36).

Прибор осуществляет замеры по всем подсоединенным датчикам и каналам одновременно с высокой частотой опроса (0,1 мс или ≥ 1 мс). Существуют две возможности:

- АСТ/MIN/MAX: скорость опроса не меньше 1 мс;
- FAST (АСТ): скорость опроса равна 0,1 мс.

Измеренные значения сохраняются в соответствии с настройкой, выполненной в подменю MEMORY FORMAT (меню MEMORY).

Ввиду высокой скорости опроса все измеренные значения АСТ/MIN/MAX сохраняются в сжатом формате. Текущее значение (АСТ) является последним значением, измеренным датчиком, в течение установленного периода регистрации.



Рис. 2.36. Датчики для диагностики работы

технологического оборудования лесозаготовительных машин:

а – CAN-датчик давления; *б* – CAN-датчик частоты вращения; *в* – аналоговый расходомер с разъемом подключения датчика давления или температуры

Передача файла данных сжатого формата *.SCPO на персональный компьютер осуществляется посредством карт памяти или flash-накопителей. При этом обработка данных осуществляется в специализированном программном пакете SensoWin.

2.5. Локальные сети лесозаготовительных машин. Шина CAN. Принципы функционирования и диагностика

Электронные блоки и датчики, входящие в систему управления лесозаготовительной машиной, соединяются в единую локальную сеть при помощи шины CAN. Обозначение CAN является сокращением от англ. Controller Area Network (локальная сеть, связывающая блоки управления). Шина CAN является обособленной системой электронного оборудования автомобиля. В рамках данного подраздела подробнее рассмотрим структуру шины, протоколов передачи данных и диагностику неисправностей машин с ее использованием.

Существует множество протоколов (и уровней протоколов) передачи данных по шине CAN. Среди них: CANOpen, CAL, DeviceNet, SDS, SeleCAN, SAE J1939, CAN Kingdom, CANaerospace и др. Каждый из указанных протоколов высокого уровня имеет свои специфические особенности и предназначен для использования в определенных областях техники. К примеру протокол CAN Kingdom используется в лесозаготовительной технике, а протокол CAL и CANOpen – в деревообрабатывающих станках.

Все работы в сфере CAN координируются CAN in Automation (CiA) – Международной ассоциацией пользователей и производителей CAN, основанной в 1992 г.

Применение системы управления на основе шин CAN дает следующие преимущества:

- унифицированная база обмена данными между блоками управления. Эту базу называют протоколом, а шина CAN представляет собой систему проводников, обеспечивающих передачу данных по определенному протоколу;

- реализация на основе уже существующей шины обмена данными новых систем или подключение нового оборудования. К примеру, система выравнивания кабины в горизонте (Autolew на харвестерах Komatsu) передает информацию о положении кабины и управляющие сигналы для ее корректировки по той же шине, что и основное технологическое оборудование;

- возможность подключения датчиков и электронных блоков при помощи обычных проводов и стекловолоконных проводников;

– возможность сбора информации и одновременной диагностики множества электронных блоков и датчиков с использованием внутренних систем контроля и внешних подключаемых устройств.

К системам управления лесозаготовительными машинами и передачи данных в них применяются следующие требования:

– обеспечение максимальной надежности: внутренние и наружные помехи должны быть обязательно распознаны;

– высокая живучесть: при выходе из строя одного из блоков управления система должна продолжать функционировать, обеспечивая обмен данными между ее работоспособными компонентами;

– высокая плотность потока данных: все блоки управления должны в каждый момент времени располагать одинаковой информацией и получать одинаковые данные, а при повреждении системы все блоки управления должны получать информацию о ее неисправности;

– высокая скорость передачи данных: обмен данными между подключенными к сети компонентами должен производиться в реальном времени.

В современных шинах CAN сигналы передаются в цифровом виде и в целом при использовании медных проводников обеспечивается скорость передачи данных до 1 Мбит/с. При использовании стекловолоконных проводников скорость обмена данными может быть повышена.

В лесозаготовительных машинах для различных частей системы управления предъявляются различные требования к тактовой частоте и объему передаваемой через шину CAN информации. Обмен данными с двигателем, трансмиссией и элементами технологического оборудования производится по «высокоскоростной» (High Speed) шине CAN со скоростью 500 кбит/с, что обеспечивает работу системы в реальном времени. Вспомогательные системы машины, использующие для передачи сеть CAN, работают на более низких скоростях передачи (до 100 кбит/с).

Сеть CAN (рис. 2.37) объединяет несколько блоков управления. Блоки управления подключаются к ней через трансиверы (приемопередатчики). Таким образом, все отдельные станции сети находятся в одинаковых условиях, т. е. все блоки управления равнозначны и ни один из них не имеет приоритета. При этом говорят о так называемой многоабонентской архитектуре.

Обмен информацией производится путем передачи последовательных сигналов. Теоретически шина CAN может работать с одним соединительным проводом CAN_high или CAN_low.

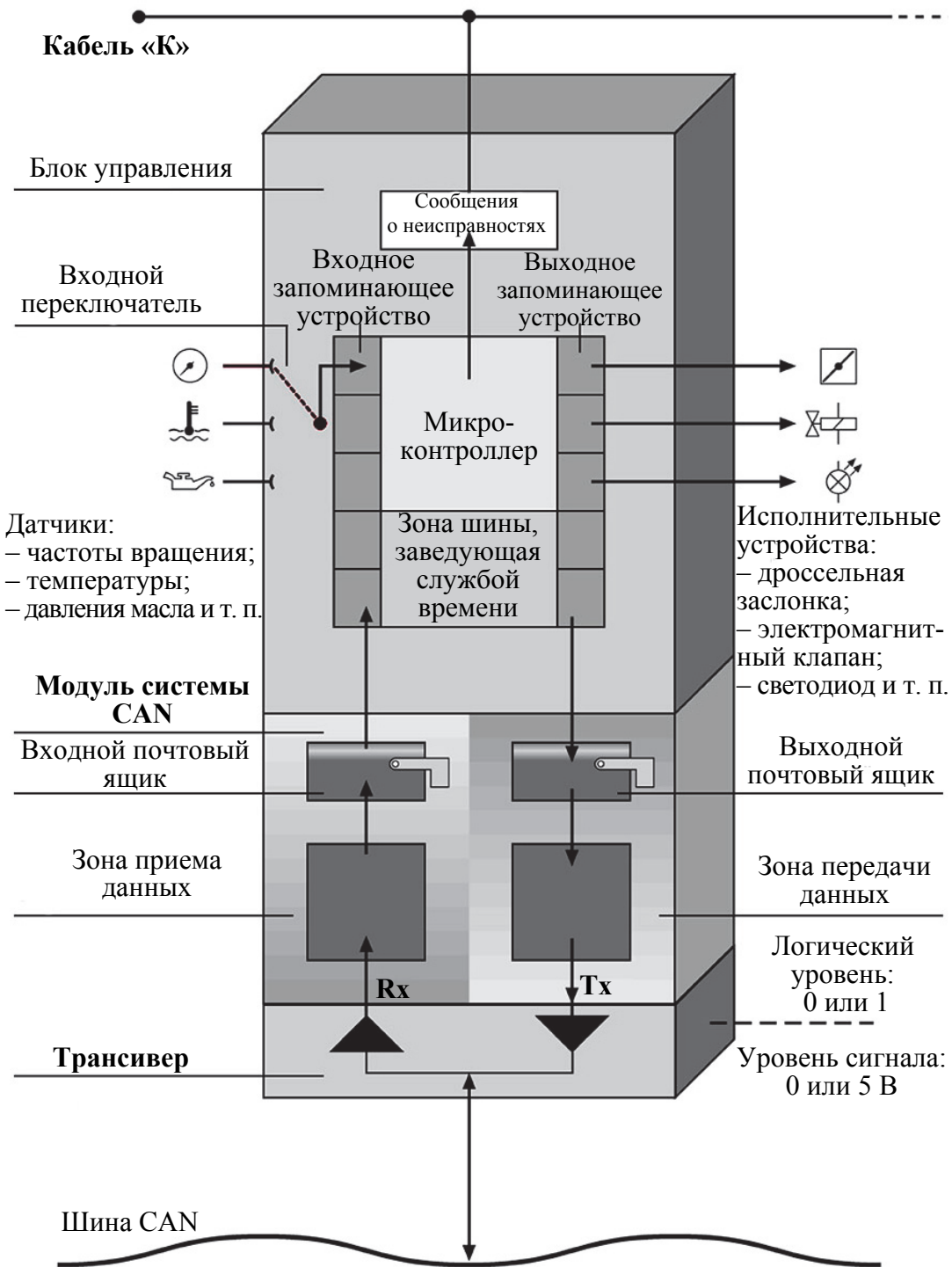


Рис. 2.37. Функциональные компоненты сети CAN

Также систему оснащают вторым соединительным проводом, по которому сигналы передаются в обратном порядке. Такой подход помогает подавлению внешних помех.

Передаваемая информация состоит из отдельных посланий, которые могут быть отправлены и получены всеми блоками управления. Каждое послание содержит данные о каком-либо физическом параметре, например о частоте вращения коленчатого вала. При этом величина частоты вращения представляется в двоичной форме, т. е. как последовательность нулей и единиц или бит. Например, значение частоты вращения двигателя 1800 об./мин может быть представлено как двоичное число 00010101.

При передаче сигналов каждое число в двоичном представлении преобразуется в поток последовательных импульсов (бит). Эти импульсы поступают через передающий провод (ТХ) на вход трансивера (усилителя). Трансивер преобразует импульсы тока в соответствующие сигналы напряжения, которые затем последовательно передаются на провод шины.

При приеме сигналов трансивер преобразует импульсы напряжения в последовательности бит и передает их через провод RX (приемный провод) на блок управления. В блоке управления последовательности двоичных сигналов вновь преобразуются в данные посланий. Например, двоичное число 00010101 преобразуется в частоту вращения 1800 об./мин.

Передаваемое послание может быть принято каждым из блоков управления. Этот принцип передачи данных называют широкораздаточным, так как он подобен принципу работы широкократной радиостанции, сигналы которой принимаются каждым пользователем радиосети.

Этот принцип передачи данных обеспечивает получение в каждый момент времени одинаковой информации всеми блоками управления, подключенными к сети.

Ниже описан весь процесс передачи данных на примере измерения частоты вращения и ее вывода на тахометр. При этом раскрывается протекание процесса передачи данных по времени и объясняется взаимодействие модулей системы CAN с блоками управления.

Процесс начинается с измерения частоты вращения посредством датчика, соединенного с блоком управления двигателем. Измеряемое значение периодически вводится во входное запоминающее устройство микроконтроллера.

Так как данные о мгновенном значении частоты вращения должны поступать на разные блоки управления, к примеру, на блок управления гидронасосом и блок индикации на приборной панели, то для их передачи следует использовать шину CAN.

Поэтому информация о частоте вращения копируется в выходном запоминающем устройстве блока управления двигателем.

Из выходного запоминающего устройства информация поступает в выходной «почтовый ящик» модуля системы CAN. При поступлении актуальных данных в «почтовый ящик» вырабатывается специальный сигнал.

Блок управления двигателем завершает выполнение данной функции выдачей задания на передачу данных модулю системы CAN.

Числовое значение частоты вращения преобразуется в специальное послание для передачи через шину CAN, составленное согласно используемому протоколу. Важнейшими элементами протокола являются (рис. 2.38):

- индикационный код послания (объем 11 бит);
- содержание послания (объем до 64 бита);
- контрольная сумма CRC-Check (объем до 16 бит);
- подтверждение приема послания Asknowledge (объем 2 бита).

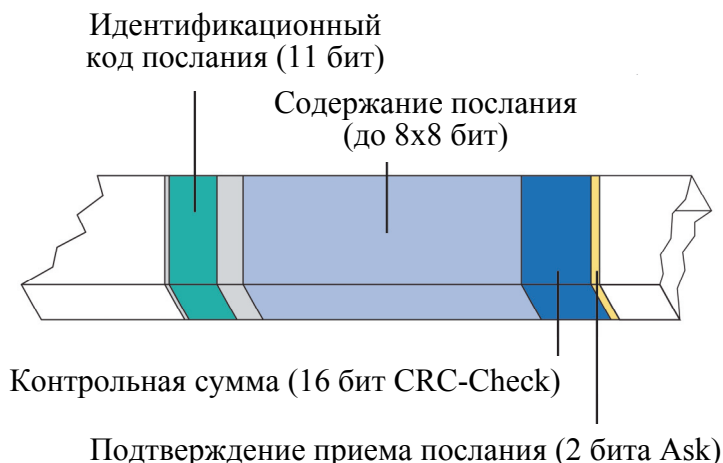


Рис. 2.38. Элементы протокола CAN

Модуль системы CAN, связанный с шиной через провод RX, проверяет, находится ли шина в активном состоянии, т. е. в состоянии, когда через нее передаются другие сообщения. При необходимости модуль выжидает, пока шина не освободится. При этом она должна в течение некоторого времени иметь логический уровень «1». После освобождения шины производится передача послания с данными о параметрах двигателя. Процесс запуска сеанса передачи данных от одного электронного блока к другому приведен на рис. 2.39, а процесс получения данных на рис. 2.40.

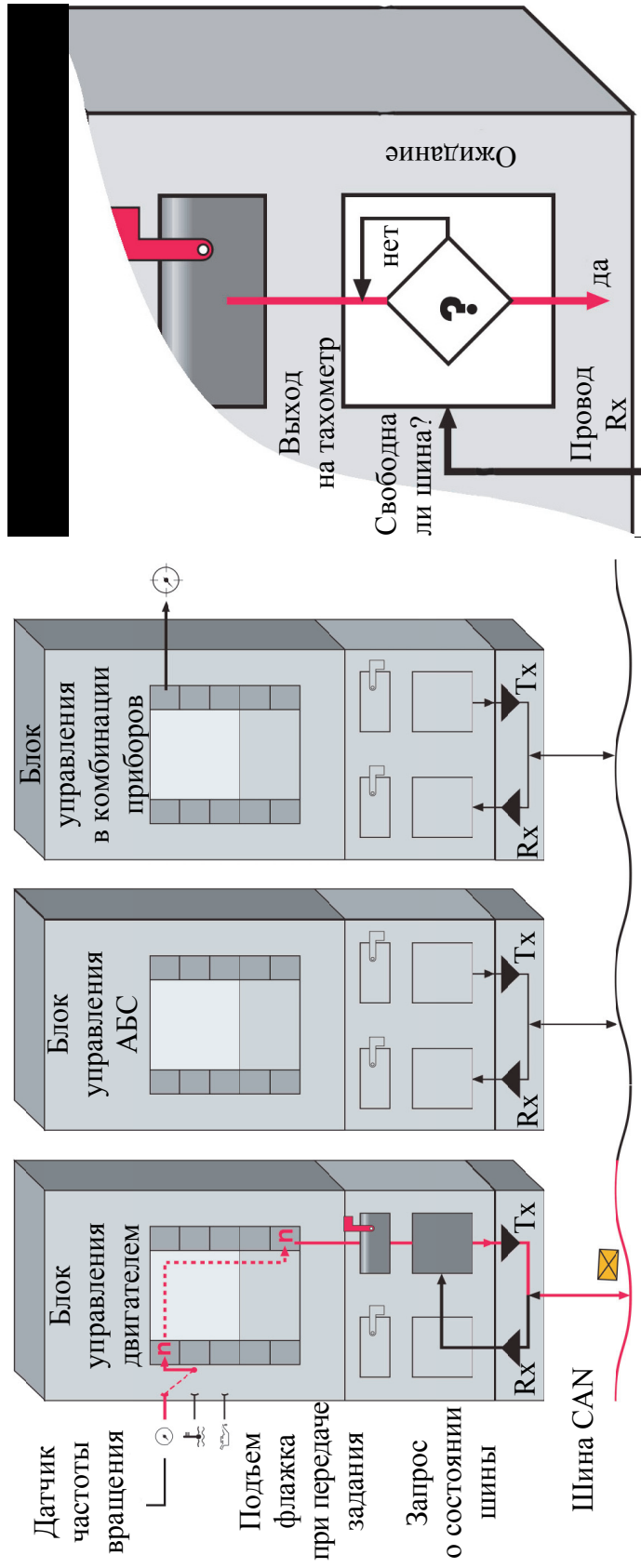


Рис. 2.39. Процесс запуска сеанса передачи данных от одного электронного блока к другому и схема запроса о состоянии шины

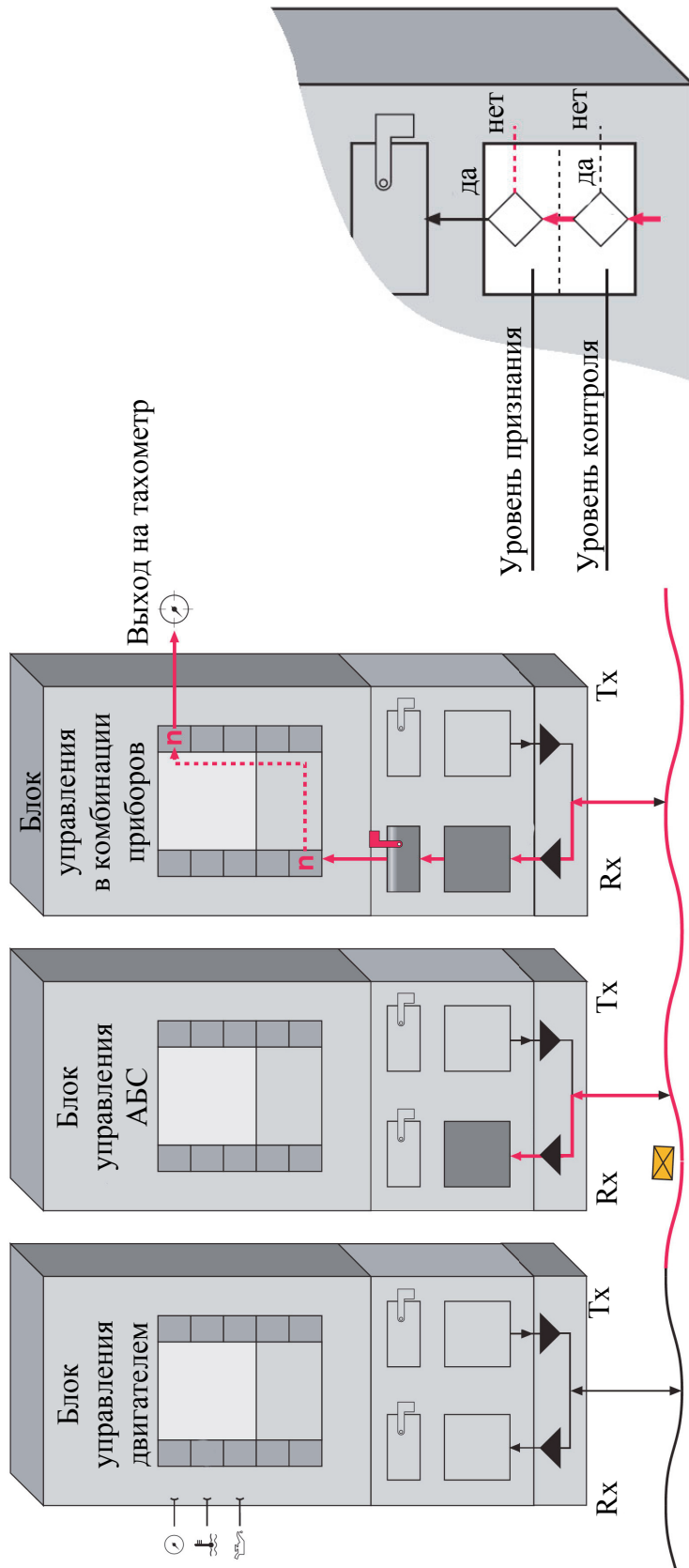


Рис. 2.40. Процесс получения и обработки данных электронным блоком по зонам контроля и признания

Затем корректно принятое послание переводится на «уровень признания» данного модуля системы CAN. На этом уровне определяется возможность использования послания для конкретного блока управления. Если получен отрицательный ответ, послание отбрасывается. При положительном ответе послание направляется в соответствующий входной «почтовый ящик». Подключенный к шине блок приборной панели «узнает» о поступлении нужного послания. Блок приборной панели вызывает это послание и копирует соответствующее значение во входном запоминающем устройстве. На этом передача и прием посланий посредством шины CAN заканчивается. В блоке управления приборной панели данные о частоте вращения подвергаются обработке и направляются затем на тахометр.

Передача данных в виде посланий постоянно повторяется с заданной периодичностью циклов (например, каждые 10 мс). Однако если несколько блоков управления пытаются одновременно отправить послания, при прочих равных условиях невозможно избежать накладки передаваемых данных.

Чтобы исключить накладку, шина CAN действует по следующему принципу. Каждый из активных блоков управления начинает процесс передачи данных с ввода идентификатора. Все блоки управления следят за состоянием шины, считывая с нее данные через провод RX. Каждый из блоков управления побитно сравнивает сигналы, передаваемые через провод TX, с сигналами, передаваемыми через провод RX. При этом могут быть обнаружены определенные расхождения.

Блок управления, сигнал которого на проводе TX обнуляется, должен прервать передачу данных через шину. Число нулей в головной части идентификатора определяет ранг приоритета послания. Передача посланий производится в порядке, соответствующем их рангу. При этом действует правило: чем меньше число, обозначающее идентификатор, тем важнее послание (табл. 2.2). Такой способ оценки называют арбитражем.

Таблица 2.2

Передача данных по шине CAN и их арбитраж

Идентификатор	Двоичный	Шестнадцатеричный
Двигатель	010_1000_0000	280
Тормозная система	010_1010_0000	1A0
Панель приборов	011_0010_0000	320
Датчик угла поворота руля	000_1100_0000	0C2
Коробка передач	100_0100_0000	440

Чтобы повысить надежность передачи данных, в шинах CAN применяется способ дифференциальной передачи сигналов по двум проводам Twisted Pair (витая пара). Образующие эту пару провода, как отмечалось ранее, называются CAN_high и CAN_low.

В исходном состоянии шины на обоих проводах поддерживается постоянное напряжение на определенном базовом уровне. Обычно это напряжение равно 2,5 В, но в зависимости от производителя лесозаготовительной машины может меняться.

При нахождении напряжения на базовом уровне говорят о рецессивном состоянии системы, так как оно может быть изменено любым подключенным к ней блоком управления.

При переходе в доминантное состояние напряжение на проводе CAN_high повышается на определенную величину (обычно не менее 1 В). При этом напряжение на проводе CAN_low снижается на ту же величину. Таким образом, при переходе шины CAN в активное состояние напряжение на проводе CAN_high достигает 3,5 В, а на проводе CAN_low – снижается до 1,5 В (2,5–1 В). Это означает, что при нахождении шины CAN в рецессивном состоянии разность напряжений на ее проводах равна нулю, а при нахождении ее в доминантном состоянии – не менее 2 В (рис. 2.41).

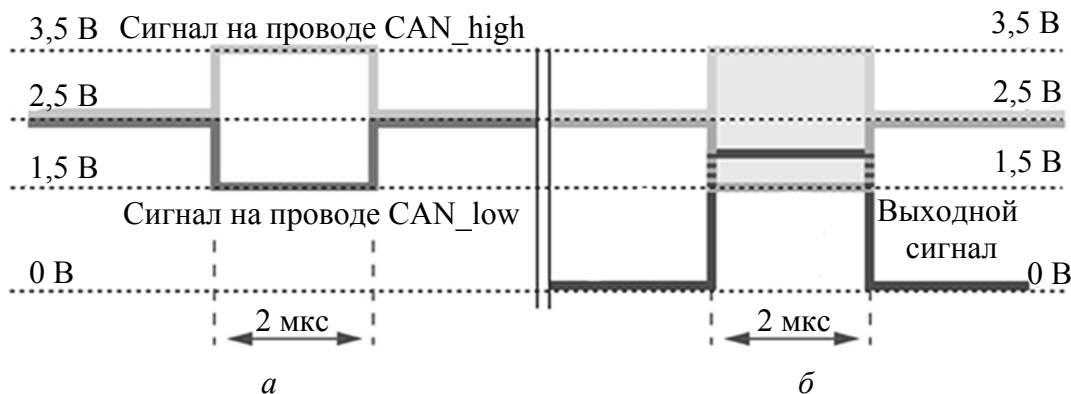


Рис. 2.41. Сигналы дифференциального усилителя:
a – на входе; *б* – на выходе

Каждый из блоков управления подсоединен к шине CAN посредством отдельного трансивера. В трансивере имеется приемник сигналов. Этот приемник представляет собой дифференциальный усилитель, установленный на входе трансивера. В дифференциальном усилителе производится обработка сигналов, поступающих по проводам CAN_high и CAN_low. Далее обработанные сигналы

направляются на вход блока управления. Эти сигналы представляют собой напряжение на выходе дифференциального усилителя.

Дифференциальный усилитель формирует это выходное напряжение как разность между напряжениями U_{CAN_high} и U_{CAN_low} . Таким образом исключается влияние величины базового напряжения или напряжения, вызванного, например, внешними помехами. Общий принцип работы трансивера приведен на рис. 2.42.

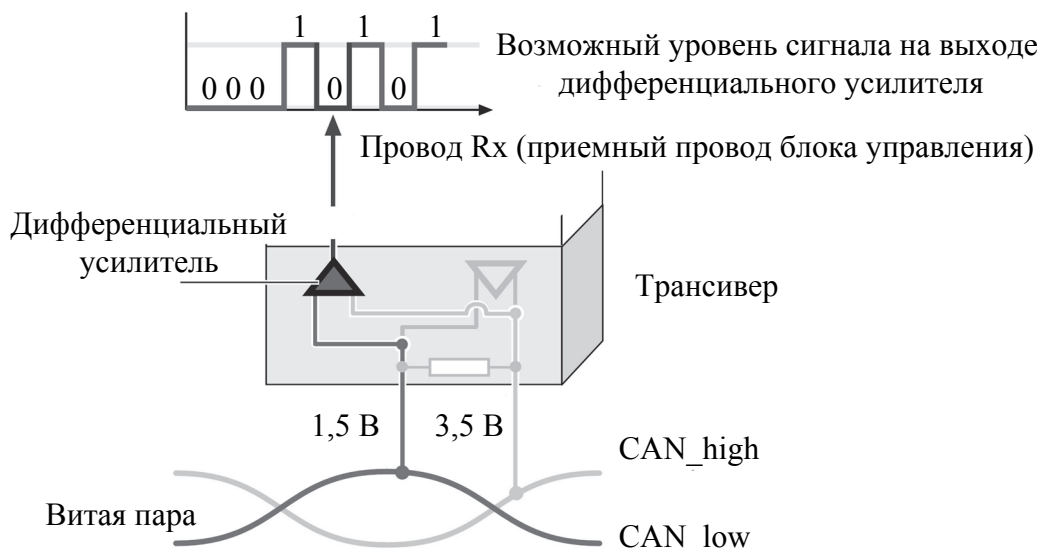


Рис. 2.42. Доминантное и рецессивное состояние CAN-шины

Межсетевой интерфейс Gateway. Как отмечалось ранее (к примеру разд. 2, рис. 2.10), системы управления современных многооперационных лесозаготовительных машин могут включать в себя несколько сетей, построенных с использованием шины CAN: сеть силовой установки, сеть технологического оборудования, сеть контроля безопасности и т. д. Каждая из этих сетей может иметь различное рабочее напряжение, частоту передачи данных и нагрузочное сопротивление. Указанное исключает обработку разнотипных сигналов одним устройством. В этой связи необходимо применение преобразователя для связи между шинами. Таким преобразователем является межсетевой интерфейс Gateway. Данный интерфейс может быть встроен в один из электронных блоков управления или, как в случае харвестеров Komatsu, вынесен в отдельный центральный блок управления (MBU). На указанный блок поступает вся передаваемая через шины CAN информация. Помимо указанного центральный блок обеспечивает доступ к

настройке всех электронных блоков сети, позволяет производить замену их программного обеспечения, а также получать диагностическую информацию с блоков машины посредством подключения устройств через специальный интерфейс.

2.6. Активные системы самовыравнивания

Помимо рассмотренных систем автоматизированного управления современные многооперационные лесозаготовительные машины имеют дополнительные активные системы самовыравнивания при движении и работе технологического оборудования. Вне зависимости от конструкционного исполнения данные системы призваны в автоматическом режиме поддерживать заданное положение оператора относительно горизонта на опорной поверхности с меняющимся профилем. Основными производителями, использующими данные мехатронные системы, являются Komatsu, Ponsel и Ecolog.

В Komatsu система Autolev присутствует на всех моделях харвестеров как опция, позволяющая выравнивать кабину на склонах (рис. 2.43, *а*).



Рис. 2.43. Система Autolev в процессе работы:
а – работа на уклоне; *б* – общий вид системы

Конструктивно (рис. 2.43, *б*) система состоит из 2 качающихся опор, позволяющих кабине отклоняться в продольной и поперечной плоскостях, и 2 гидроцилиндров, расположенных впереди

опор, поддерживающих кабину, и обеспечивающих весь спектр ее возможных отклонений. В настоящее время компанией Komatsu используется расширенная система Autolev Advanced, способная кроме статической стабилизации гасить динамические ударные нагрузки, приходящиеся на кабину. Общая гидравлическая схема системы Autolev приведена на рис. 2.44.

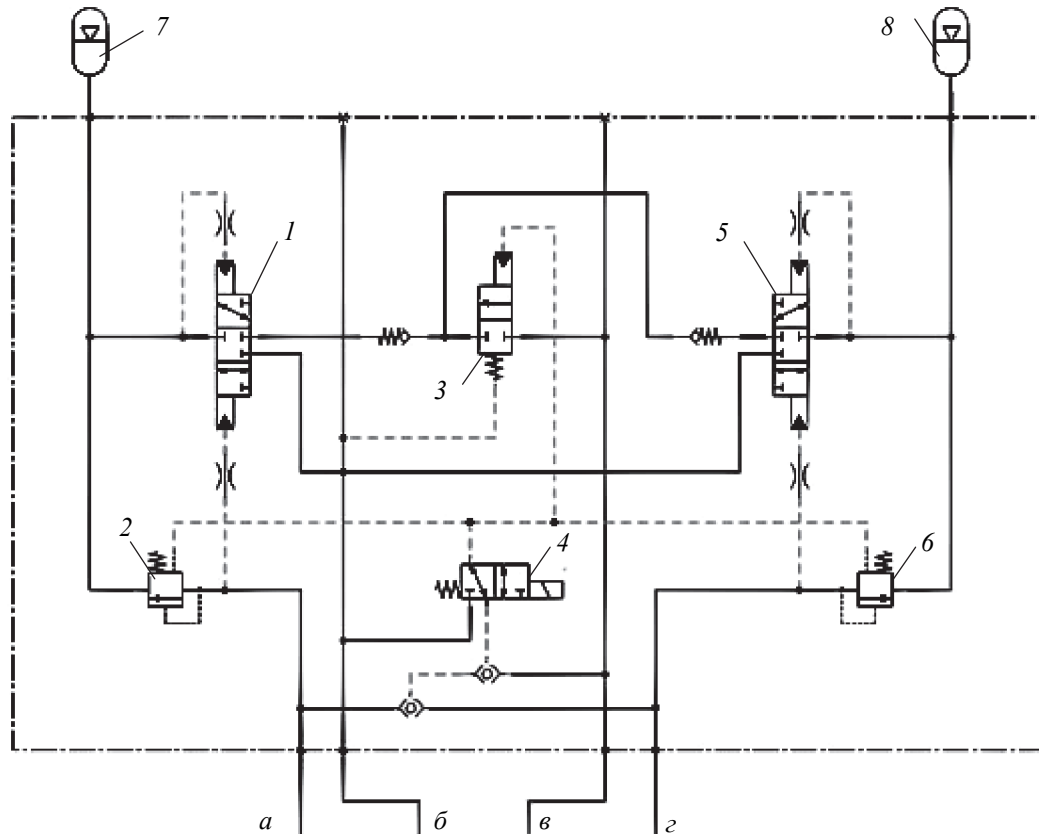


Рис. 2.44. Гидравлическая схема системы Autolev:

- a, z* – линии подачи гидравлической жидкости к гидроцилиндрам;
- б, в* – линии питания;
- 1, 5* – гидрораспределитель 3-секционный (гидроуправляемый);
- 2, 6* – предохранительный клапан;
- 3, 4* – клапаны типа Открыт/Закрит (клапан *3* – нормально закрыт);
- 7, 8* – гидроаккумуляторы (5 и 7 МПа соответственно)

Поддержание горизонтального положения кабины при изменении профиля поверхности движения осуществляется гидроцилиндрами, управляемыми бортовой электронной системой. Отклонение кабины в пространстве регистрируется датчиком угло-

вых перемещений (см. разд. 3), сигнал от которого передается на электронный блок, а далее на клапан 4.

Компания Ponsse использует системы самовыравнивания на харвестерах Scorpion. Для возможности самовыравнивания кабины оператора в горизонте предусмотрена трехмодульная конструкция рамы с технологическим модулем, энергетическим модулем и модулем кабины. Между модулями на шарнирном сочленении парно установлены гидроцилиндры, обеспечивающие поворот и удержание модулей относительно продольной оси (рис. 2.45).



Рис. 2.45. Харвестер Ponsse Scorpion с трехмодульной конструкцией рамы и системой стабилизации положения кабины оператора на ее основе

Близкой к рассмотренной является система Ponsse Active Frame, которая устанавливается на 8-колесных харвестерах и работа которой заключается лишь в активном демпфировании кабины без возможности ее горизонтальной стабилизации.

Для достижения стабилизации кабины харвестеры Ecolog используют принцип маятниковой подвески колес и балансирных тележек каждого борта.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные системы автоматизированного управления харвестерами. Какие из них используются на машинах отечественного производства?

2. Какие основные электронные компоненты входят в состав систем управления Motomit и Prolog? Выделите их основные отличия от систем Opti и MaxiXplorer.

3. Назовите основные компоненты измерительного оборудования харвестерных головок. Какие существуют конструктивные отличия в их исполнении?

4. Перечислите основные факторы, влияющие на точность проводимых харвестерной головкой измерений.

5. Для чего производится калибровка измерительного оборудования харвестерных головок?

6. Какова периодичность проведения калибровки?

7. Что такое таблица раскряжевки или матрица цен? Для чего она необходима? Как и кем производится ее составление и корректировка?

8. Что такое база данных стволов? Где она хранится и как используется?

9. Оказывает ли объем базы данных стволов на качество раскряжевки ствола дерева?

10. Перечислите основные неисправности систем управления харвестеров. Каковы основные пути диагностики неисправностей таких систем?

11. Перечислите основные системы самовыравнивания, используемые на лесозаготовительных машинах, и их ведущих производителей. Какими достоинствами и недостатками они обладают?

12. Поясните понятие и назначение шины CAN. Какие еще компьютерные сети и протоколы передачи данных используются в лесозаготовительных машинах?

13. Поясните работу гидравлического компонента системы Autolev.

14. Расскажите о назначении и порядке работы межсетевого интерфейса Gateway.

15. Назовите основные структурные элементы пакета данных, передаваемых по шине CAN.

16. Перечислите особенности внешнего обмена данными с лесозаготовительными машинами.

17. В чем заключаются основные требования стандартов STANFORD?

18. Что такое электронный отчет лесозаготовительной машины? Для чего он нужен и кому?

3 СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БАЗОВЫМ ШАССИ

3.1. Бортовые системы диагностики OBD-II и EOBD

Прежде чем перейти к рассмотрению бортовых систем диагностики OBD (On Board Diagnose), следует отметить, что ее европейский вариант, бортовая система диагностики EOBD (European On Board Diagnose), не имеет каких-либо существенных отличий от OBD-II, впервые использованного в 1985 г. на территории США. Существуют различия лишь в отдельных устройствах диагностических компонентов машин, работа которых отслеживается системой управления. В целом EOBD представляет собой систему самодиагностики OBD-II, адаптированную для соответствия законодательству Европейского союза. 13 октября 1998 года Европейский союз принял Директиву ЕС 98/69/ЕС, согласно которой устанавливается обязательность применения системы EOBD для всех стран – членов ЕС. Это относится как к автомобилям с двигателями внутреннего сгорания, производимым в этих странах, так и к регистрируемым транспортным средствам. Это также необходимо для ввоза автомобилей в страны ЕС и другие страны, в которых данная директива является частью действующего национального законодательства. В дальнейшем для описания принципов работы обеих систем будем использовать обозначение OBD-II.

Первоначально бортовая система диагностики OBD-II была разработана для обеспечения возможности контроля выброса в атмосферу токсичных веществ (CO_x , CH , NO_x) с отработавшими газами. В последствии с использованием общего диагностического разъема и соответствующих протоколов передачи данных (все-го их 5) стало возможно осуществлять сбор информации с множества компонентов машины, подключенных в локальную сеть CAN. Согласно стандарту SAE J1962, колодка диагностического разъема (DLC – Diagnostic Link Connector) представляет собой разъем (рис. 3.1) с 16-ю контактами (2×8).

Существует 5 диагностических протоколов, которые регламентированы в OBD-II:

- ISO 9141-2;
- SAE J1850 PWM;
- SAE J1850 VPW;
- ISO 14230 Keyword Protocol 2000;
- ISO 15765-4 CAN (Controller Area Network).

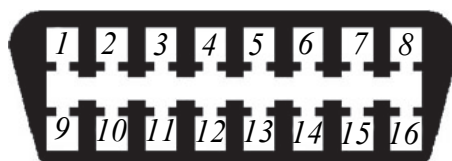


Рис. 3.1. Пример колодки DLC диагностического разъема OBD-II:
1, 3, 8, 9, 11, 12, 13 – назначение штекера устанавливается производителем;
2 – протокол J1850 Bus +; *4* – заземление шасси (Chassis Ground);
5 – заземление сигнала (Signal Ground); *6* – протокол J2234 CAN_high;
7 – протокол ISO 9141-2 K-Line; *10* – протокол J1850 Bus –;
14 – протокол J2234 CAN_low; *15* – протокол ISO 9141-2 L-Line;
16 – питание от аккумулятора (Battery Power)

В большинстве транспортных средств реализован только один из отмеченных протоколов. Спецификация SAE J1962 определяет соответствие расположения выводов на разъеме диагностическим протоколам в следующем порядке:

1) SAE J1850 PWM (Pulse Width Modulation – широтно-импульсная модуляция). Скорость обмена данными – 41,6 Кб/с. Контакт *2* – Bus +, контакт *10* – Bus –;

2) SAE J1850 VPW (Variable Pulse Width – переменная широтно-импульсная модуляция). Скорость обмена данными – 10,4/41,6 Кб/с. Разработчик – General Motors;

3) ISO 9141-2. Этот протокол имеет асинхронный последовательный код со скоростью передачи данных 10,4 Кб/с. ISO 9141-2 в основном используется европейскими и азиатскими производителями. Контакт *7* – K-Line, контакт *15* – L-Line (опция);

4) ISO 14230 KWP 2000 (Keyword Protocol 2000). Контакт *7* – K-Line, двунаправленная асинхронная последовательная связь на одной линии. Контакт *15* – L-Line (опция), однонаправленная связь (для включения системы ECU);

5) ISO 15765-4 CAN (250 или 500 Кб/с). Контакт *6* – CAN_high, контакт *14* – CAN_low.

По наличию выводов можно ориентировочно судить об используемом протоколе:

- протокол ISO-9141-2 идентифицируется наличием контакта 7 и отсутствием контактов 2 и (или) 10 в диагностическом разъеме (K-line). Используемые выводы: 4, 5, 7, 15 (может не быть), 16;
- SAE J1850 VPW использует выводы 2, 4, 5, 16 (без 10);
- SAE J1850 PWM (Pulse Width Modulation) использует выводы 2, 4, 5, 10, 16.

Протоколы PWM, VPW идентифицируются отсутствием контакта 7 в диагностическом разъеме.

В настоящее время система диагностики OBD-II обеспечивает:

- контроль работы всех узлов, которые оказывают влияние на состав отработавших газов;
- возможность проведения диагностики узлов, влияющих на состав отработавших газов;
- подключение диагностических приборов через стандартный разъем (как правило, рядом с водительским сидением);
- визуальную сигнализацию при возникновении проблем в работе узлов, влияющих на состав выхлопных газов;
- защиту каталитического нейтрализатора;
- сохранение неисправностей в памяти бортового компьютера;
- стандартизированные коды неисправностей названия, сокращения для обозначения узлов, систем и неисправностей для всех производителей автомобилей;
- возможность использования стандартных диагностических приборов для считывания кодов неисправностей;
- отображение рабочих условий на момент возникновения неисправности;
- определение вида и времени отображения сведений о неисправностях узлов, влияющих на состав отработавших газов.

Система OBD-II проверяет следующие элементы (будут разобраны подробнее в отдельных разделах):

- каталитический нейтрализатор;
- кислородные датчики (лямбда-зонды);
- систему зажигания (пропуск зажигания);
- систему рециркуляции отработавших газов;
- систему вентиляции топливного бака;
- систему подачи топлива;
- шину данных CAN;

- воздействия от автоматической коробки передач и двигателя;
- электронную систему управления двигателем.

При обнаружении неисправности, которая приводит к ухудшению состава отработавших газов, в памяти бортового компьютера регистрируется соответствующий код, а на приборной панели загорается и не гаснет сигнальная лампа (Check Engine).

Для определения параметров, используемых системой OBD-II, применяются методы, которые различаются в зависимости от системы управления двигателем. Это, в свою очередь, определяет набор узлов и деталей автомобиля, подлежащих диагностике и контролю системой OBD-II.

3.2. ESP – электронная стабилизационная программа

Данная система разработана с целью помочь водителю в сложных дорожных ситуациях, как, например, при внезапном появлении препятствия на дороге избежать неустойчивости в управлении автомобилем.

В 1920–1940 гг. появились первые механические предшественники системы ABS, которые вследствие своей повышенной инерционности не смогли полностью выполнять возлагаемые на них функции. В 1960-х годах в связи с массовым внедрением электротехнических устройств системы ABS стали доступнее и продолжили свое развитие уже на основе цифровой техники, так что в настоящее время не только ABS, но и такие системы, как EDS, EBV, ASR и MSR, являются обычным оснащением автомобиля. Вершиной развития данных систем стала ESP (электронная стабилизационная программа), являющаяся активным средством безопасности автомобиля. В целом это антипробуксовочная система, которая распознает опасность пробуксовки колес с последующим разворотом автомобиля и намеренно компенсирует его.

Достоинства системы ESP для водителя:

- снимается излишняя нагрузка на водителя;
- повышается управляемость автомобилем;
- уменьшается количество аварий, которые обычно возникают вследствие несоразмерной реакции водителя на изменение внешних условий.

В современной инженерной практике существует множество аббревиатур для систем автоматизированного контроля и помощи в управлении автомобилем. Приведем некоторые из них:

1) ABS – антиблокировочная система. Препятствует блокировке колес при торможении. Сохраняет высокую эффективность торможения, при этом автомобиль остается стабильно управляемым;

2) ASR – система предотвращения буксования ведущих колес. Предотвращает проскальзывание ведущих колес, например, на льду или гравии путем воздействия на тормоза или управление двигателем. Работает при ускорении и во всем диапазоне скоростей;

3) EBV – система электронного перераспределения тормозной силы. Предотвращает перетормаживание задних колес, т. е. препятствует передаче на задние колеса большего тормозного усилия, чем возможно реализовать по условию сцепления;

4) EDS – электронная блокировка дифференциала. Позволяет начать движение на разных участках дороги путем торможения проскальзывающих колес. Работает только при трогании и разгоне;

5) MSR – контроль момента буксировки. Препятствует блокировке ведущих колес в случае торможения двигателем. При потенциальном возникновении проскальзывания ведущих колес система принудительно дает сигнал для повышения крутящего момента двигателя;

6) ESP – электронная стабилизационная программа. Обеспечивает стабилизацию движения автомобиля в направлении, заданном водителем, с помощью воздействия на тормоза и управление двигателем. Для системы ESP также используются следующие сокращения: ASMS (автоматическая стабилизационная система управления), DSC (динамический стабилизационный контроль), FDR (регулировка динамики), VSA (автомобильное стабилизационное устройство), VSC (стабилизационный контроль автомобиля).

Чтобы предотвратить пробуксовку, ESP должна иметь возможность быстрого воздействия на тормоза. Повышение давления происходит с помощью возвратного насоса для ABS. Для улучшения скорости срабатывания и точности воздействия должно быть создано достаточное начальное давление на стороне всасывания насоса.

В настоящее время существует 2 основных типа систем ESP: Bosch и ITT Automotive. Их отличия заключаются в методике создания начального давления в тормозной системе.

В системе Bosch начальное давление создается с помощью гидравлического насоса регулирования динамики. Как правило, он

находится под гидравлическим блоком. При этом устройство управления ESP отделено от гидравлического блока.

В системе ITT Automotive начальное давление увеличивается активным усилителем тормозной силы. Гидравлический блок и устройство управления являются частями одного узла.

Общий принцип работы систем ESP. При движении автомобиля на него действует группа сил, изменяющих и поддерживающих его положение в пространстве (рис. 3.2):

- сила тяги (1);
- тормозная сила (2), которая действует в направлении, противоположном направлению силы тяги;
- боковые силы (3);
- сила сцепления (4).

Помимо этого на автомобиль в целом действуют:

- момент рыскания (I), стремящийся развернуть автомобиль вокруг вертикальной оси;
- момент инерции (II), стремящийся сохранить выбранное направление движения;
- прочие силы, как, например, сопротивление воздуха, сопротивление движению под уклон и т. д.

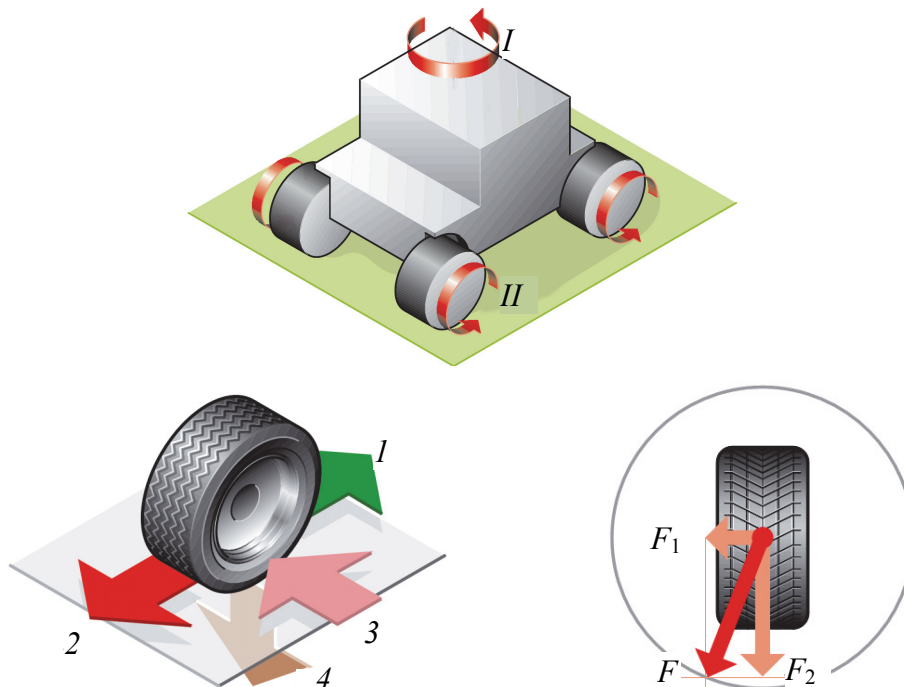


Рис. 3.2. Принципиальная схема сил, действующих на автомобиль и в пятне контакта колеса с опорной поверхностью

Совместное действие нескольких из этих сил на колесо описывается с помощью круга трения.

Радиус данной окружности обуславливается силой сцепления R_ϕ шин с дорожной поверхностью, т. е. произведением коэффициента сцепления ϕ и опорной реакции колеса R . Чем меньше сцепление, тем меньше и его радиус.

Основу круга трения (рис. 3.2) составляет параллелограмм сил (боковая сила (F_1), сила торможения или тяговое усиление (F_2) и результирующая общая сила (F)). Пока общая сила остается внутри круга, автомобиль находится в стабильном состоянии (*I*). Как только общая сила выходит за границу круга, автомобиль теряет управляемость (*II*).

Обратимся к схеме взаимодействия сил. В первом случае сила торможения и боковая сила соотносятся таким образом, что результирующая сила остается в пределах окружности сцепления. При этом автомобиль управляем.

Во втором случае при увеличении силы торможения возможная для реализации боковая сила становится меньше. Это значит, для сохранения управляемого движения при повышении тормозного усилия на машину может действовать лишь такая боковая сила, которая совместно с тормозной создает вектор общей силы, меньшей, чем произведение нормальной силы, действующей на колесо, и коэффициента сцепления с опорной поверхностью.

На рис. 3.3, *в* тормозная сила столь велика, что любая боковая сила приведет к боковому скольжению. В этом случае колесо перестает вращаться (блокируется), трение качения колеса по поверхности переходит в трение скольжения и автомобиль становится неуправляемым.

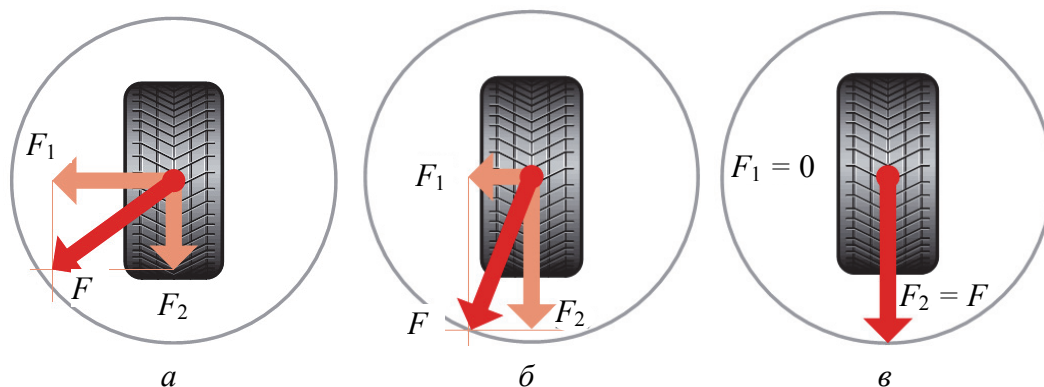


Рис. 3.3. Возможные воздействия на колеса автомобиля:
a – общая сила меньше силы сцепления; *б* – общая сила близка к силе сцепления; *в* – общая сила равна силе торможения (колесо блокируется)

Для того чтобы система ESP могла влиять на критические ситуации в управлении, она должна распознавать два процесса:

- куда и с какой скоростью водитель направляет автомобиль;
- куда автомобиль едет.

Ответ на первый вопрос система получает от сенсора угла рулевого управления и датчиков числа оборотов на колесах.

Ответ на второй вопрос система получает от измерителей степени рыскания и поперечного ускорения.

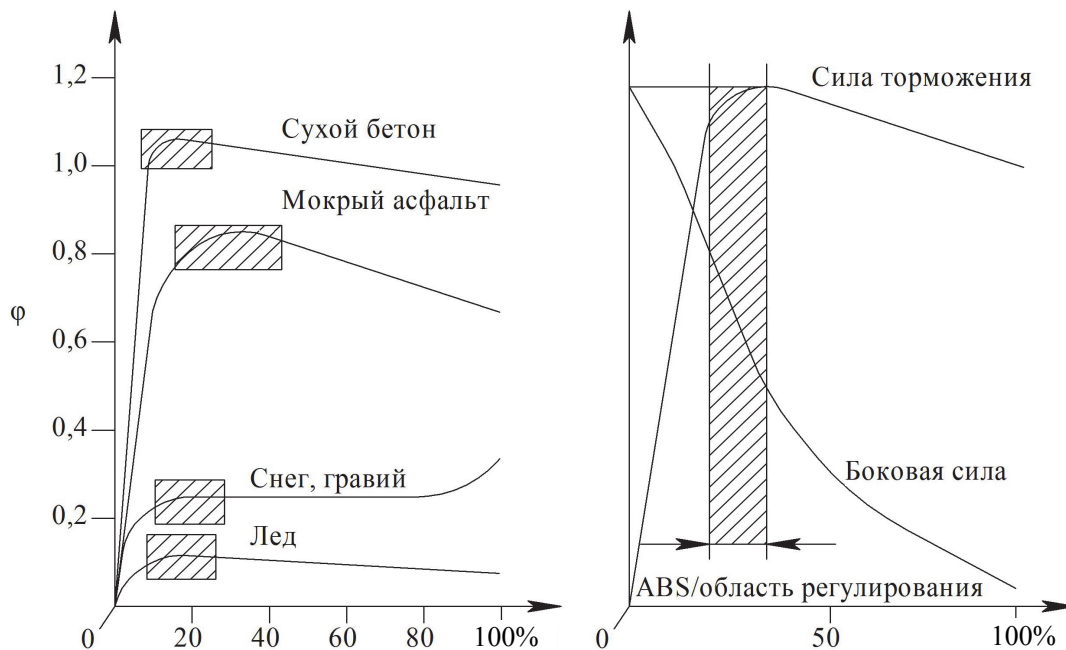


Рис. 3.4. Зависимости изменения:

a – коэффициента сцепления колес с опорной поверхностью от различной величины скольжения; *б* – тормозной и допускаемой боковой силы от зоны регулирования системы ABS/ESP

Если поступающая информация по двум пунктам не совпадает, система ESP распознает ситуацию как критическую и вступает в работу.

Критическая ситуация в управлении может выражаться в двух возможных вариантах вождения:

- в недостаточности внимания к управлению автомобилем. С помощью направленного действия на задний тормоз на внутренней траектории поворота и воздействия на управление двигателем и коробкой передач (при автоматической коробке передач) система ESP предотвращает вынос автомобиля за пределы поворота;

– в излишнем внимании к управлению автомобилем. С помощью направленного действия на передний тормоз на внешней траектории поворота и воздействия на управление двигателем и коробкой передач система ESP предотвращает боковой занос автомобиля.

Основной принцип работы ESP схож с движением гусеничной машины в повороте. Если машина должна повернуть налево, находящаяся внутри поворота гусеница тормозится, а внешней сообщается некоторая скорость. При возвращении на начальную траекторию бывшая «внутренняя» гусеница ускоряется, а «внешняя» тормозится.

По аналогичному принципу работает и ESP. Для начала рассмотрим пример автомобиля, не оборудованного системой ESP.

Автомобиль должен объехать внезапно возникшее препятствие. Водитель сначала резко поворачивает налево, а вслед за этим вновь направо. Создается динамическое воздействие, и задняя часть автомобиля срывается с траектории движения, а разворот вокруг вертикальной оси уже не может быть предотвращен водителем.

Теперь рассмотрим пример автомобиля, оборудованного системой ESP. Водитель пытается уклониться от препятствия. По показаниям датчиков система ESP распознает нестабильное состояние автомобиля (т. е. направление движения не совпадает с направлением, выбираемым водителем). Система рассчитывает необходимые меры: левое заднее колесо тормозится. Таким образом, предотвращается занос автомобиля. Боковая сила, действующая на передние колеса, сохраняется. В то время как автомобиль все еще совершает левый поворот, водитель поворачивает направо. ESP тормозит переднее правое колесо. Задние колеса вращаются свободно, чтобы обеспечить оптимальное воздействие боковой силы на заднюю ось.

Чтобы предотвратить занос задней части автомобиля после окончания маневра, тормозится левое переднее колесо. В особо критических ситуациях колесо может практически блокироваться, чтобы ограничить воздействие боковой силы на переднюю ось.

После того как автомобиль закончил маневр, ESP прекращает воздействие на управление.

Компоненты системы ESP. Электронная стабилизационная система устанавливается на распространенные и употребляемые противобуксовочные системы (ABS). Кроме того, она существенно расширяет их действие.

Прежде чем рассмотреть строение ESP, ознакомимся с системой в целом (рис. 3.5) и логикой ее работы (рис. 3.6).

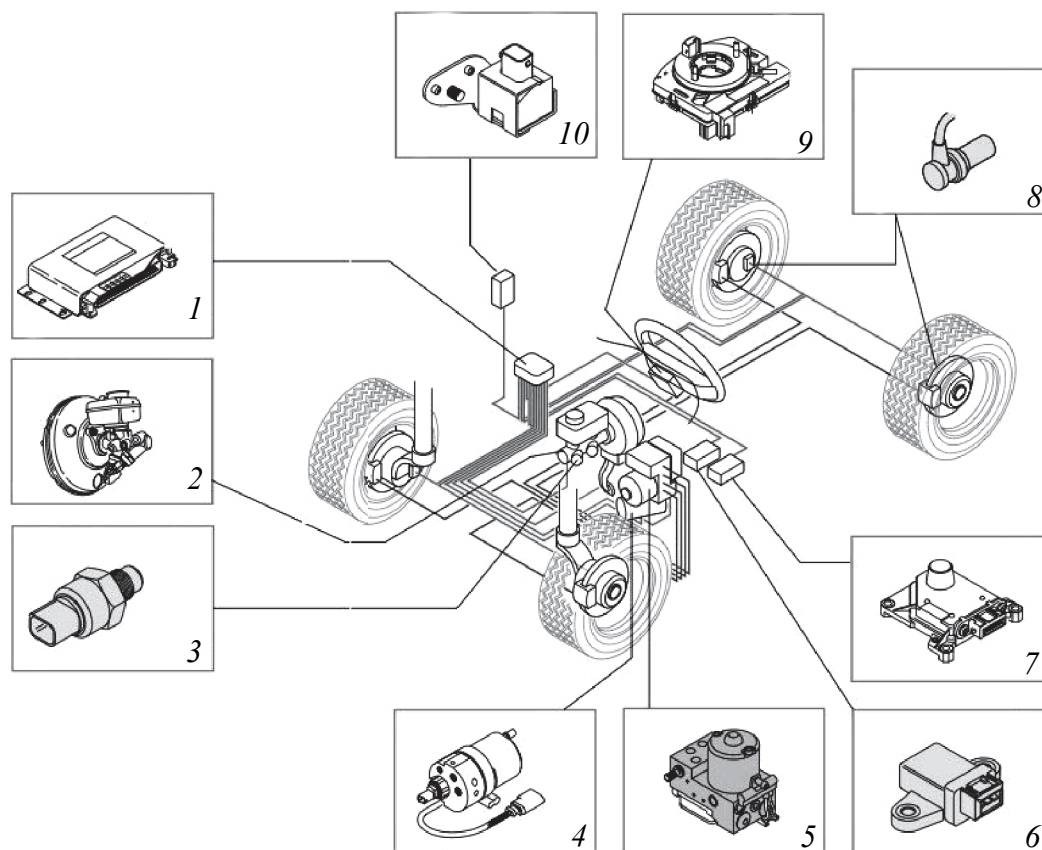


Рис. 3.5. Принципиальная схема расположения узлов системы ESP:
 1 – ЭБУ; 2 – тормозной усилитель; 3 – датчик тормозного давления;
 4 – насос предварительного давления; 5 – гидравлический блок; 6 – сенсор поперечного ускорения; 7 – сенсор степени рыскания; 8 – датчики частоты вращения колес; 9 – датчик угла поворота рулевого колеса;
 10 – датчик продольного ускорения (присутствует не во всех системах)

Системы ESP для управления тягачами с прицепным составом, применяемые для транспортировки лесных грузов, имеют ряд конструктивных отличий от систем ESP, приведенных выше.

Однако вне зависимости от вида системы управления принципы работы датчиков и исполнительных механизмов в них остаются неизменными.

Датчик (сенсор) – это элемент измерительного, сигнального, регулирующего или управляющего устройства, преобразующий контролируемую величину (температуру, давление, частоту, силу,

электрическое напряжение, ток и т. д.) в сигнал, удобный для измерения, передачи, хранения, обработки, регистрации, а иногда и для воздействия им на управляемые процессы. Упрощенно датчик – это устройство, преобразующее входное воздействие любой физической величины в сигнал, удобный для дальнейшего использования.

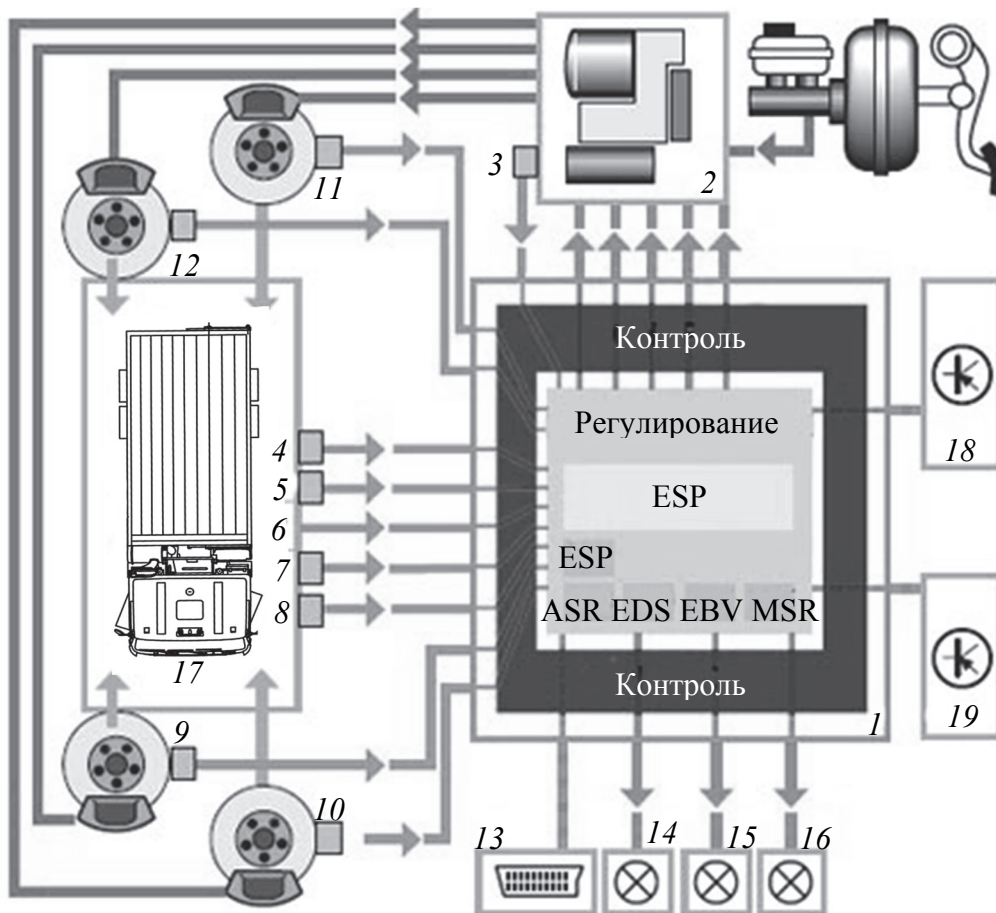


Рис. 3.6. Обобщенная схема системы ESP:

- 1 – устройство управления ABS с EDS/ASR/ESP; 2 – гидравлический блок с насосом предварительной зарядки; 3 – датчик тормозного давления; 4 – датчик поперечного ускорения; 5 – датчик продольного ускорения; 6 – датчик угла поворота рулевого колеса; 7 – датчик угла поворота; 8 – выключатель стоп-сигнала; 9–12 – сенсоры частоты вращения; 13 – колодка диагностики; 14 – контрольная лампа неисправности тормозной системы; 15 – контрольная лампа ABS; 16 – контрольная лампа ASR/ESP; 17 – режим работы водитель – автомобиль; 18 – воздействие на управление двигателем; 19 – воздействие на управление коробкой передач (при наличии автоматической коробки передач)

По принципу действия датчики можно разделить на следующие классы:

- электроконтактные (потенциметрические, реохордные);
- оптические, оптоэлектронные (фотоэлектрические);
- электромагнитные (индуктивные, магниторезистивные, магнитострикционные);
- пьезоэлектрические;
- на эффектах Холла, Доплера, Кармана, Зеебека, Виганда;
- индуктивные;
- емкостные и др.

По основному назначению (по типу управляющего неэлектрического воздействия) существуют датчики:

- краевых положений;
- угловых и линейных перемещений;
- частоты вращения и числа оборотов;
- относительного или фиксированного положения;
- механического воздействия;
- давления;
- температуры;
- влажности;
- концентрации;
- радиации и др.

По виду выходного сигнала выделяют:

- аналоговые, т. е. датчики, вырабатывающие аналоговый сигнал пропорционально изменению входной величины;
- цифровые датчики, генерирующие двоичный сигнал;
- индуктивные датчики, которые вырабатывают сигнал переменной формы с заданной частотой.

По уровню интеграции выделяют датчики:

- 1-го уровня (с аналоговой обработкой сигнала);
- 2-го уровня (с аналоговой обработкой и аналого-цифровым преобразованием);
- 3-го уровня (с аналоговой обработкой, аналого-цифровым преобразованием и микропроцессором).

К датчикам, используемым в лесозаготовительной технике, предъявляется ряд специфических **требований**:

- однозначная зависимость выходной величины от входной;
- стабильность характеристик во времени;
- высокая чувствительность;
- малые размеры и масса;

- отсутствие обратного воздействия на контролируемый процесс;
- устойчивая работа в различных условиях эксплуатации;
- возможность различных вариантов монтажа.

Так, датчики частоты вращения постоянно передают сигналы с информацией о скорости вращения каждого колеса. Датчик поворота рулевого колеса (единственный из всех передает данные непосредственно через CAN-шину на устройство управления) дает сигнал о требуемом направлении движения. Совокупность названных данных позволяет рассчитать заданное направление движения и оптимальные для него характеристики. Датчик поперечного ускорения «предупреждает» систему ESP о боковом сносе, а датчик частоты вращения – о вращении машины. По этим данным определяется актуальное состояние автомобиля. Если эти две характеристики не совпадают, высчитывается степень необходимого вмешательства.

ESP определяет:

- какому колесу должно быть сообщено замедление или ускорение и в какой степени;
- должен ли быть снижен крутящий момент двигателя;
- в случае наличия автоматической коробки передач должно ли быть оказано воздействие на ее управление.

Затем система проверяет по показаниям датчиков, успешно ли было осуществлено воздействие. При положительном результате воздействие прекращается, и продолжается наблюдение за ходом автомобиля. При отрицательном – автоматическое регулирование продолжается.

В случае осуществления воздействия на управление системами автомобиля водитель узнает об этом по миганию сигнала ESP на приборной панели.

Устройство управления ABS с EDS/ASR/ESP содержит микрокомпьютер. Для обеспечения необходимой степени точности настройки система состоит из двух вычислительных блоков, собственного прибора слежения за напряжением и прибора диагностики.

Оба вычислительных блока используют одинаковое программное обеспечение для обработки информации и осуществляют обоюдное наблюдение. Случаи оборудования такой двойной системы называют активным резервом.

При выходе из строя всех компонентов устройства управления в распоряжении водителя остается стандартная тормозная

система без ABS, EBS, ASR и ESP. Самой системой распознаются повреждения устройства управления и ошибки в напряжении питания.

Рассмотрим регистрирующие устройства (датчики), используемые в системе ESP.

Датчик угла поворота рулевого колеса. Как правило, он находится в рулевой колонке. Датчик передает на устройство управления ABS с EDS/ASR/ESP данные по углу поворота рулевого колеса. Диапазон восприятия – $\pm 720^\circ$, что составляет четыре полных поворота рулевого колеса.

Без информации с данного датчика не может быть рассчитано желаемое направление движения. Функция ESP отключается.

После замены устройства управления или датчика должно быть заново откалибровано нулевое положение датчиков. Для этого, как правило, осуществляется полный поворот рулевого колеса влево, затем вправо, затем в исходное прямолинейное положение. Стоит обратить внимание, что при изменении колеи (поперечной базы автомобиля) могут возникать ошибки работы ESP.

Датчик угла поворота рулевого колеса – это единственный сенсор системы ESP, который передает данные непосредственно через шину CAN на устройство управления. После включения зажигания происходит инициация сенсора, как только рулевое колесо поворачивается на $4,5^\circ$.

Устройство датчика. Измерение угла происходит по принципу фотоячейки (перекрывание светового потока) (рис. 3.7, в).

Основные компоненты:

- источник света (1);
- кодировочная шайба (2);
- оптические сенсоры (3 + 4);
- счетчик полных оборотов (5).

Кодировочная шайба состоит из двух колец – абсолютного и вращающегося (инкрементного). Оба кольца сканируются двумя сенсорами.

Упростим устройство прибора, расположив рядом абсолютную (6) и подвижную (инкрементную) (7) маски (рис. 3.7, г). Между масками находится источник света (1). Снаружи расположены оптические сенсоры (3, 4). Если свет сквозь зазор падает на сенсор, создается сигнальное напряжение. Когда источник света скрывается, напряжение исчезает.

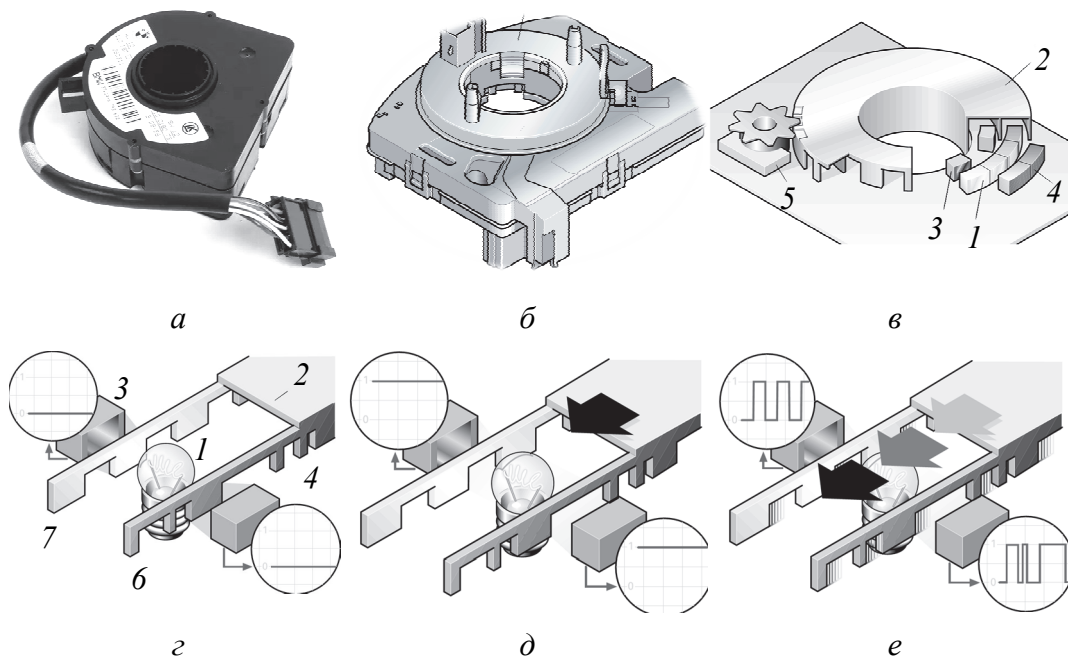


Рис. 3.7. Датчик поворота рулевого колеса:
а – общий вид; *б* – схематичное изображение; *в* – конструкция фотоячейки; *г*, *д*, *е* – принцип работы фотоячейки;
 1 – источник света; 2 – кодировочная шайба; 3, 4 – оптические сенсоры;
 5 – счетчик оборотов; 6 – абсолютная маска; 7 – подвижная маска

При сдвиге масок возможны два следствия. Инкрементный сенсор передает постоянный сигнал, так как зазоры следуют друг за другом равномерно. Абсолютный сенсор передает непостоянный сигнал, так как маска прерывается неравномерно. Из сопоставления двух сигналов система рассчитывает, насколько сдвинуты маски. При этом начальное положение высчитывается исходя из положения абсолютного компонента.

По аналогичному принципу, но рассчитанному на вращательное движение, функционирует датчик угла поворота.

Датчик поперечного ускорения. Для правильной работы этот датчик (рис. 3.8) должен находиться как можно ближе к центру тяжести автомобиля.

Датчик поперечного ускорения передает данные о распределении боковых сил, действующих на автомобиль и стремящихся изменить желаемую траекторию движения.

Последствия выхода из строя. Без информации с данного сенсора не могут быть рассчитаны реальные характеристики перемещения автомобиля. Функция ESP отключается.

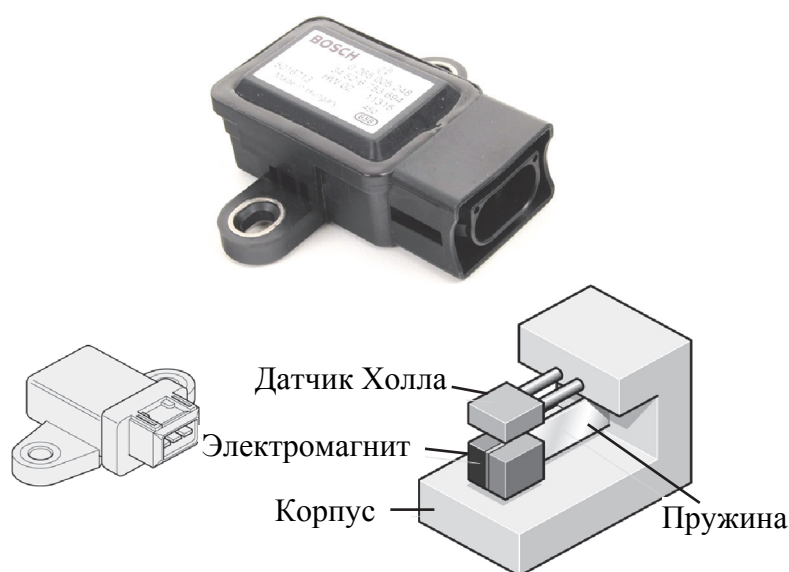


Рис. 3.8. Датчик поперечного ускорения

Система внутренней диагностики способна диагностировать разрывы в соединениях и наличие замыкания. Также система контролирует повреждение самого датчика.

Датчик поперечного ускорения связан с устройством управления тремя электропроводами.

В упрощенном виде датчик поперечного ускорения состоит из постоянного магнита, пружины, демпферной пластинки и датчика Холла. Постоянный магнит, пружина и демпфер составляют магнитную систему. Магнит прочно соединен с пружиной и может качаться над демпферной пластиной.

При воздействии на автомобиль поперечного ускорения постоянный магнит в силу своей инертности повторяет возникшее движение с запозданием, т. е. демпферная пластинка и сенсор двигаются вместе с корпусом автомобиля, тогда как магнит некоторое время остается неподвижен.

Вследствие этого движения в демпферной пластинке возникают электрические вихревые токи, образующие встречно вращающийся по отношению к магнитному полю поток. Таким образом, сила общего магнитного поля уменьшается. Это вызывает изменение напряжения в датчике Холла. Изменение напряжения пропорционально силе поперечного ускорения.

Это означает, что чем сильнее различаются движения магнита и пластинки, тем больше ослабляется магнитное поле и заметнее

меняется напряжение Холла. При отсутствии поперечного ускорения напряжение Холла остается постоянным.

Датчик угла поворота (вращения автомобиля). Этот датчик также должен быть расположен как можно ближе к центру тяжести автомобиля.

Датчик угла поворота определяет, действует ли на автомобиль крутящий (вращающий) момент. В зависимости от места и плоскости расположения может быть определено вращение вокруг одной из пространственных осей. В системе ESP датчик определяет вращение автомобиля вокруг вертикальной оси.

Основной компонент датчика – это маленький металлический полый цилиндр (рис. 3.9). На нем расположено восемь пьезоэлектрических элементов. Четыре из них создают резонансные колебания цилиндра. Еще четыре определяют изменения узлов колебаний цилиндра, на которых они располагаются. Изменения происходят, когда на цилиндр действует крутящий момент. Узлы колебаний смещаются. Этот процесс измеряется пьезоэлементами, и данные передаются на устройство управления, которое высчитывает по ним угол поворота.

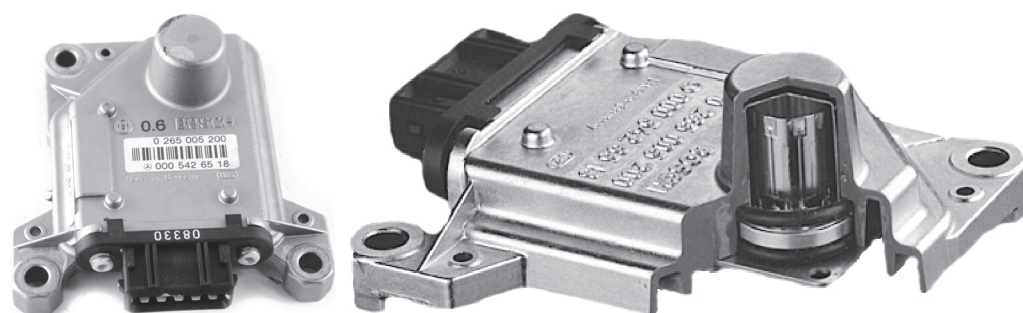


Рис. 3.9. Датчик угла поворота (плоского вращения автомобиля)

Ранее в системах ESP BOSCH встраивался отдельный датчик. Однако в последнее время он стал заменяться комбинированным совмещающим работу датчиков поперечного ускорения и угла поворота.

Такое решение имеет следующие преимущества:

- компактность;
- точное соответствие работы двух сенсоров по отношению друг к другу, без возможности его изменения;
- прочность конструкции.

Подключение такого датчика происходит с помощью шести-полюсного штекера. Измерение поперечного ускорения осуществ-

ляется по емкостному принципу. Угол поворота вычисляется по данным измерения Кориолисова ускорения, изучаемого в курсе теоретической механики.

В упрощенном виде устройство датчика поперечных ускорений (рис. 3.10) в комбинированном датчике можно представить следующим образом: подвижная конденсаторная плата с грузом подвешена таким образом, что она имеет возможность совершать колебания. Еще две конденсаторные платы зафиксированы и расположены по отношению к первой плате, что образуют два последовательных конденсатора K_1 и K_2 . С помощью электродов можно измерить количество заряда, которое могут накопить оба конденсатора. Это количество заряда обозначается как емкость C .

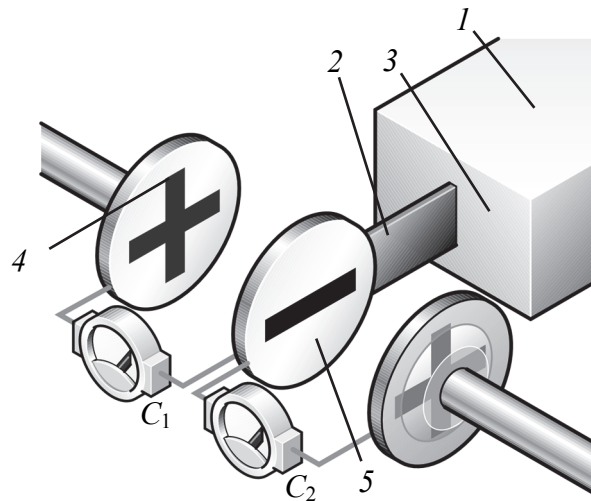


Рис. 3.10. Принцип работы датчика поперечных ускорений:
1, 4 – зафиксированные платы; 2 – подвижная конденсаторная плата;
3 – подвес; 5 – электрод

До того момента, как на данную систему начинает действовать ускорение, количества измеренных зарядов C_1 и C_2 в обоих конденсаторах равны.

Как только начинает действовать поперечное ускорение, инертность груза на средней подвижной плате заставляет двигаться ее относительно зафиксированных пластин в направлении движения автомобиля. Таким образом, меняется расстояние между пластинами и количество заряда в конденсаторах. Расстояние между пластинами конденсатора K_1 увеличивается, а соответствующая емкость C_1 уменьшается. Расстояние между пластинами конденсатора K_2 уменьшается, а соответствующая емкость C_2 увеличивается.

На той же плате удаленно от сенсора поперечного ускорения находится датчик угла поворота. Принцип его действия следующий. В постоянном магнитном поле находится груз, способный колебаться. На нем нанесены насечки, представляющие собой сенсор. В рассматриваемом датчике такое строение в целях безопасности продублировано дважды.

В момент приложения переменного напряжения U подвижный груз с нанесенными насечками начинает колебаться в магнитном поле. Если на эту конструкцию начинает действовать угловое ускорение, колеблющийся груз, в силу своей инертности отклоняется от прямой траектории колебания из-за воздействия Кориолисова ускорения. Так как это происходит в магнитном поле, электрические характеристики насечек меняются. Измеряя данные электрические характеристики, определяются сила и направление Кориолисова ускорения. Микрокомпьютер по этой величине рассчитывает угол поворота. При выходе из строя указанного датчика система ABS сохраняет работоспособное состояние.

Датчик тормозного давления (рис. 3.11). Как правило, датчик ввинчен в гидравлический насос ESP. Он сообщает устройству управления данные по давлению в тормозной системе. Устройство управления по этим данным вычисляет силы на колесных тормозных механизмах и продольное ускорение, действующее на автомобиль. В случае если необходимо активировать ESP, устройство управления по ним же вычисляет боковые силы. Без информации о реальном давлении не могут быть определены боковые силы. Функция ESP отключается.

Диагностика системы позволяет определить разрывы в соединении и наличие замыкания. Также система позволяет устанавливать повреждение датчика.

Датчик тормозного давления связан с устройством управления двумя либо тремя соединениями.



Рис. 3.11. Датчик давления в тормозной системе

Как правило, датчик тормозного давления нельзя вывинчивать из гидравлического насоса. Его можно заменять лишь вместе с насосом.

По конструкции выделяют емкостные и пьезоэлектрические датчики давления.

Пьезоэлектрический датчик конструктивно содержит пьезоэлектрический элемент, на который может оказывать давление тормозная жидкость и электронный регистратор.

Если тормозная жидкость оказывает давление на пьезоэлектрический элемент, распределение зарядов в элементе меняется. Без действия давления заряды распределены равномерно. При появлении давления заряды пространственно распределяются и возникает электрическое напряжение. Чем выше давление, тем сильнее разъединяются заряды и тем выше становится напряжение. Регистрируемое напряжение усиливается встроенной электроникой и посылается на управляющее устройство как сигнал. Величина напряжения в этом случае является непосредственной мерой тормозного давления.

Индуктивные датчики основаны на принципе изменения емкости внутреннего конденсатора за счет изменения расстояния a между его пластинами под действием давления тормозной жидкости (рис. 3.12).

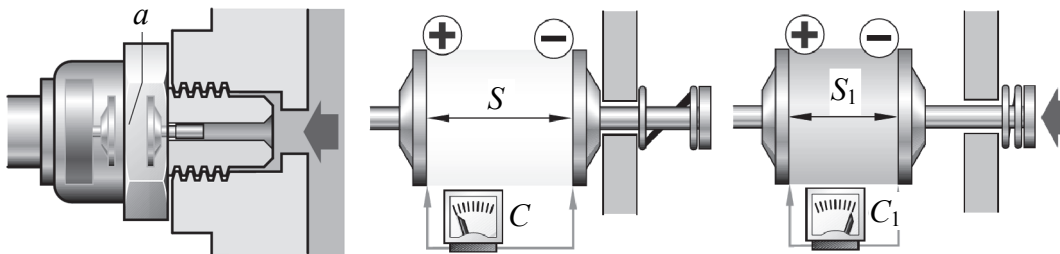


Рис. 3.12. Принцип работы емкостного датчика давления

Расстояние S между двумя пластинами обеспечивает некоторую емкость конденсатора C . Это значит, что конденсатор обладает способностью накапливать и удерживать определенный электрический заряд. Одна из пластин является неподвижной. Вторая пластина может перемещаться под воздействием давления, производимого тормозной жидкостью.

При воздействии давления на подвижную пластину расстояние между двумя пластинами уменьшается и становится равным S_1 , а емкость конденсатора при этом увеличивается и становится равной C_1 .

В случае понижения давления пластина отходит обратно под действием пружины. Емкость конденсатора снова уменьшается. Следовательно, изменение емкости прямо связано с изменением давления, а чувствительность зависит от жесткости пружины.

Выключатель ASR/ESP (рис. 3.13). Он обеспечивает возможность отключения ESP. При повторном задействовании педали тормоза или нажатии на соответствующую кнопку она снова включается. В случае если водитель забыл реактивировать ESP, система вновь запускается самостоятельно после включения двигателя.

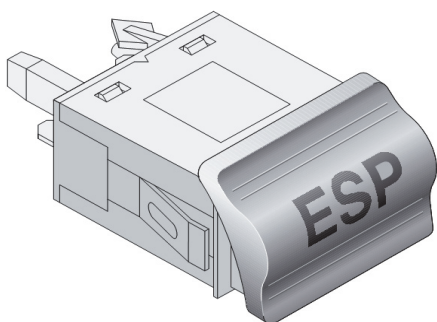


Рис. 3.13. Выключатель системы ESP

Отключать ESP целесообразно:

- при движении на глубоком снегу или рыхлой почве;
- при езде с цепями противоскольжения;
- при размещении автомобиля на испытательном стенде.

В момент непосредственного действия ESP работа выключателя блокируется. При поврежденном выключателе нельзя отключить ESP.

Сигнал об ошибках функционирования выводится на панель управления. Ошибки в функционировании выключателя нельзя распознать с помощью электронной диагностики.

Датчик частоты вращения колес. В современных системах ESP применяют датчики частоты вращения колес двух типов (рис. 3.14): индуктивные и активные. Индуктивные датчики вращения основаны на принципе прерывания магнитного поля задающим зубчатым элементом. Магнитное поле формируется постоянным магнитом, который смонтирован единым блоком с катушкой и чувствительным элементом. Проходя через магнитное поле постоянного магнита, зубцы задающего элемента прерывают его. Данное прерывание индуцирует в катушке течение переменного электрического тока, которое воспринимается регистрирующим элементом.

Работа активных датчиков основана на эффекте Холла. Задающий элемент таких датчиков представлен магнитным кольцом, отдельные сегменты поверхности которого намагничены в чередующихся направлениях. Чувствительный элемент (датчик Холла) воспринимает изменение магнитного поля и преобразует их в ступенчато изменяющийся сигнал напряжения.

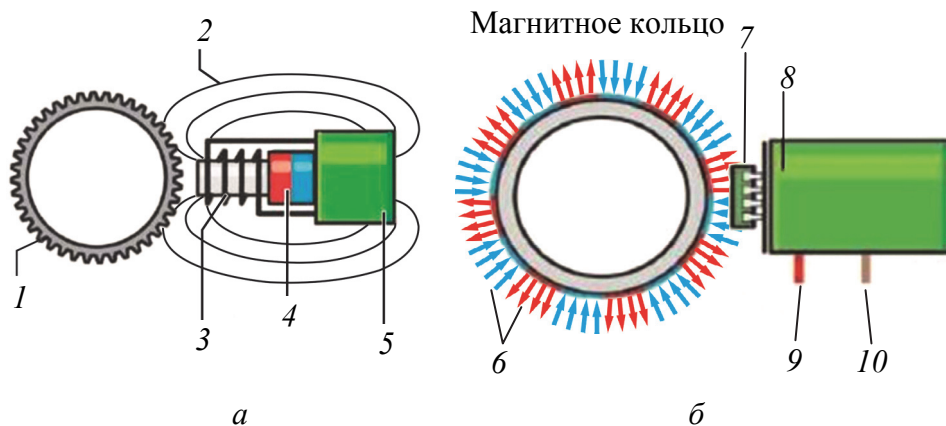


Рис. 3.14. Работа системы ESP на примере одного колеса:

а – индуктивный датчик; *б* – активный датчик:

- 1 – задающий элемент (задающий ротор); 2 – магнитное поле; 3 – катушка;
 4 – постоянный магнит; 5 – чувствительный элемент; 6 – магнитное поле
 участков, намагниченных в разных направлениях;
 7 – чувствительный элемент; 8 – электронная схема датчика;
 9, 10 – провода электропитания и передачи сигнала

Если выходит из строя хотя бы один датчик числа оборотов колеса, включаются контрольные лампы ABS и ASR/ESP, а соответствующие системы отключаются. Функция EBV остается доступной. Если неисправность не проявляется ни при самотестировании, ни при скорости более 20 км/ч, контрольные лампы отключаются.

Рассмотренный выше принцип работы системы ESP весьма упрощен и применим в данном виде преимущественно для автомобилей малой грузоподъемности, не имеющих прицепных звеньев.

Гидравлический насос. Он находится под гидравлическим блоком в моторном отделении. При наличии системы ABS во время нажатия на педаль тормоза достаточно небольшого количества тормозной жидкости в противовес к большому создаваемому давлению. Эту функцию выполняет возвратный насос. Он также способен обеспечить наличие большого количества тормозной жидкости даже при малом давлении на педаль (или при его отсутствии), так как при низких температурах тормозная жидкость обладает высокой вязкостью.

Поэтому система ESP предусматривает наличие дополнительного гидравлического насоса, создающего необходимое начальное давление в возвратном насосе. Давление предварительно нагнетенной жидкости ограничивается дросселем на главном тормозном цилиндре. Регулировка динамики управления гидравлическим насосом не осуществляется.

Электронной диагностикой распознаются разрывы и замыкания проводников насоса.

В целом гидравлический насос не ремонтпригоден. Он заменяется единым агрегатом. Запасной насос поставляется заполненным тормозной жидкостью. Пустой насос нельзя использовать, поэтому нельзя удалять с него заглушки заранее. Однако в случае выхода из строя электродвигателя привода насоса (как правило, изнашиваются щетки коллектора) его ремонт может быть осуществлен.

При выходе из строя гидравлического насоса ESP перестает функционировать. Системы ABS, EDS и ASR продолжают функционировать. На панель приборов выводится сообщение об ошибке функционирования ESP.

Гидравлический блок. Данный блок (рис. 3.15) соединен с тормозными контурами.

В противоположность системам ABS гидравлический блок ESP оснащен дополнительными переключающим и впускным клапанами. Возвратный насос функционирует самостоятельно.

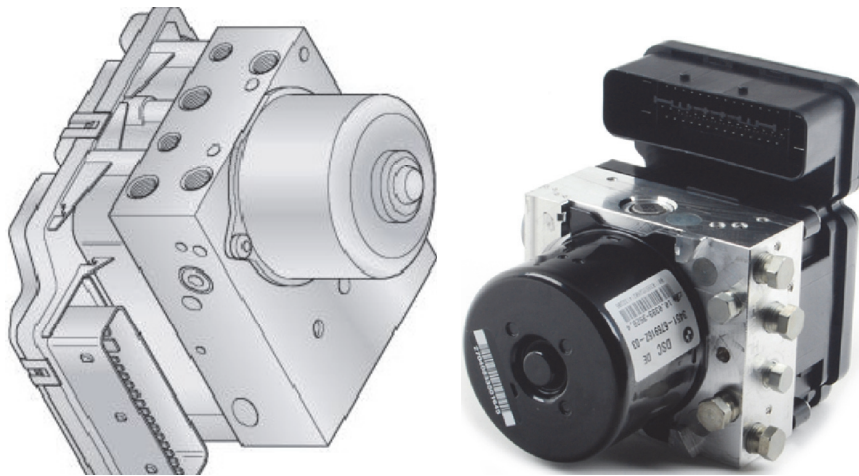


Рис. 3.15. Гидравлический блок системы ESP

Клапаны в гидравлическом блоке помогают управлять единственным тормозным цилиндром.

С помощью впускных и выпускных клапанов могут быть достигнуты следующие состояния системы:

- повышение давления в системе;
- поддержание давления в системе;
- снижение давления в системе.

В случае отказа клапанов система ESP отключается.

Рассмотрим действие одного тормозного контура на примере одного колеса.

Тормозной контур (рис. 3.16) состоит из клапана переключения 1, высоконапорного клапана 2, впускного клапана 3, выпускного клапана 4, тормозного цилиндра 5, возвратного насоса 6 при его наличии, гидравлического насоса динамики 7 и усилителя тормозного усилия 8.

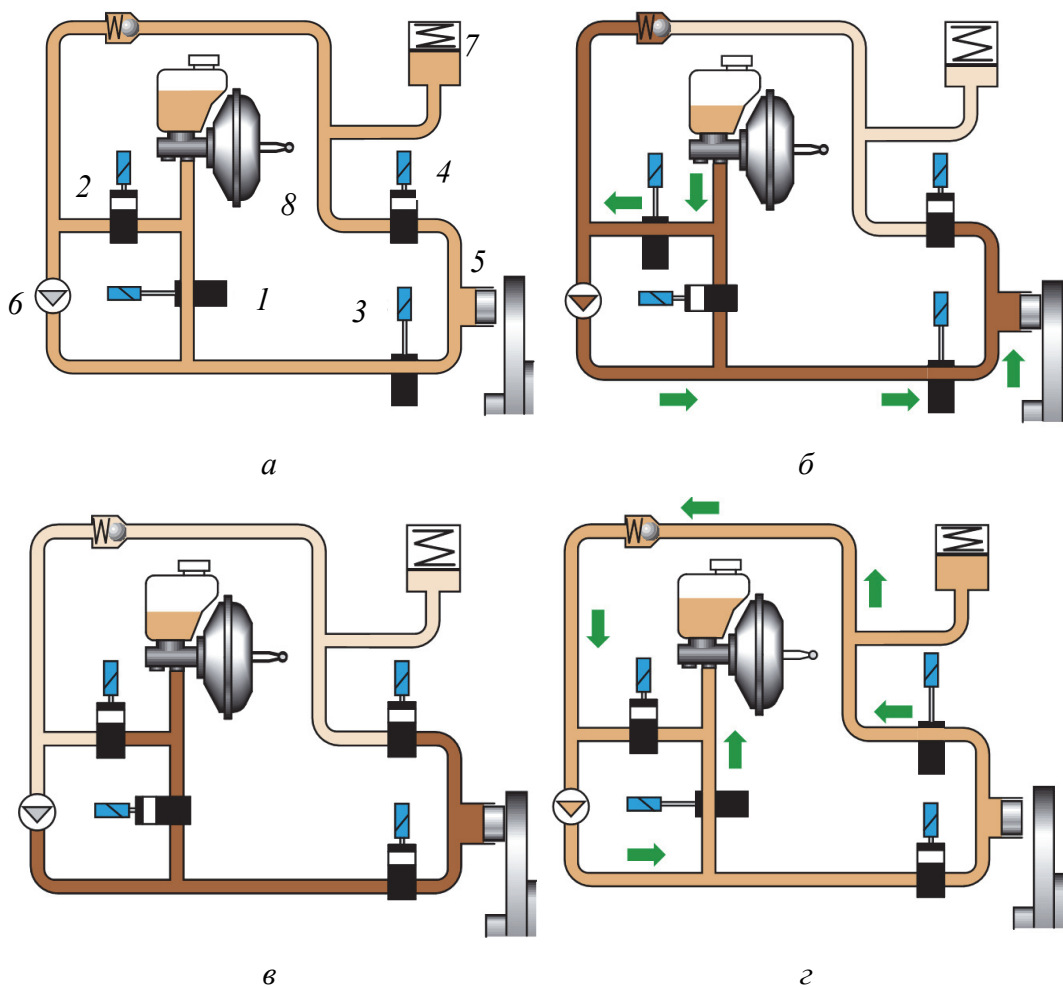


Рис. 3.16. Работа тормозной системы под управлением ESP на примере одного колеса:

а – общая схема системы; б – повышение давления;
в – поддержание давления; г – снижение давления

Повышение давления. Когда ESP начинает действовать, гидравлический насос начинает качать тормозную жидкость в тормозной контур. Таким образом, в тормозных цилиндрах и возвратном насосе

быстро возникает повышенное тормозное давление. При этом возвратный насос еще более повышает тормозное давление.

Поддержание давления. Впускной клапан закрывается. Выпускной клапан остается закрытым. Давление в цилиндрах поддерживается. Возвратный насос прекращает работу, клапан 2 закрывается.

Снижение давления. Клапан 1 начинает действовать в противоположном направлении. Впускной клапан остается закрытым, выпускной клапан открывается. Тормозная жидкость может вернуться в бачок через основной цилиндр, тем самым снижая давление в системе тормозного контура.

3.3. Аккумуляторные топливные системы Bosch Common Rail

В сравнении с классическими топливными системами аккумуляторная топливная система Bosch Common Rail (CR) имеет ряд преимуществ. Это высокое давление впрыска, переменный угол опережения впрыска, возможность формирования процесса двухфазного и многофазного впрыска, регулирование давления впрыска в зависимости от скоростного и нагрузочного режима двигателя.

Для обеспечения эффективной работы система CR (рис. 3.17) использует ряд данных от элементов электронной системы управления двигателем: датчика частоты вращения коленчатого вала, датчика частоты вращения распределительного вала, датчика положения акселератора, датчика давления наддува, датчика температуры охлаждающей жидкости и массового расходомера воздуха. На основе данных, получаемых с указанных датчиков, ЭБУ двигателя рассчитывает необходимый объем цикловой подачи топлива.

Формирование необходимого давления и объема подачи происходит следующим образом. Погружной топливоподкачивающий насос через фильтр подает топливо в топливный насос высокого давления (ТНВД). От него по топливной магистрали топливо поступает в аккумулятор высокого давления (топливную рампу). В топливной рампе топливо аккумулируется при высоком давлении, которое в зависимости от модели системы CR может достигать 140–160 МПа (1400–1600 бар). Далее топливо поступает на форсунки, которые открываются по сигналу с ЭБУ (электронного блока управления) и происходит впрыск топлива. Излишки топлива по обратной магистрали возвращаются в бак.

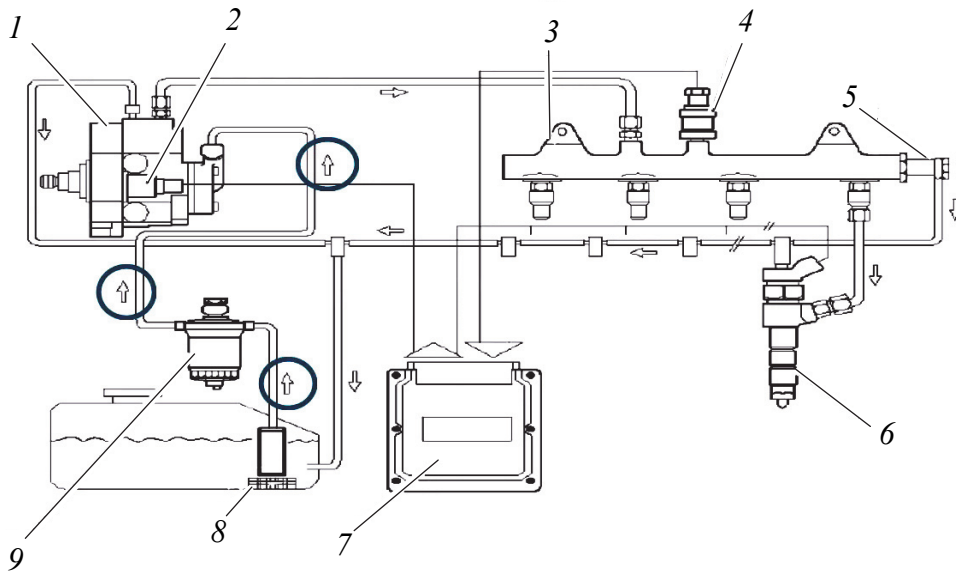


Рис. 3.17. Принципиальная схема аккумуляторной топливной системы Bosch Common Rail

Для контроля и регулирования давления в системе имеются следующие элементы: регулятор потока, установленный на ТНВД, регулятор давления топлива, установленный в топливной рампе, и датчик давления в рампе.

Подробнее рассмотрим конструкцию и порядок функционирования отдельных элементов системы CR.

В отличие от классических систем питания дизельных двигателей, имеющих в своей основе рядный плунжерный топливный насос высокого давления, системы питания Bosch Common Rail оборудуются радиально-плунжерными насосами. Все плунжерные секции данного насоса отвечают за поддержание давления в топливной рампе и не относятся к конкретным форсункам, как в классических системах.

В дополнение к топливоподкачивающему насосу, устанавливаемому в топливном баке, радиально-плунжерные ТНВД оборудуются дополнительным встроенным шестеренчатым насосом. От шестеренчатого насоса топливо попадает в плунжерные секции, а затем в топливную рампу. С целью регулирования объема топлива, поступающего от шестеренчатого насоса, радиально-плунжерные ТНВД оборудуются электромагнитным регулятором потока.

Каждая секция ТНВД (рис. 3.18) состоит из впускного и выпускного клапанов, плунжера, пружины, нажимной пружины, эксцентрикового кулачка, кулачковой шайбы, приводного вала.

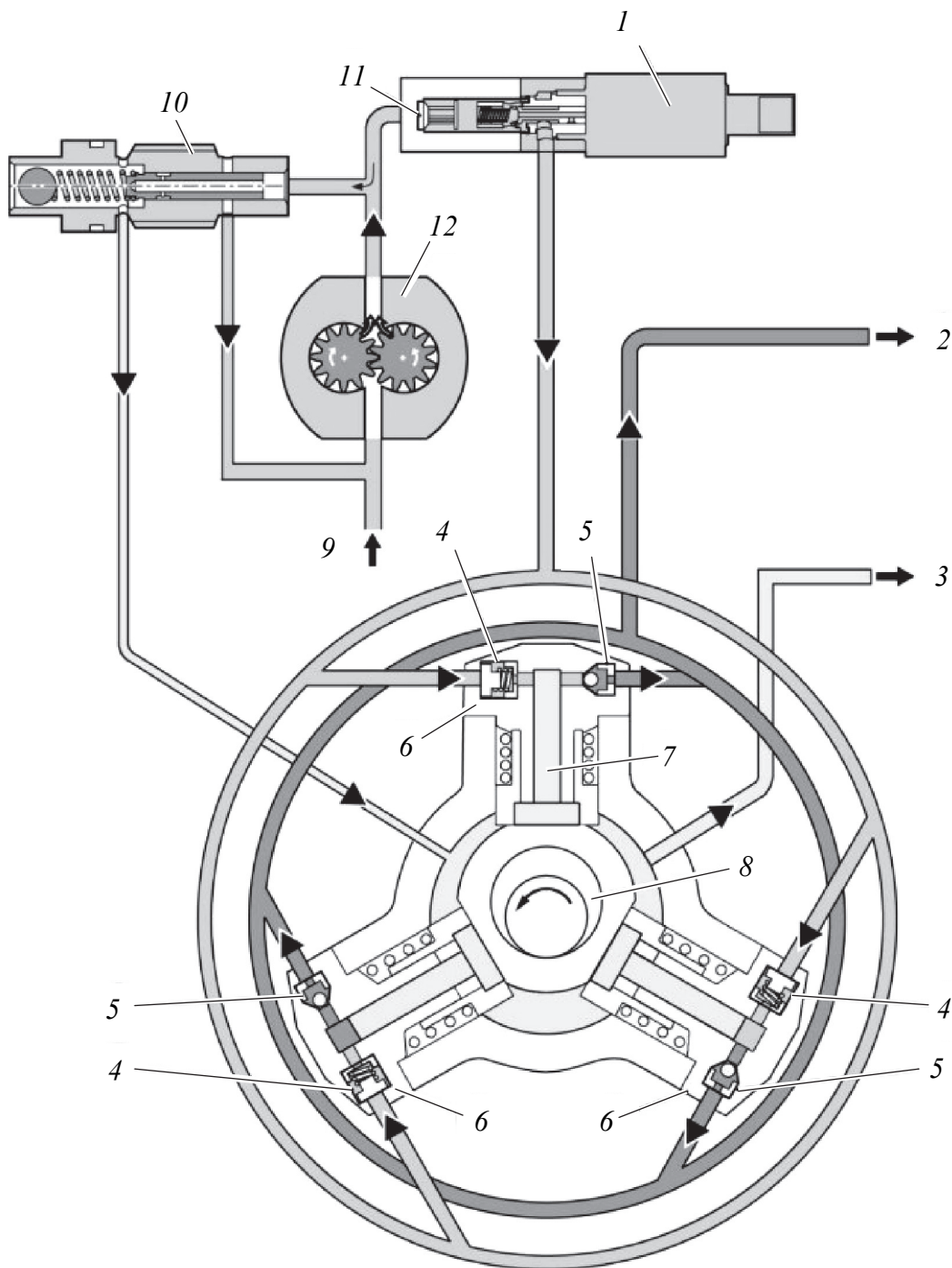


Рис. 3.18. Топливный насос высокого давления:
 1 – дозирующий топливный клапан; 2 – к магистрали Common Rail;
 3 – к топливному баку; 4 – впускной клапан; 5 – выпускной клапан;
 6 – плунжерная пара насоса высокого давления; 7 – плунжер;
 8 – эксцентрик; 9 – от топливного бака; 10 – комбинированный
 редуцирующий и перепускной клапаны; 11 – фильтрующий элемент;
 12 – подающий насос

Процесс создания высокого давления в насосной секции происходит следующим образом. Подача топлива от шестеренчатого насоса происходит через замкнутый поршневой канал за счет движения плунжера к нижней мертвой точке под действием пружины. После достижения нижней мертвой точки и закрытия впускного клапана начинается такт сжатия. В конце такта сжатия давление топлива возрастает до величины, преодолевающей силу сопротивления пружины выпускного шарикового клапана. Он, в свою очередь, открывается и пропускает через кольцевой канал, соединяющий все плунжерные секции, в топливную рампу топливо.

Однако в процессе работы двигателю не требуется весь объем топлива, вырабатываемый ТНВД. Для этого служит регулятор потока устанавливаемый на входе в ТНВД.

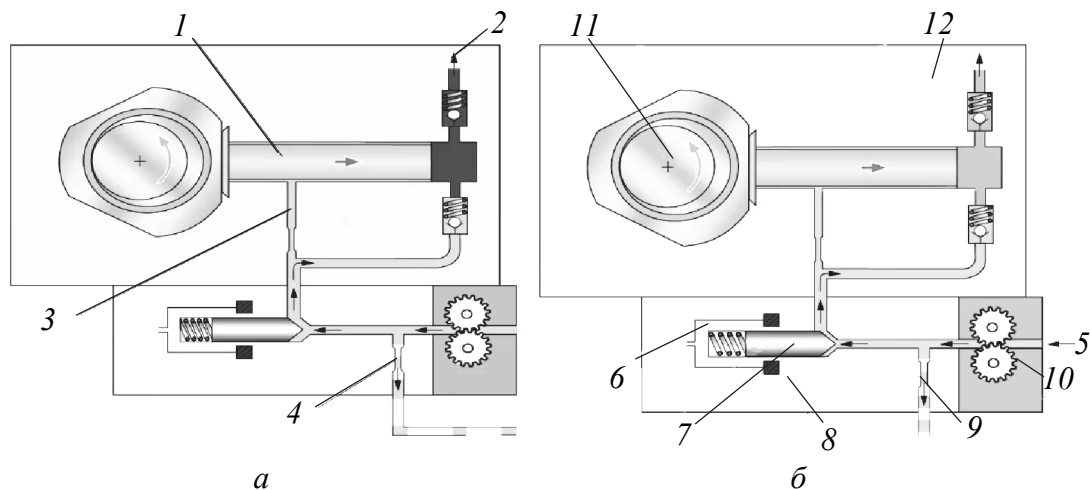


Рис. 3.19. Принцип работы топливного насоса высокого давления с регулятором потока:

- 1 – плунжер; 2 – к аккумулятору высокого давления; 3 – смазочный канал;
 4 – дроссель; 5 – подача топлива; 6 – широтно-импульсные сигналы от блока управления; 7 – запорная игла; 8 – клапан регулятора давления топлива;
 9 – сливная магистраль; 10 – шестеренчатый насос;
 11 – кулачковый вал насоса; 12 – насос высокого давления

При необходимости снизить давление в топливной рампе блок управления отправляет широтно-импульсные сигналы на соленоид управления подпружиненной запорной иглой клапана-регулятора. Под действием магнитного поля игла перемещается и перекрывает канал, соединяющий выход шестеренчатого насоса с впускным клапаном. Поток топлива при этом преодолевает местное

сопротивление сливной магистрали и направляется в топливный бак. В плунжерные секции и, соответственно, топливную рампу попадает малое количество топлива, что может негативно сказаться на смазывании плунжерной прецизионной пары. Для обеспечения смазывания конструкция насоса оборудуется специальным смазывающим каналом.

На указанной схеме регулятор потока постоянно закрыт. Это означает, что в случае неисправности соленоида управления или отсутствия сигнала двигатель не запустится, так как все топливо будет поступать в сливную магистраль.

На холостом ходу исправный регулятор потока никогда не открывается и не закрывается полностью. Коэффициент заполнения сигнала составляет ориентировочно $34 \pm 3\%$ (здесь и далее приводимые данные о стандартных сигналах и степени допускаемых отклонений приведены справочно. Для получения данных о конкретных двигателях следует использовать справочную литературу либо электронные каталоги Autodata, Würth Online World и др.).

После попадания топлива в топливную рампу система управления двигателем измеряет давление топлива с помощью датчика давления. Он может располагаться с торца рампы, на ее боковой части либо быть совмещенным с ТНВД и находиться на выходной магистрали высокого давления, соединяющей ТНВД и топливную рампу. Датчик давления – это датчик тензорезистивного типа. В случае его выхода из строя ЭБУ не может оценить давление топлива, двигатель останавливается и не запускается.

На холостом ходу давление в топливной рампе должно составлять 27 ± 5 МПа. Однако топливные карты ЭБУ могут требовать меньшее давление топлива для обеспечения экономичной подачи топлива и рационального смесеобразования. Поэтому на практике допускаются значения давлений меньше обозначенных. В этом случае, с помощью электронных средств диагностики следует сравнить давление запрашиваемое ЭБУ с давлением в топливной рампе и на основании этих данных сделать вывод о его приемлемости.

Через топливные магистрали топливо из рампы поступает к форсункам. Излишки топлива через регулятор давления топлива на рампе и обратную магистраль сбрасываются в топливный бак.

В зависимости от типа системы CR могут использоваться форсунки с соленоидным (электромагнитным) или пьезоэлектрическим

управлением. Общий принцип работы форсунки при этом не изменяется. Тип управления влияет лишь на возможную интенсивность и скорость открытия-закрытия форсунки.

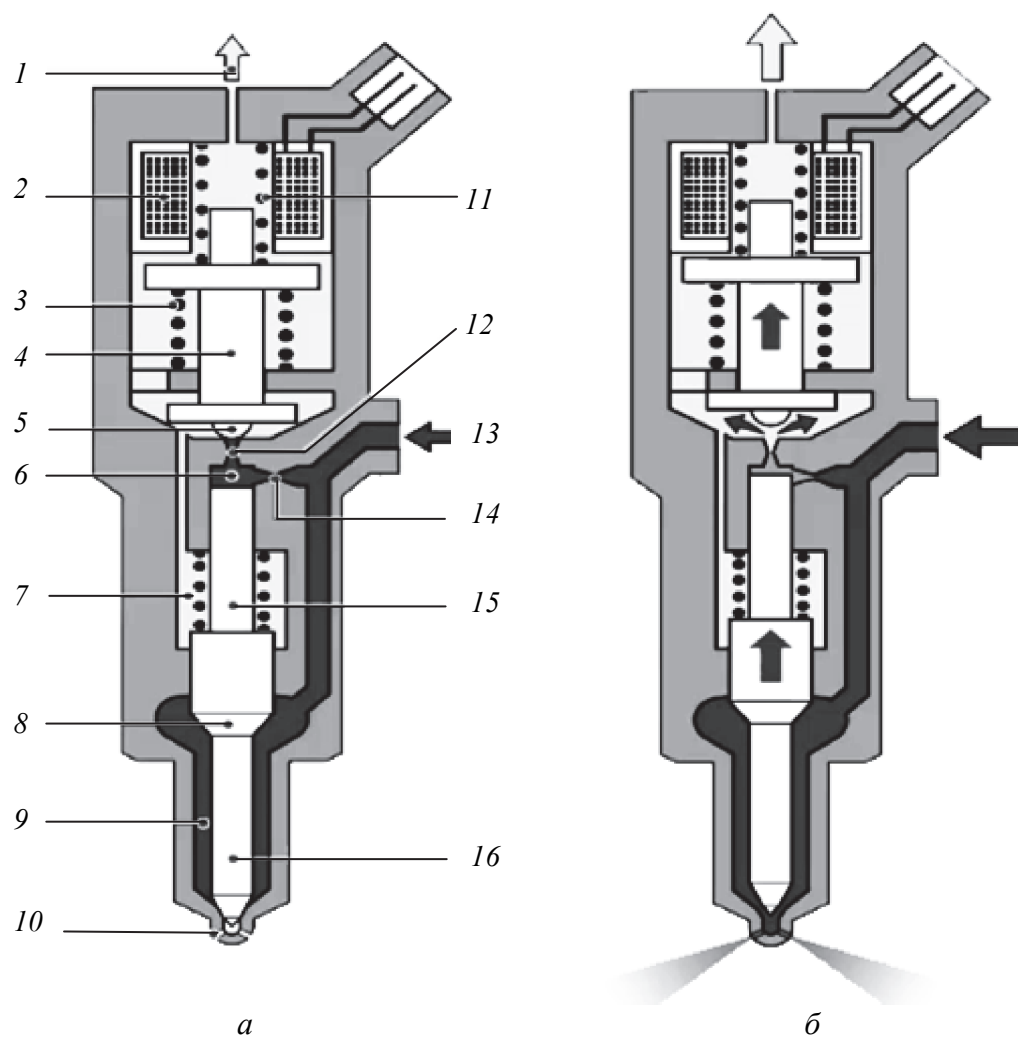
Принцип функционирования форсунки (рис. 3.20) при обесточенном электромагните 2 следующий. Якорь 4 находится в нижнем положении за счет действия пружины 11. Через магистраль высокого давления форсунка сообщается с топливной рампой. Внутри форсунки через входной штуцер 13 топливо поступает в камеру управляющего клапана 6 (через заужение жиклера 14) и камеру распылителя 9 (через основной канал). В данный момент давление в камерах 6 и 9 одинаковое. Давление топлива в камере управляющего клапана толкает иглу 16 распылителя 10 вниз, и отверстие распылителя перекрывается. В закрытом положении иглу удерживает не только давление топлива в камере управляющего клапана, но и пружина 7. Для того чтобы топливо преждевременно не попадало в обратную магистраль 1, канал камеры 12 перекрывается шариковым клапаном 5.

В момент впрыска сигнал с ЭБУ приходит на электромагнит 2. Электромагнитное поле стремится поднять якорь вверх, чему способствует пружина 3. Выходное отверстие камеры управляющего клапана открывается, и топливо по каналу 12 устремляется в обратную магистраль 1. Вследствие существенной разницы давлений в камерах 6 и 9 избыточное давление топлива воздействует на конус иглы 16, которая поднимается вверх, преодолевая усилие пружины 7, и отверстие распылителя открывается.

Цикловая подача топлива зависит от времени пребывания форсунки в открытом положении, которое, в свою очередь, определяется продолжительностью подачи импульса на электромагнит. Общая продолжительность впрыска составляет, как правило, 1–2 мс. За это время форсунка с электромагнитным управлением делает 2 предвпрыска и 1 основной впрыск. Длительность предвпрыска 200–600 мкс, а основного впрыска от 600 до 800 мкс. При электронной диагностике двигателя выводятся данные о величине цикловой подачи топлива. Обычно она составляет не менее 8,5–11,5 мг/цикл, на холостом ходу малообъемных двигателей 4–6 мг/цикл (не менее 3 мг/цикл).

Точное дозирование цикловой подачи топлива достигается за счет поддержания стабильного давления в топливной рампе. Контроль за величиной давления осуществляется датчиком давления,

а для его поддержания используются регуляторы потока топливного насоса и давления в топливной рампе. Это означает, что система регулирования давления, как правило, 2-ступенчатая, однако существует ряд исполнений ТНВД, в которых регулятор потока отсутствует.



а

б

Рис. 3.20. Работа форсунки с соленоидным (электромагнитным) управлением:

а – форсунка закрыта; *б* – форсунка открыта;

1 – обратная магистраль; *2* – электромагнит; *3* – пружина; *4* – якорь;

5 – управляющий шариковый клапан; *6* – камера управляющего клапана;

7 – пружина; *8* – конический пояс иглы; *9* – камера распылителя;

10 – распылитель; *11* – пружина; *12* – канал камеры управляющего клапана;

13 – входной штуцер; *14* – жиклер (заужение);

15 – плунжерная часть иглы; *16* – игла форсунки

Регулятор давления (рис 3.21) присутствует во всех конструкциях системы Common Rail. Он состоит из электромагнитной катушки, тарельчатого якоря клапана, клапанной пружины, запорной иглы со сферическим наконечником и фильтра (может отсутствовать).

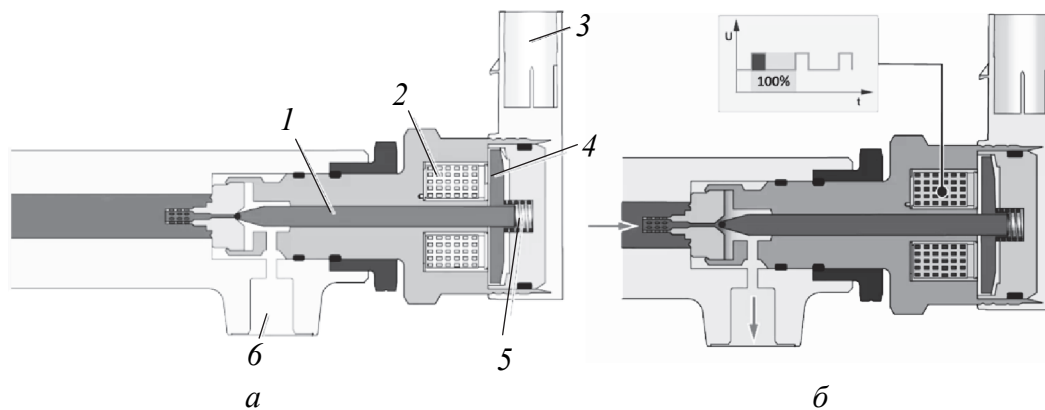


Рис. 3.21. Принципиальная схема работы регулятора давления в топливной рампе:

а – регулятор закрыт; *б* – регулятор открыт;

1 – игла клапана; *2* – магнитная катушка; *3* – подключение электричества;
4 – якорь клапана; *5* – клапанная пружина; *6* – обратная магистраль

При отсутствии напряжения на магнитной катушке (только если двигатель не запущен) пружина воздействует на тарельчатый клапан, соединенный с иглой. Сферический наконечник иглы перекрывает канал, соединяющий полость топливной рампы с обратной магистралью, и топливо остается в рампе. Однако если попытаться запустить двигатель, предварительно обесточив регулятор (расцепить контактную пару), то увеличение давления в рампе вызовет смещение иглы (с преодолением усилия пружины) и топливо будет поступать в обратную магистраль. На производстве пружина регулятора подбирается таким образом, чтобы при обесточенном регуляторе в топливной рампе создавалось давление около 10 МПа (100 бар). Это позволяет уберечь топливную аппаратуру от повреждений в случае резких скачков давления топлива или обрыва электрической цепи регулятора давления.

Давление в 10 МПа недостаточно для нормальной работы системы, поэтому при запущенном двигателе на электромагнитную катушку подается напряжение в форме широтно-импульсного сигнала. Возникает электромагнитное поле, которое воздействует

на тарельчатый якорь и перемещает иглу в сторону закрытия канала сброса давления. Чем шире импульс, тем больше сила тока, протекающего в катушке электромагнита, и, соответственно, больше магнитное поле и втягивающая сила. При электронной диагностике для описания интенсивности работы регулятора давления используется термин «коэффициент заполнения» (duty cycle). Условно можно считать, что коэффициент заполнения – это отношение продолжительности импульса к продолжительности всего сигнала (100%). На холостых оборотах коэффициент заполнения составляет $16 \pm 3\%$. Во время интенсивной работы двигателя данная величина, как правило, не должна превышать 50%.

3.4. Система рециркуляции отработавших газов EGR

По сравнению с бензиновыми двигателями в дизельных происходит сгорание топлива с низкой испаряемостью (высокой температурой кипения), а процесс образования топливовоздушной смеси наблюдается не только в период задержки воспламенения, но и во время протекания процесса сгорания. В результате топливовоздушная смесь не является полностью гомогенной.

В стехиометрическом режиме для сгорания 1 кг топлива необходимо 14,7 кг воздуха. Такое соотношение воздух / топливо имеет значение показателя λ , равное 1. Если горючая смесь богатая ($\lambda < 1$), то в отработанных газах (ОГ) содержится слишком много окиси углерода (CO_x) и несгоревших углеводородов (НС). При недостатке воздуха также увеличиваются расход топлива и эмиссия частиц сажи. Если горючая смесь бедная ($\lambda > 1$), то в отработанных газах содержится слишком много оксидов азота (NO_x).

Процесс образования гомогенной (однородной) топливовоздушной смеси существенно зависит от следующих факторов:

- давления впрыска;
- продолжительности процесса впрыска;
- факела распыления топлива (числа сопловых отверстий, размера факелов распыления, направления струи топлива);
- угла опережения впрыска;
- структуры потока воздуха в камере сгорания;
- массы воздуха.

Чем ниже гомогенность смеси, тем выше эмиссия вредных веществ в ОГ и расход топлива. Высокая температура сгорания и высокий уровень концентрации кислорода приводят к увеличению образования соединений NO_x . Увеличение эмиссии сажи (PM), наоборот, происходит при недостатке кислорода и плохом перемешивании топлива с воздухом. Точное измерение количества всасываемого воздуха помогает удержать соотношение воздух / топливо стехиометрическим ($\lambda = 1$) и сократить тем самым эмиссию вредных веществ.

Без системы рециркуляции ОГ эмиссия NO_x оказывается выше законодательных норм, но при этом эмиссия сажи, как правило, остается в нормативных пределах.

При нормировании предельной эмиссии соединений в ОГ принято руководствоваться актуальными требованиями стандартов. На территории Европейского союза и в ряде стран восточной Европы это стандарты Euro. Данные стандарты развивались от Euro 1, предложенных в 1992 г. (еще ранее существовали требования Euro 0), до Euro 5, начавших действовать в 2009 г., и Euro 6, актуальных с 2015 г. В табл. 3.1 и 3.2 обобщены требования, предъявляемые данными стандартами, и хронология их изменения для дизельных и в качестве сравнения бензиновых двигателей.

Таблица 3.1

Нормы экологичности Euro для дизельных двигателей

Норма	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5
Начало действия	01.07.92	01.01.96	01.01.00	01.01.05	01.09.09
CO	3160	1000	640	500	500
HC + NO_x	1130	700/900	560	300	230
NO_x	–	–	500	250	180
PM	180	80/100	50	25	5

Для достижения низких значений эмиссии NO_x у дизельных двигателей используется система рециркуляции отработавших газов EGR (Exhaust-gas recirculation). Данная система перенаправляет часть отработавших газов во впускной коллектор. Это снижает содержание кислорода в камере сгорания, максимальную температуру горения и, соответственно, количество образуемых соединений NO_x . Наиболее прогрессивным способом оценки необходимости рециркуляции в настоящее время является оценка по расходу

воздуха и по содержанию кислорода в отработавших газах по показаниям лямбда-зондов.

Таблица 3.2

Нормы экологичности Euro для бензиновых двигателей

Норма	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5
Начало действия	01.07.92	01.01.96	01.01.00	01.01.05	01.09.09
CO	3160	2200	2300	500	500
HC + NO _x	1130	500	–	–	–
NO _x	–	–	150	80	60
HC	–	–	200	100	100
PM	–	–	–	5	5

Общие логические схемы процессов регулирования рециркуляции работы клапана рециркуляции (клапана EGR) отработавших газов приведены на рис. 3.22–3.24.

Кислородные датчики. Одним из важнейших элементов определения состава отработавших газов в настоящее время является определение значения λ в выхлопе. Для этого используются лямбда-зонды (кислородные датчики), которые различаются по конструкции и принципу работы. Существуют следующие разновидности датчиков:

- двухточечный датчик;
- широкополосный лямбда-зонд;

Стандартные двухточечные датчики (LSH – подогреваемый кислородный датчик (рис. 3.25) и LSF – плоский кислородный датчик) также известны как датчики перепада из-за резкого падения их характеристической кривой при $\lambda = 1$. Для вычисления значения λ используется выходное напряжение датчика. Эти датчики определяют, является ли смесь обогащенной ($\lambda < 1$) или обедненной ($\lambda > 1$). Они устанавливаются как до каталитического нейтрализатора, так и за ним.

В LSU – широкополосных, универсальных лямбда-зондах (рис. 3.26) значение лямбда определяется с использованием силы тока. Такие датчики могут производить точные измерения λ не только в «стехиометрической» точке при $\lambda = 1$, но и в бедной и богатой областях. Кривая тока является постоянно нарастающей. Оценка значения λ возможна в широком диапазоне от $\lambda = 0,7$ до $\lambda = \infty$ (∞ соответствует обычному воздуху с содержанием кислорода 21%).

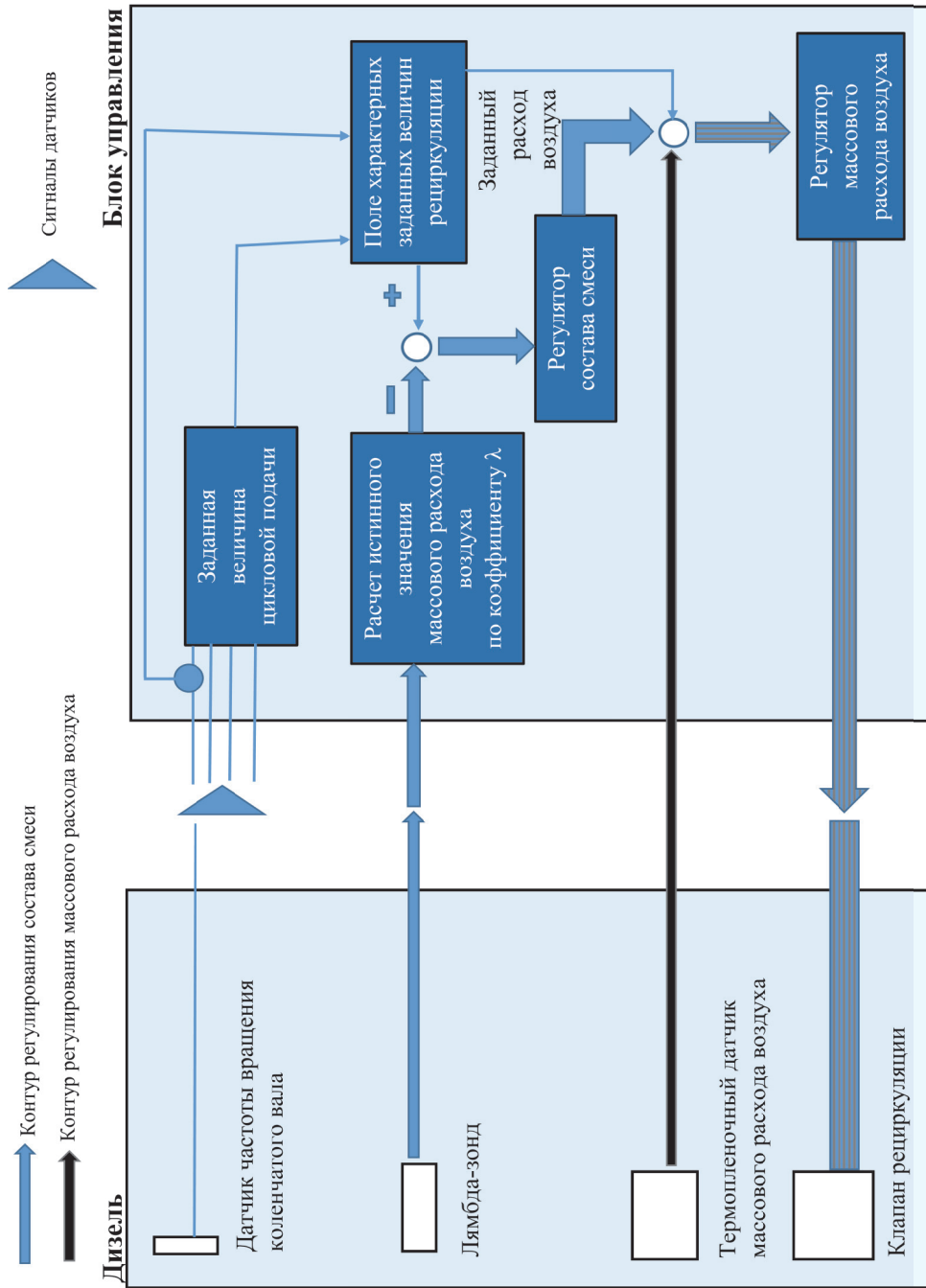


Рис. 3.22. Принципиальная схема рециркуляции ОГ с регулированием коэффициента избытка воздуха (каскадное регулирование)

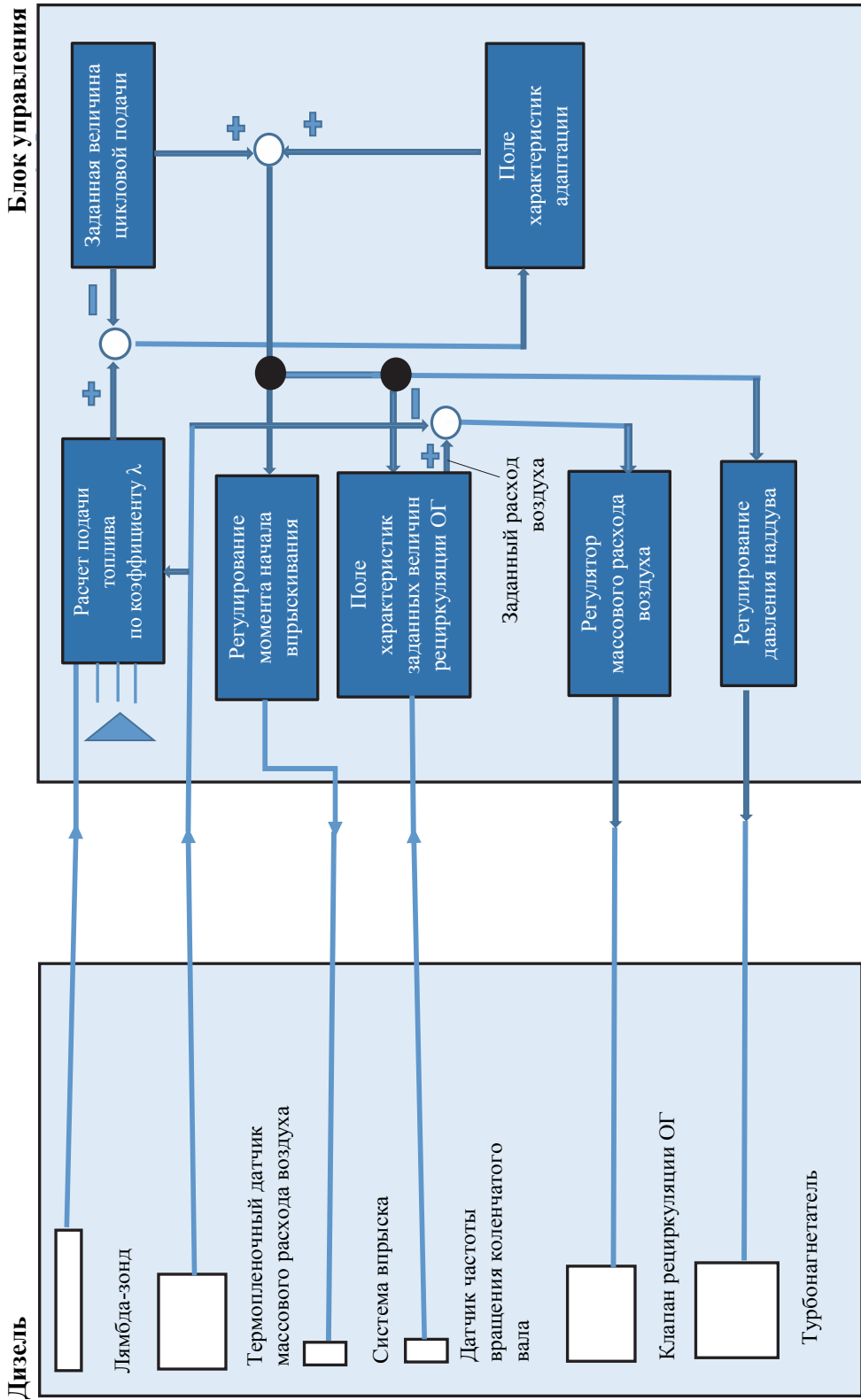


Рис. 3.23. Принципиальная схема адаптации среднего значения величины цикловой подачи в режиме работы (косвенный контроль)

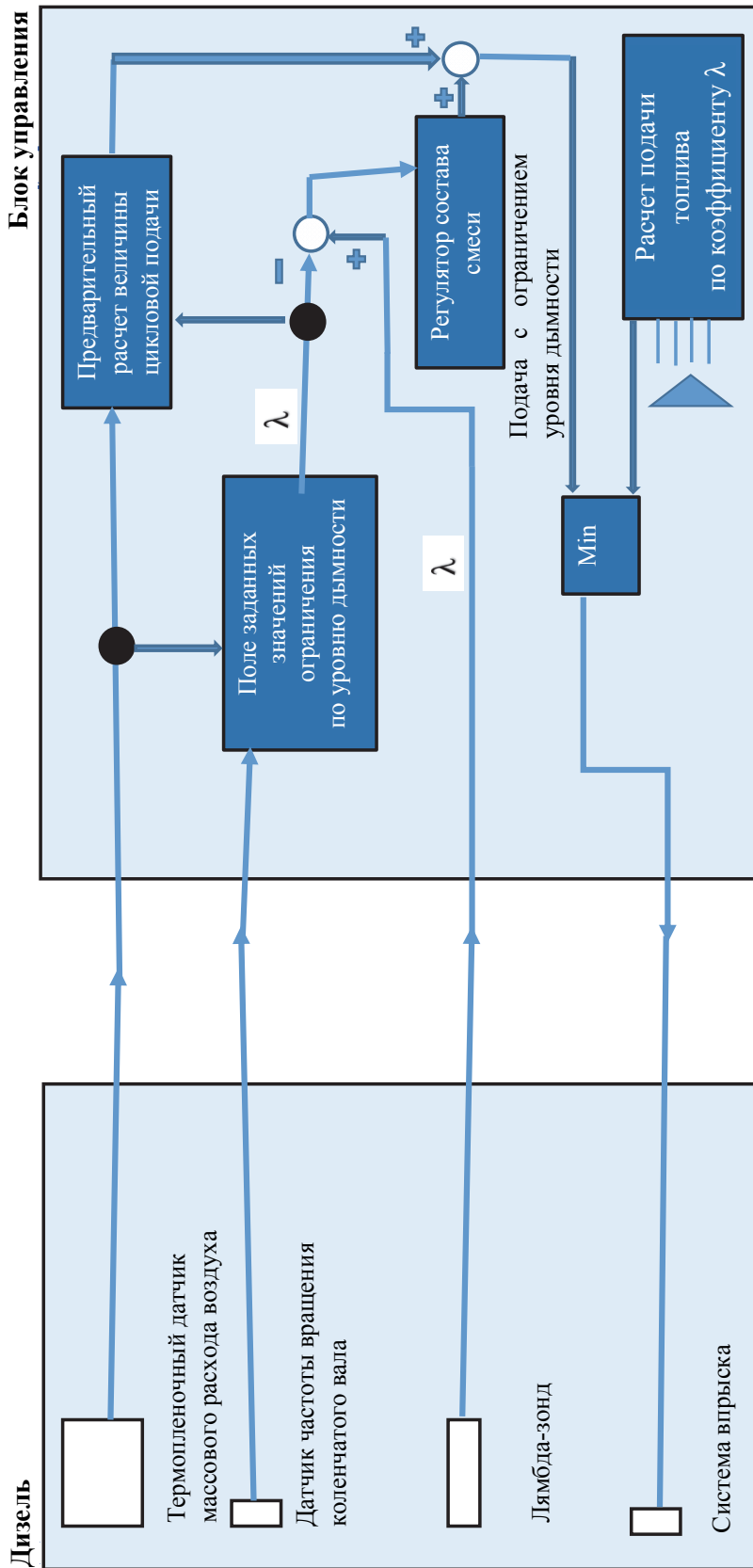


Рис. 3.24. Принципиальная схема ограничения уровня дымности в режиме полной нагрузки с использованием регулирования состава смеси

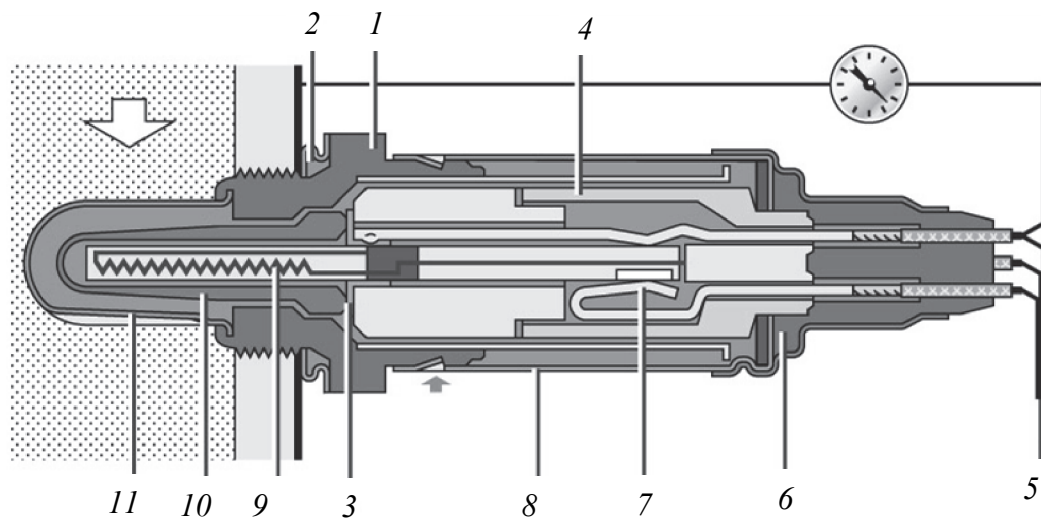


Рис. 3.25. Конструкция подогреваемого кислородного датчика LSH:
 1 – стальной корпус; 2 – уплотнительное кольцо; 3 – токосъемник электрического сигнала; 4 – керамический изолятор; 5 – проводка; 6 – манжета проводов; 7 – контакт цепи подогрева; 8 – наружный защитный экран с отверстием для атмосферного воздуха; 9 – стержень со спиралью накаливания; 10 – наконечник из церкониевой керамики; 11 – внутренний защитный экран с отверстием для отработавших газов

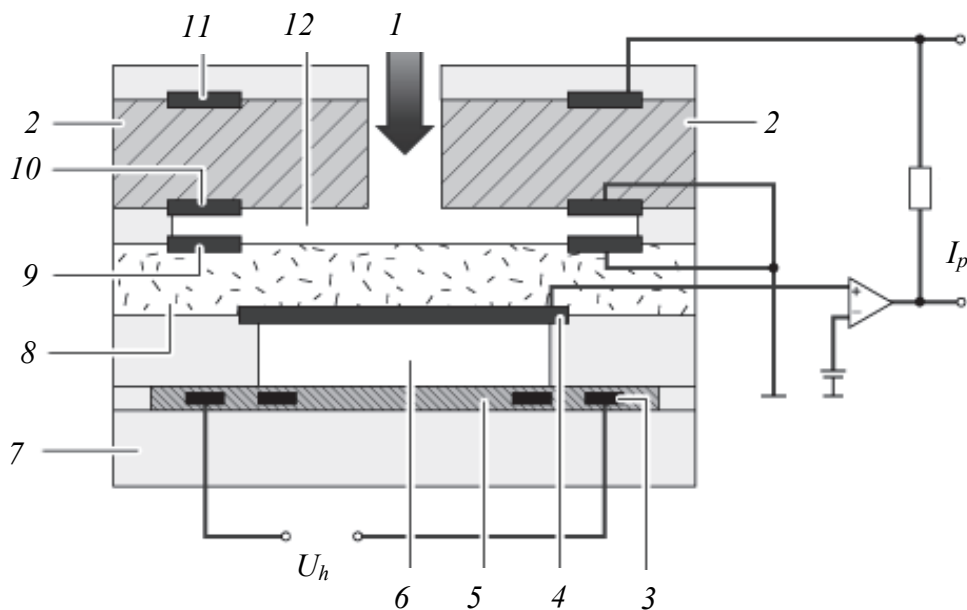


Рис. 3.26. Конструкция широкополосного кислородного датчика LSU:
 1 – отработавшие газы; 2 – измерительная ячейка; 3 – электрод нагрева; 4 – электрод измерительной ячейки; 5 – нагревательный элемент; 6 – воздушный зазор; 7 – керамический слой; 8 – опорная ячейка; 9 – электрод опорной ячейки; 10 – электрод измерительной ячейки; 11 – электрод измерительной ячейки; 12 – измерительный зазор

Чувствительный элемент широкополосного лямбда-зонда состоит из многослойного диоксида циркония (ламинат). Интегрированный в ламинат нагревательный элемент способствует быстрому нагреву зонда до рабочей температуры (не менее 750°C). У широкополосного лямбда-зонда имеются 2 ячейки: измерительная и опорная. На ячейки нанесены платиновые электроды.

При помощи широкополосного лямбда-зонда можно непрерывно измерять соотношение топлива и воздуха в диапазоне от 0,8 до 2,5 (непрерывная характеристика).

Широкополосный лямбда-зонд работает при более низкой мощности подогрева, чем обычный. Кроме того, широкополосный лямбда-зонд быстрее переходит в режим готовности к работе. На измерительную ячейку поступает напряжение. В результате этого в опорную ячейку подается такое количество ионов кислорода, пока между электродами опорной ячейки не устанавливается напряжение 450 мВ. Ток на измерительной ячейке является показателем соотношения топливовоздушной смеси.

Датчики расхода воздуха. Существуют различные способы определения рабочих состояний двигателя (нагрузки на двигатель). Они основаны на определении давления или массы воздуха во впускном коллекторе. Данные показатели используются в следующих случаях:

- при расчете угла опережения зажигания (для двигателей с воспламенением рабочей смеси от электрической искры);
- при расчете момента впрыска топлива (для двигателей с непосредственным впрыском топлива);
- при слежении за системой рециркуляции отработавших газов (EGR);
- при корректировке работы турбонагнетателей.

Определение давления воздуха основано на применении датчика давления во впускном коллекторе, определение массы воздуха – на применении массового расходомера воздуха, а для двигателей с принудительным наддувом – дополнительно с датчиком давления наддува.

Для оптимального сгорания 1 кг топлива в двигателе внутреннего сгорания требуется 14,7 кг воздуха. Это соотношение топлива и воздуха именуется стехиометрическим соотношением.

Для того чтобы блок управления двигателя в любом режиме мог установить правильное соотношение в количестве топлива

и воздуха, ему необходима точная информация о массе всасываемого воздуха.

Широкое распространение получили термоанемометрические пленочные расходомеры воздуха (рис. 3.27). На основании их сигналов блок управления двигателя определяет точную массу всасываемого воздуха.

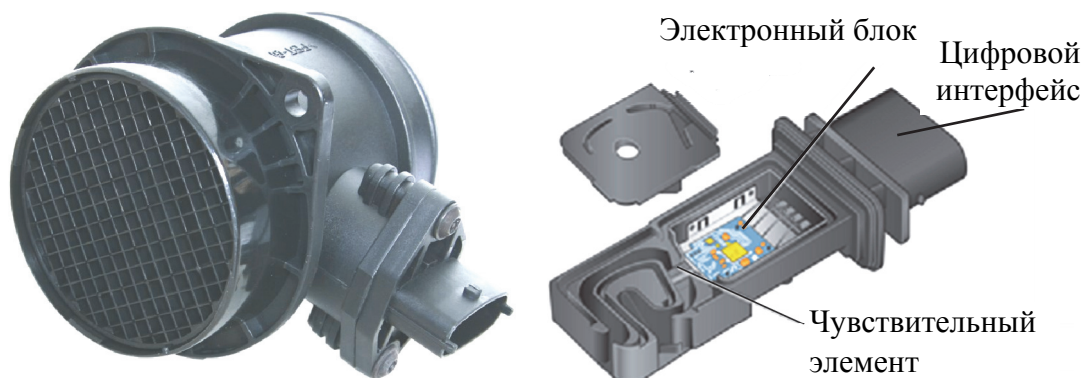


Рис. 3.27. Термоанемометрический пленочный расходомер воздуха

Термоанемометрический пленочный расходомер состоит из измерительной трубки и электронного блока с чувствительным элементом.

Поток воздуха проходит через сетчатую мембрану. Она предназначена для улавливания частиц масла и пыли, которые могут исказить результаты измерений. Часть потока попадает в байпасный канал, где и осуществляется измерение количества воздуха. Благодаря специальной конструкции канала расходомер воздуха может измерять массу не только прямого, но и обратного потока воздуха, что обеспечивает большую точность измерения.

Расходомер состоит из следующих основных деталей:

- микромеханического чувствительного элемента с функцией распознавания обратного потока;
- датчика температуры всасываемого воздуха;
- электронного блока, который осуществляет обработку цифрового сигнала;
- цифрового интерфейса подключения.

Наличие датчика температуры (рис. 3.28) обусловлено тем, что при постоянном объеме воздуха с изменением температуры и давления масса воздуха изменяется. Соотношение высоты над уровнем моря, средних температуры и давления воздуха приведено в табл. 3.3.

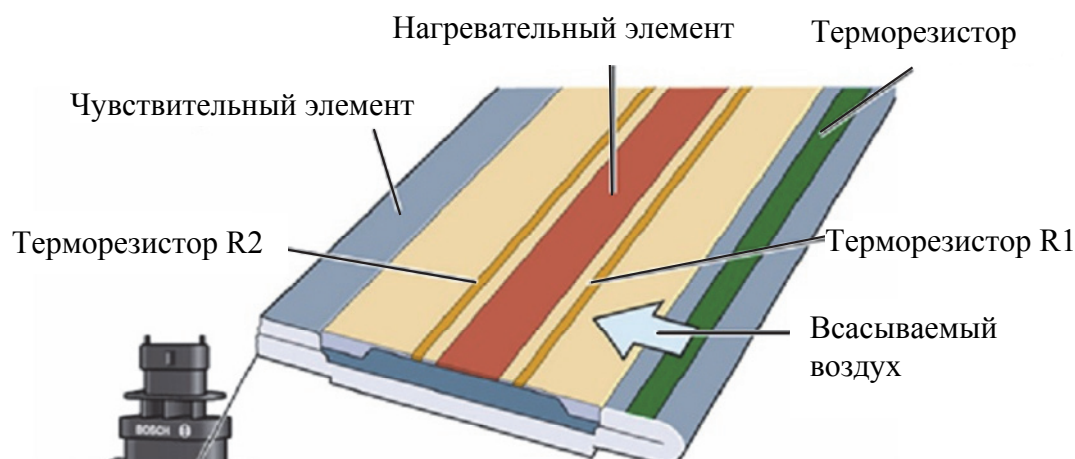


Рис. 3.28. Датчик температуры всасываемого воздуха

Таблица 3.3

Зависимость изменения давления воздуха и его температуры от высоты над уровнем моря

Высота над уровнем моря, м	Давление воздуха, кПа (бар)	Температура, °С
0	1013 (1,013)	20
100	1001 (1,001)	19,35
500	954 (0,954)	16,75
1000	898 (0,898)	13,5

За счет конструкции отбойника за ним образуется вакуум. Под действием вакуума часть потока, необходимая для измерения массы воздуха, всасывается в байпасный канал. Медленно движущиеся частицы грязи не могут следовать за быстрым потоком и через отсекающее отверстие снова попадают в основной поток всасываемого воздуха.

Таким образом, частицы грязи не могут исказить результат измерения и повредить чувствительный элемент.

Чувствительный элемент выступает в часть потока, используемую для измерения массы воздуха. На нем находятся:

- нагревательный резистор;
- два терморезистора R_1 и R_2 ;
- датчик температуры всасываемого воздуха.

Нагревательный резистор нагревает центр чувствительного элемента до температуры, превышающей температуру всасываемого воздуха на 120 °С. По мере удаления от нагревательного резистора к кромке чувствительного элемента температура снижается.

По разнице температур резисторов R_1 и R_2 электронный модуль определяет массу всасываемого воздуха и направление воздушного потока.

Датчики перепада давления. При сгорании топлива в дизельных двигателях образуются частицы сажи. Сажа – микроскопические углеродистые частицы диаметром около 0,05 мкм, на которых адсорбируются различные углеводородные соединения, оксиды металлов и сера. Как описывалось ранее, состав частиц сажи зависит от параметров рабочего процесса, режимов работы двигателя и состава топлива.

Сажевый фильтр задерживает содержащиеся в газах частицы сажи. При заполнении фильтра сажей до определенной величины система управления двигателем запускает процесс активной регенерации. Степень заполнения фильтра сажей определяется блоком управления по его газодинамическому сопротивлению с помощью дифференциального датчика перепада давления до сажевого фильтра и после (рис. 3.29, 3.30).

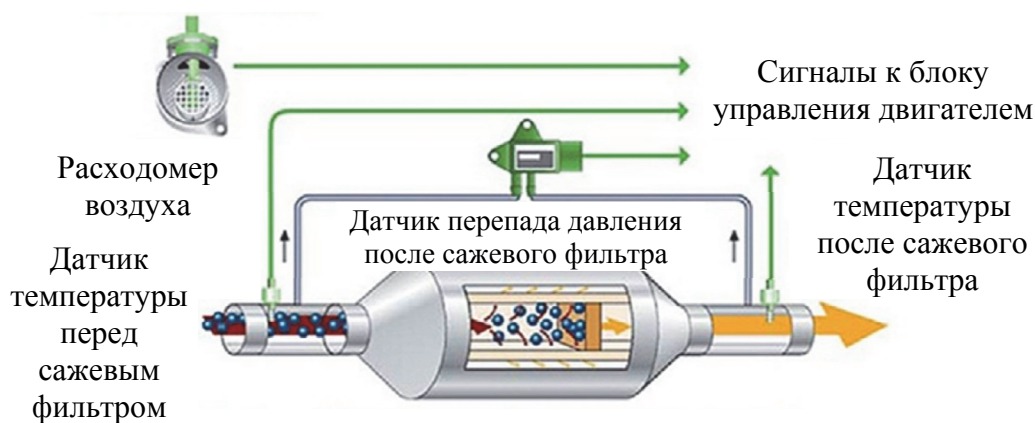


Рис. 3.29. Работа чистого сажевого фильтра

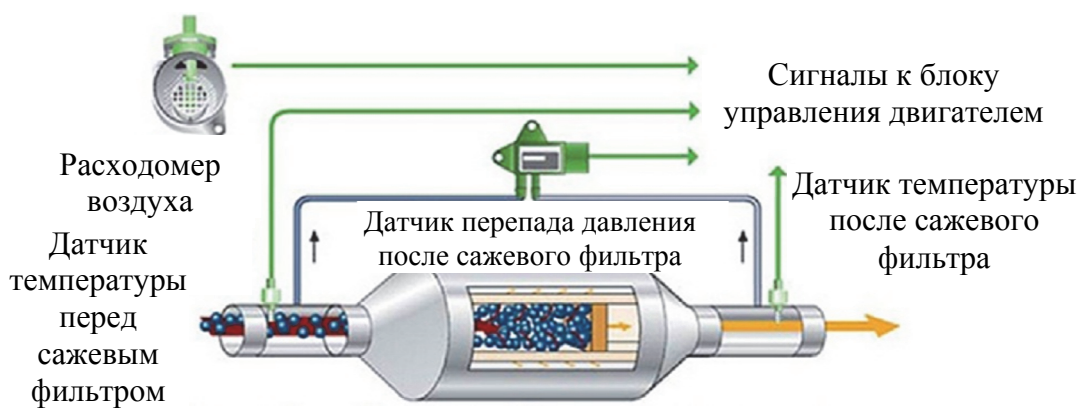


Рис. 3.30. Работа заполненного сажевого фильтра

3.5. Общие сведения о блоках управления

Электронный блок управления (ЭБУ) состоит из печатной платы, которая размещается в металлическом корпусе. Датчики, исполнительные механизмы и кабели подачи напряжения соединяются с блоком управления через многоштырьевой штекер. Оконечные каскады большой мощности, используемые для управления исполнительными механизмами, расположены в корпусе блока управления таким образом, чтобы от них обеспечивался достаточный отвод тепла. Наибольшее число электронных конструктивных элементов выполняется по технологии поверхностного монтажа конструктивных элементов SMD (Surface Mounted Devices), что позволяет добиться компактных размеров блока. Мощные элементы блока крепятся при помощи разъемных соединений.

Электрические сигналы передаются от датчиков к блоку управления по кабельной проводке и штекерам. При поступлении сигнала в блок управления он идентифицируется и сравнивается с эталонными значениями. Сигналы подразделяются на аналоговые, цифровые и импульсные.

Аналоговые сигналы применяются для передачи данных о расходе воздуха, напряжении аккумуляторной батареи, давлении во впускном коллекторе и отдельно о давлении наддува, температур охлаждающей жидкости в рубашке охлаждения и воздуха во впускном коллекторе. Данные сигналы преобразуются аналого-цифровым преобразователем блока управления в цифровые значения, с которыми может работать микропроцессор.

Цифровые выходные сигналы имеют только 2 значения: high (логическая единица (1)) и low (логический ноль (0)). Цифровые выходные сигналы применяются для передачи данных с выключателей (вкл/выкл) и цифровых датчиков, к примеру с импульсного датчика частоты вращения (датчика Холла) или магниторезистивного датчика.

Импульсные сигналы поступают на блок управления от индуктивных датчиков, например от датчика частоты вращения коленчатого вала. Обработка данных сигналов заключается в подавлении помех и преобразовании импульсного сигнала в прямоугольные цифровые сигналы.

Структурно электронный блок состоит из микроконтроллера, памяти для программ и данных (ROM, EPROM, Flash-EPROM, EEPROM), модуля контроля и модулей ASIC. Модуль ASIC, к примеру, предназначен для самостоятельной генерации и передачи

выходных широко импульсных сигналов, которые используются для управления элементами двигателя (регуляторами давления и потока топлива, открытия клапана EGR и т. д.).

Контрольные вопросы

1. Назовите известные Вам системы бортовой диагностики лесных машин.
2. Дайте определение термину OBD. С какой целью и кем он введен?
3. Перечислите основные протоколы передачи данных, поддерживаемых системой OBD. От чего зависит выбор протокола?
4. Что представляет собой диагностический разъем OBD?
5. Какая информация может быть получена при помощи бортовых систем диагностики машин?
6. Классифицируйте датчики электронных систем управления базовым шасси и технологическим оборудованием лесных машин.
7. Перечислите известные Вам электронные системы управления лесными машинами.
8. Дайте определение и поясните принцип работы системы ESP.
9. Назовите основные отличительные признаки аккумуляторных топливных систем дизельных двигателей от систем без общего топливного аккумулятора.
10. Перечислите основные требования экологических стандартов Euro.
11. Охарактеризуйте компоненты систем рециркуляции отработавших газов и поясните принципы их работы.
12. Дайте определение топливной системе Bosh Common Rail, перечислите ее основные компоненты.
13. Поясните принцип работы регуляторов потока и давления в системах CR.
14. Опишите принцип действия форсунок с электронным управлением. В чем их отличие от насосфорсунок?
15. Перечислите компоненты системы CR, ответственные за создание и поддержание высокого давления.
16. Объясните причину высокой стоимости современных нейтралитических катализаторов.
17. Опишите структуру компонентов электронных блоков управления лесных машин.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Характеристики систем управления харвестером

Название СУ	Время разработки / применения	Функции	Место в цепочке, состав (программное обеспечение, оборудование, операционная система)
TimberMatic H TimberMatic F	Начало 1990-х гг.	Измерение и регистрация заготовленной продукции; управление функциями машины; расширенная настройка и калибровка машины; расширенная диагностика систем, узлов и агрегатов	<p>– Место в цепочке, состав (программное обеспечение, оборудование, операционная система)</p> <p>– Универсальные взаимозаменяемые контроллеры, шина CAN, множество датчиков, в том числе датчики давления захватов, диаметра и длины на харвестерной головке. ПК на базе Windows XP</p> <p>– Органы управления харвестера и форвардера унифицированы. Точность измерения длины – 1 см, диаметра – 1 мм</p> <p>– Универсальные взаимозаменяемые контроллеры, шина CAN, множество датчиков, в том числе система взвешивания на манипуляторе. ПК на базе Windows XP</p>
MaxiXplorer	Начало разработки – 1997 г., начало применения – 1998 г. Значительное изменение системы претерпела в 2008 г.	Управление процессом лесозаготовки (включая настройку раскряжовки); самодиагностика оборудования; индикация ошибок; управление двигателем, гидравликой, трансмиссией, манипулятором, харвестерным агрегатом или грейфером	Комплекс, состоящий из ПК с установленной системой Windows и ПО. Обмен данными происходит посредством CAN-шины между датчиками и бортовым ПК. Есть возможность использования оборудования для автоматической регистрации оператора iButton
		John Deere	
		Komatsu Forest	
<p>Унифицирована для установки как на харвестер, так и на форвардер либо экскаватор. СИУ можно устанавливать не только на технику Komatsu. Позволяет вести сбор и накопление данных по всем сортаментам, всем делянкам. Используется в качестве базы данных в процессе работы. Включает в себя электронный каталог запасных частей и инструкции по управлению для оператора. Есть возможность использования на симуляторах либо ПК</p>			

Продолжение прил.

Название СУ	Время разработки / применения	Функции	Место в цепочке, состав (программное обеспечение, оборудование, операционная система)
Maxifleet	Разработка с 2009 г., использование с 2011 г.	Анализ данных; удаленный доступ сервисной службы к машине; формирование отчетов; автоматическая рассылка отчетов посредством электронной почты	Отдельное ПО. На машины устанавливается дополнительное оборудование для передачи данных через спутник или GSM
Интерфейс клиентской части работает на любой ОС. Имеется возможность использования специального PDA для сбора и анализа данных, а также удаленного доступа к управлению Webasto Ponsse			
Fleet Management	2011 г.	Определение местонахождения; автоматическая передача данных в интернет-службу составления отчетов	Самостоятельное ПО. На машины устанавливается дополнительное оборудование для передачи данных через спутник или GSM. Имеется возможность использования специального PDA для сбора и анализа данных
Система позволяет контролировать время работы двигателя, количество топлива в баке, объем заготовленной древесины на конкретном участке, а также производительность машин и расход топлива по каждому оператору. Есть возможность самостоятельно заказывать транспортировку и обслуживание машин			
Logset совместно с группой финских экспертов			
ТОС (Total Operational Control) – система полного оперативного контроля	2004 г. Последняя версия 1.186 обновлена 2015 г.	Система управления; автоматическая калибровка оборудования	Комплекс, состоящий из ПК, экрана, темы встроенных модулей. Своя разработанная система ПО. По умолчанию передача данных происходит путем переписывания данных на флеш-карту
Позволяет вести сбор данных по всем сортаментам и всем делянкам, формировать отчет по работе оператора, содержащий сведения о производительности машины и расходе топлива. Интерфейс клиентской части работает на любой ОС			

Окончание прил.

Название СУ	Время разработки / применения	Функции	Место в цепочке, состав (программное обеспечение, оборудование, операционная система)
ТОС-MD (Total Operational Control – Measuring Device)	2005 г.	Система измерения с автоматическими функциями. По умолчанию передача данных на флеш-карту. Интерфейс на русском.	Комплекс, состоящий из ПК, экрана, темы встроенных модулей. Своя разработанная система ПО. По умолчанию передача данных происходит путем переписывания данных на флеш-карту
Опциональная система картографии	2006 г. Последняя версия обновлена в 2014 г.	Дополнительная система, разработанная для ТОС. Позволяет создавать и редактировать базу данных по делянкам	
Опциональная система дистанционной передачи файлов	Разработки начаты в 2012 г.	Дополнительная система, разработанная для ТОС. Передает данные посредством спутника	
ТОС-офис	2009 г. Последняя версия обновлена в 2015 г.	Позволяет просматривать данные по всем машинам, полученные с помощью системы ТОС. Передача данных через ПО	ПО на ПК на основе Windows
Logset совместно с компанией Silvia			
Silvia Suite	Разработки начаты в 2008 г.	Программа планирования сортиментной заготовки	ПО устанавливается на офисный ПК, а также на технику
Позволяет планировать оптимальную заготовку леса – рассчитывает стоимость сортиментов на основе вводимой пользователем в ПК базы данных			

ЛИТЕРАТУРА

1. Системы отслеживания происхождения древесины как средство предотвращения нелегальных лесозаготовок: материалы семинара, Санкт-Петербург, 20–21 февр. 2007 г. / Всемир. фонд дикой природы. – М.: Алекс, 2007. – 136 с.
2. Götz, W. Electrohydraulic Proportional Valves and Closed Loop Control Valves / W. Götz // Robert Bosch GbmH, Automation Technology. – 1989. – 149 p.
3. Götz, W. Theory and Applications / W. Götz // Robert Bosch GmbH, Automation Technology. – 1998. – 291 p.
4. Synergies of Electric and Hydraulic. – Truninger, 2002. – 6 p.
5. Geerling, G. Successful Know-How Transfer: Rexroth AWZ on-board tractor hydraulics symposium in Horb / G. Geerling // RIQ Rexroth Information Quarterly. – 2000. – No. 3. – P. 18–19.
6. Jonson, O. Load-sensing systems control speed accurately / O. Jonson // Hydraulics & Pneumatics. – March, 1995. – P. 33–36.
7. Hesse, K. Components and systems for tractor, stacker and combine / K. Hesse // Bosch Rexroth Mobile Training. Elchingen. – February, 2003. – P. 18–20.
8. Drive and Control Systems for Combine Harvesters and Forage Harvesters. – Bosch Rexroth AG. – 2001. – RE 98071.
9. Load Sensing Systems. Principle of Operation. – Eaton Corporation. – No. 03-206, November, 1992. – 28 p.
10. ESP (Electronic Stability Programm) [Electronic resource]. – 2009. – Mode of access: <http://cartest.omega.kz/system/esp.html>. – Date of access: 15.03.2017.

Учебное издание

Голякевич Сергей Александрович
Пищов Сергей Николаевич

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛЕСНОМ КОМПЛЕКСЕ

Учебно-методическое пособие

Редактор *Т. Е. Самсанович*
Компьютерная верстка *О. А. Солодкевич*
Корректор *Т. Е. Самсанович*

Подписано в печать 30.11.2018. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать ризографическая.
Усл. печ. л. 7,3. Уч.-изд. л. 7,5.
Тираж 50 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение:
УО «Белорусский государственный технологический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/227 от 20.03.2014.
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.