

© Сидоров Б.Н., Евдокимов В.Г.  
Sidorov B.N., Yevdokimov V.G.

## ОРГАНИЗАЦИЯ БОРТОВЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ КОЛЕСНЫХ И ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН

### THE ORGANIZATION OF ONBOARD ELECTRONIC MONITORING SYSTEMS AND CONTROL OF WHEEL AND CATERPILLAR VEHICLES

**Аннотация.** Освобождение водителя от ряда функций, связанных с управлением, контролем состояния систем и агрегатов с целью снижения действующих на него физических и психологических нагрузок возможно путем автоматизации этих функций, осуществляемой автоматическими системами контроля, диагностики и управления. Задача таких систем – выработка в зависимости от внешних условий и режима движения командного импульса и осуществление в определенной последовательности действий, необходимых для управления режимами работы систем, обеспечивающих движение. Современные бортовые информационно-управляющие системы не обеспечивают достаточной эффективности управления. В связи с этим необходимо придать системе управления движением машины свойство адаптивности. В таком случае нужный закон управления задается адаптивным регулятором в процессе функционирования по реакциям объекта на управляющие воздействия. Вектор управляющих воздействий формируется в зависимости от информации о состоянии и режимах движения машины и задающих воздействиях водителя. Управляющее воздействие формируется последовательно с учетом коррекции по входной информации после подачи команды управления. Таким образом, адаптивные автоматические системы контроля, диагностики и управления исключают участие человека в выборе режима работы систем и агрегатов, обеспечивающих движение машины.

**Annotation.** Clearing of the driver from of some the functions connected with management, the control of a condition of systems and units with the purpose of decrease his physical and psychological burden probably by the automation of these functions which is carried out by automatic monitoring systems, diagnostics and control. A problem of such systems - development depending on external conditions and a mode of movement of a command impulse and realization in the certain sequence of the actions necessary for control by operating modes of systems, providing movement. Modern onboard information-operating systems do not provide sufficient management efficiency. That is why it is necessary to give to a movement control system of the vehicle property of adaptability. In that case the necessary patterns of management is set by an adaptive regulator during functioning on reactions of object to operating influences. The vector of control action is formed depending on the information on a condition and modes of movement of the vehicle and setting influences of the driver. Operating influence is formed consistently according to the entering information after receiving of control command. Thus, adaptive automatic monitoring, diagnostics and control systems exclude participation of the person in a choice of an operating mode of systems and the units providing movement of the machine.

**Ключевые слова.** Системы контроля, диагностики и управления, бортовые информационно-управляющие системы, адаптивные автоматические системы контроля.

**Key words.** Monitoring, diagnostics and control systems, onboard information-operation systems, adaptive automatic monitoring systems.

Освобождение водителя от ряда функций, связанных с управлением, контролем состояния систем и агрегатов с целью снижения действующих на него физических и психологических нагрузок возможно путем автоматизации этих функций, осуществляемой автоматическими системами контроля, диагностики и управления. Задача таких систем – выработка в зависимости от внеш-

них условий и режима движения командного импульса и осуществление в определенной последовательности действий, необходимых для управления режимами работы систем, обеспечивающих движение. Современные бортовые информационно-управляющие системы не обеспечивают достаточной эффективности управления. В связи с этим необходимо придать системе управления

---

*Сидоров Борис Николаевич – доктор технических наук, профессор Московского автомобильно-дорожного института (ГТУ);  
Евдокимов Вячеслав Ганнуэльевич – кандидат технических наук, доцент, заместитель начальника Дальневосточного высшего военного командного училища ДВВКУ (ВИ) по вооружению, тел. 8-914-538-84-13.*

*Sidorov Boris Nikolaevich – Dr.Sci.Tech., the professor of the Moscow Motor and Road institute (ITU);  
Yevdokimov Vyacheslav Genmaelovich – Cand.Tech.Sci., the senior lecturer, the deputy chief of Far East Military School. tel. 8-914-538-84-13.*

движением машины свойство адаптивности. В таком случае нужный закон управления задается адаптивным регулятором в процессе функционирования по реакциям объекта на управляющие воздействия. Вектор управляющих воздействий формируется в зависимости от информации о состоянии и режимах движения машины и задающих воздействиях водителя. Управляющее воздействие формируется последовательно с учетом коррекции по входной информации после подачи команды управления. Таким образом, адаптивные автоматические системы контроля, диагностики и управления исключают участие человека в выборе режима работы систем и агрегатов, обеспечивающих движение машины.

Процесс управления движением колесной (гусеничной) машины представляет собой совокупность действий водителя, направленных на организацию движения с целью обеспечения требуемого режима (направления и скорости).

Водитель, наблюдая за дорогой, оценивает внешние условия движения, возможности своей машины, исходя из этого, определяет возможную скорость движения и, манипулируя органами управления, обеспечивает движение машины с этой скоростью в требуемом направлении.

В связи с этим процесс управления движением машины включает следующие этапы:

- получение информации о внешних условиях движения, результатах управления, режимах работы агрегатов и систем, обеспечивающих движение машины (двигателя, трансмиссии, ходовой части и т.д.);
- анализ полученной информации и принятие на основе этого анализа решения о необходимых управляющих воздействиях;
- реализация принятого решения путем соответствующего перемещения органов управления движением машины.

При этом в ходе управления движением машины участвуют машина как объект управления, процесс движения которого организуется, и система сбора, обработки, передачи информации о задаче управления и реализации управляющих сигналов, включающая:

- задатчик программы управления, которым является водитель, определяющий требуемый характер движения машины;
- средства сбора и передачи информации об условиях движения, роль которых выполняют органы чувств водителя, а также системы машины, обеспечивающие выполнение данной задачи (контрольно-измерительные приборы, система освещения, приборы наблюдения и т.д.);
- средства обработки информации и формирова-

ния управляющих команд (сигналов) в соответствии с заданной программой и полученной информацией, функции которых выполняет человеческий мозг;

- средства отработки управляющих сигналов (водитель, приводы управления движением машины и исполнительные механизмы), обеспечивающие реализацию управляющих воздействий.

Совокупность объекта управления и комплекса сил и средств, посредством которых осуществляется управление, есть система управления движением.

Водитель является ключевым звеном практически на всех этапах процесса управления движением машины. Он наблюдает за дорогой, контролирует рабочие параметры систем и агрегатов машины, манипулируя многочисленными органами управления, обеспечивает требуемый режим движения – все это приводит к интенсивным физическим и психологическим нагрузкам на водителя, особенно в сложных условиях движения (ночью, по бездорожью и т. д.). Физическое и психологическое состояние водителя во многом определяет безопасность движения. Кроме того, выбор режима работы систем, обеспечивающих движение машины (силовой установки, трансмиссии и т. д.), определяет расход топлива, скоростные свойства и показатели надежности систем и агрегатов машины. Неправильный выбор режима движения приводит к увеличению расхода топлива, снижению тягово-динамических свойств, а также к отклонению параметров работы систем и агрегатов машины (отклонению температурного режима, перегрузке двигателя и трансмиссии и т. д.) и в итоге к выходу из строя машины. Способность водителя обеспечить правильный выбор режима движения зависит от его квалификации.

К примеру, выбирая передачу в коробке передач, водитель действует инстинктивно, руководствуясь привычкой и опытом. Чем менее опытен водитель, тем вероятнее ошибка в выборе передачи. Наряду со снижением скорости движения эти ошибки приводят к работе двигателя на неэкономичных режимах, повышенному расходу топлива и снижению запаса хода, нарушению теплового режима работы двигателя. Чем более опытен водитель, тем правильнее он оценит условия движения и выберет соответствующий им режим движения, тем более он уверен в своих действиях и способен безошибочно управлять машиной на высоких скоростях.

Очевидно, что в целях повышения показателей подвижности и надежности колесной (гусеничной) машины необходимо максимально снизить зависимость этих показателей от квалификации водителя. Это особенно важно в отношении военной техники, для которой

характерна высокая сменяемость личного состава из-за выхода его из строя в ходе боевых действий и снижение уровня квалификации водителей в связи с сокращением времени подготовки специалистов. Чтобы свести эту зависимость к минимуму необходимо процесс управления движением машины максимально упростить и облегчить.

Освобождение водителя от ряда функций, связанных с управлением гусеничной или колесной машиной, контролем состояния ее систем и агрегатов с целью снижения действующих на него физических и психологических нагрузок, возможно путем автоматизации этих функций, осуществляемой благодаря оснащению современных гусеничных и колесных машин автоматическими системами контроля, диагностики и управления. При этом траектории управляемого процесса должны удовлетворять каким-то (четко сформулированным) условиям, которые именуется целями управления. Отсутствие целей управления делает управление бессодержательным.

Целью автоматизации управления движением гусеничной (колесной) машиной является снятие с водителя ряда функций по управлению движением, что позволяет:

- во-первых, разгрузить водителя, облегчить процесс управления движением машины и тем самым снизить его утомляемость;
- во-вторых, обеспечить автоматический выбор режимов работы двигателя и трансмиссии в зависимости от их технического состояния и внешних условий движения, что позволит повысить показатели экономичности и надежности.

Задачей автоматической системы управления движением машины является выработка в зависимости от внешних условий и режима движения командного импульса и осуществление по этой команде в определенной последовательности всех приемов, необходимых для управления режимами работы систем, обеспечивающих движение. Поскольку решение задачи управления сводится к обеспечению приобретения управляемым объектом некоторых желательных свойств, эффективность и целесообразность применения системы управления движением зависят от того, как своевременно и безошибочно этот командный импульс ею формируется, подается на исполнительные органы и четко отрабатывается ими.

Решение этой задачи обеспечивается выполнением следующих функций: сбора и обработки данных о состоянии объекта управления; обработки данных о состоянии среды, окружающей объект управления; локализации неисправностей; управления системами и агрегатами машины; выдачи водителю информации о режимах работы систем и агрегатов машины, рекомендаций в ава-

рийных ситуациях и т. д.

Развитие электроники и микропроцессорной техники обусловило широкое внедрение в колесную и гусеничную технику различных автоматических систем, предназначенных для облегчения действий водителя, связанных с контролем рабочих параметров, обнаружением неисправностей и управлением работой систем и агрегатов машины. Системы, обеспечивающие комплексное решение этих задач, получили название бортовых информационно-управляющих систем (БИУС).

Долгое время автоматизация управления движением машин со ступенчатыми трансмиссиями сводилась к автоматизации переключения передач. При этом задачей системы автоматического переключения передач являлась выработка в зависимости от внешних условий режима движения командного импульса и осуществление по этой команде в определенной последовательности всех приемов, необходимых для переключения передач. Управление коробкой передач осуществлялось замкнутой системой управления с обратной связью либо по скорости движения, либо по скорости и нагрузки на двигатель.

Разработка систем автоматического переключения передач транспортных машин сопряжена с решением ряда задач, из которых наиболее сложными являются: снижение динамических нагрузок, возникающих в моторно-трансмиссионной установке в момент переключения передачи, уменьшение числа нерациональных переключений, в том числе исключение такого явления как их цикличность, а также коррекция момента переключения передачи в зависимости от технического состояния и рабочих параметров систем и агрегатов, обеспечивающих движение машины. Для достижения целей автоматизации управления движением колесных и гусеничных машин БИУС должны обеспечивать решение этих задач в комплексе с задачами диагностирования и контроля параметров работы систем машины, локализации неисправностей и сохранения работоспособности при выходе из строя элементов систем, обеспечивающих движение, защиту от критических режимов работы двигателя и трансмиссии, вызванных ошибочными действиями водителя и т. д.

В связи с этим на современные БИУС возлагается широкий круг взаимосвязанных задач, характеризующихся ограниченностью информации для выработки управляющего воздействия, обусловленной случайным характером изменения внешних условий движения и управляющих воздействий водителя, возможным изменением параметров и структуры системы сбора, обработки информации и реализации управляющих воздействий в резуль-

тате выхода из строя элементов системы (датчиков, исполнительных элементов) и т. д. Таким образом, трудность разработки систем автоматического управления движением заключается, с одной стороны, в непредвиденных изменениях в широких пределах характеристик внешних условий движения, задающих воздействий водителя и свойств объекта управления, а с другой – в неполноте априорной информации, как о свойствах объекта, так и об условиях движения и воздействиях водителя.

В таких условиях обычные БИУС не обеспечивают высокой эффективности управления. Выход состоит в том, чтобы придать системе управления движением машины свойство адаптивности, т. е. свойство автоматического учета информации не только априорной, использованной на стадии проектирования, но и текущей.

Нужный закон управления формируется адаптивным регулятором в процессе функционирования по реакциям объекта на управляющие воздействия. Иными словами, алгоритм адаптивного управления опирается на информацию о состояниях управляемого процесса, поступающей по каналам обратной связи, и обеспечивает достижение заданной цели любым объектом, несмотря на то, что остается неизвестно, каков в точности объект.

При наличии адаптивного регулятора свойство адаптивности (приспособляемости) приобретает вся система: если при изменении внешних условий или характеристик самого объекта управления найденный ранее закон управления перестает быть удовлетворительным, это становится известным по поведению объекта, то адаптивный регулятор находит новый закон управления, при котором поведение системы вновь начинает удовлетворять требуемым критериям, и обеспечивается достижение цели управления.

Задачей адаптивного управления является определение неизвестной функции (ею является неизвестный закон управления). При этом в отличие от обычной задачи экстраполяции, когда нужно построить функцию по ее значениям в заданных точках, здесь требуется восстановить функцию по некоторой весьма косвенной информации о “качестве” текущего ее приближения.

Пусть задано некоторое множество элементов

$$Z = \{z_0, z_1, z_2, \dots, z_r, \dots\},$$

где  $z_0, z_1, z_2, \dots, z_r, \dots$  – последовательность элементов множества  $Z$ . Задание адаптивной системы предполагает задание некоторых множеств и соотношений. Рассмотрим эти множества.

Элементами первого множества  $Q = \{q_0, q_1, q_2, \dots, q_r, \dots\}$  являются сенсоры. Сенсоры – это выходные сигналы датчиков (температуры, давления, частоты вращения

и т.д.) или вообще каких-либо измерительных устройств.

Множество  $X = \{x_0, x_1, x_2, \dots, x_r, \dots\}$  составляют все возможные состояния объекта, характеризующиеся техническим состоянием и готовностью к работе систем и агрегатов машины: готовность двигателя к запуску, готовность объекта к движению, возникновение критических режимов работы и неисправностей и т. д.

Составляющими множества  $Y = \{y_0, y_1, y_2, \dots, y_r, \dots\}$  являются режимы движения объекта: трогание с места, разгон, движение на подъеме и спуске, торможение и т. д.

Множества состояний  $X$  и режимов движения  $Y$  объекта формируются исходя из информации, поступающей от сенсоров.

В зависимости от технического состояния, режима движения объекта и задающих воздействий водителя, также являющихся элементами множества  $Q$ , системой управления вырабатываются управляющие сигналы, составляющие множество  $U = \{u_0, u_1, u_2, \dots, u_r, \dots\}$  “управление”. “Управление” – это то, что оказывает непосредственное влияние на изменение состояния системы.

Задание адаптивной системы управления предполагает задание нескольких уравнений. Первое из них – сенсорное уравнение

$$q_t = S(x_0^t, u_0^t, t, y_t).$$

Эта запись означает, что каждому набору  $x_0, \dots, x_r, u_0, \dots, u_r, t, y_t$  сопоставлен элемент  $q_t \in Q$ , называемый значением сенсора в момент времени  $t$ . Сенсорное уравнение описывает работу измерителей, датчиков.

Второе уравнение – эволюционное

$$x_{t+1} = X(x_0^t, u_0^t, t, y_t).$$

Эволюционное уравнение описывает изменение состояния системы во времени при условии задания начального состояния  $x_0$ , режима движения  $y_t$  и последовательности управлений  $u_0 = [u_0, u_1, \dots]$ .

На рис. 1 представлена структурная схема автоматической системы контроля и управления движением колесной и гусеничной машиной, обеспечивающая адаптивное управление. Комбинированная система контроля, диагностики и управления движением колесной (гусеничной) машины обеспечивает адаптацию алгоритмов управления к изменениям внешних условий движения, задающих воздействий водителя, а также структуры и параметров системы управления.

Управляющая система транспортного средства (УТС) включает центральный вычислительный комплекс, блоки управления системами и агрегатами машины, датчики и датчиковую аппаратуру, электрические исполнительные механизмы.

Информация, формирующая множество  $Q$  senso-

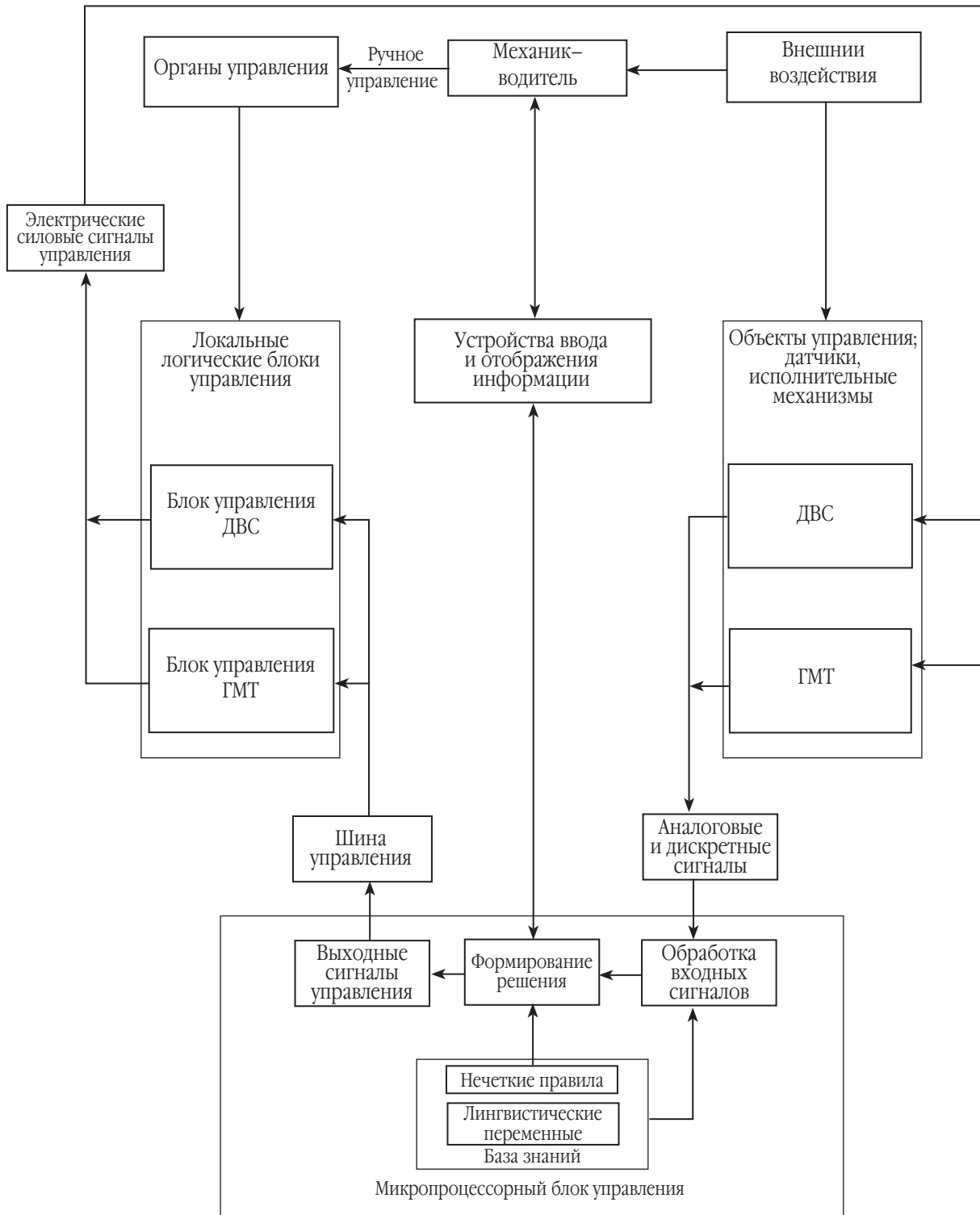


Рис. 1. Структурная схема процесса функционирования автоматической системы управления движением ВГМ

ров, дифференцируется на аналоговую и дискретную и обеспечивает центральный вычислительный комплекс необходимыми данными для определения задающих воздействий водителя (сигналы от задатчика скорости, педали тормоза, различных переключателей режимов работы и т. д.) и построения вектора состояния машины.

Аналоговая информация позволяет оценить состояние объекта вплоть до критического: выход рабочих параметров систем машины за рамки предельно допустимых, тренды нарастания аналоговых сигналов, направление и значение скорости нарастания аналоговых сигналов и т. д. Дискретная информация отражает преобразова-

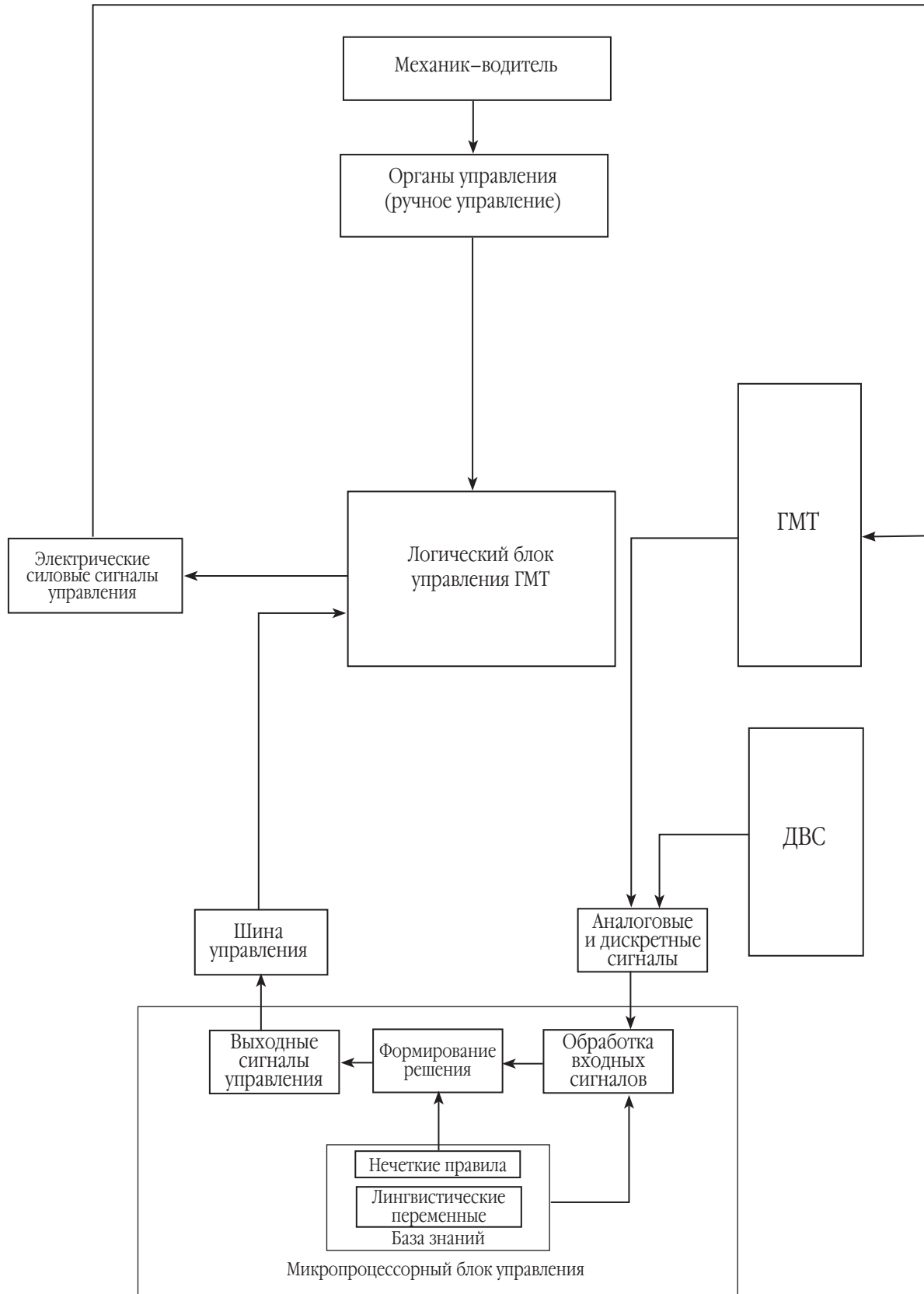


Рис. 2. Структурная схема процесса функционирования автоматической системы управления трансмиссией

ние физических состояний в пороговые сигналы и подразделяется на три вида: информация о критических состояниях рабочих параметров (температуры, давления, уровня эксплуатационных жидкостей и т. д.), информация о состоянии агрегатов и механизмов (обеспечивается сигналами от переключателей, концевых выключателей, электромагнитов и т. д.), диагностическая информация о состоянии электрических цепей. Предлагаемое разбиение позволяет распределить задачу обработки сигналов на три временных функции с последующим совмещением пороговой и аналоговой информации.

Вектор управляющих воздействий формируется в зависимости от совокупной аналоговой и дискретной информации о состоянии и режимах движения машины и задающих воздействиях водителя. Управляющее воздействие формируется последовательно с учетом коррекции по входной информации после подачи команды управления.

Приоритет управляющего воздействия определяется по "весовому" (наиболее значимому) параметру в диспетчере состояний, режимов движения машины и задающих воздействий водителя. Диспетчер состояний и режимов движения машины определяет фазы существования объекта и распределяет функции управления. При этом формируемое системой управляющее воздействие направлено на сохранение работоспособности машины на базе предсказания нарастающего отказа и вывода машины из критического состояния.

Анализируя изменения рабочих параметров машины, система управления осуществляет коррекцию задающих воздействий водителя, обеспечивая тем самым защитные функции при его ошибочных действиях. В случае возникновения ситуации, когда необходимо обеспечить требуемый режим движения независимо от технического состояния машины, например, в боевой обстановке при возникновении отказа и невозможности его локализации автоматической системой, водитель может перейти на ручной режим управления движением.

Переход на ручное управление осуществляется и в случае выхода из строя автоматической системы контроля и управления. При этом на пульте управления сохраняется индикация аварийной сигнализации.

Включение (отключение) системы ручного управления осуществляется с помощью локальных логических блоков управления (ЛЛБУ), являющихся автономными с независимой системой формирования управляющего воздействия.

Принципиальная схема организации ЛЛБУ гидромеханической передачи (ГМП) показана на рис. 2. Кроме организации ручного управления, ЛЛБУ обеспечивают согласование информационных сигналов управления в силовые сигналы электрических исполнительных механизмов, решение логических задач, мультиплексирование (кодирование) для формирования единой информационной шины данных дискретной информации.

Управление ГМП в автоматическом режиме осуществляется по обобщенному анализу информации, составляющей множества Q, X, Y (сигналы датчиков коробок передач, двигателя и его систем, ЛЛБУ и т. д.).

Аварийные сигналы, поступающие в контроллер центральный бортовой (КЦБ), воспринимаются как отказ механической, гидравлической, пневматической и т. д. систем. По этим сигналам включается контроль отказа датчиков критических состояний, а также анализ состояния систем и агрегатов машины с использованием косвенной информации.

#### *Вывод*

Таким образом, адаптивные автоматические системы контроля, диагностики и управления исключают участие человека в выборе режимом работы систем и агрегатов, обеспечивающих движение машины. Водитель в данном случае является задатчиком скоростного режима движения, а выбор режимов работы двигателя, трансмиссии и т. д. и обеспечение заданной скорости "берет" на себя автоматика.

#### *Литература*

1. Шавров А.В., Солдатов В.В. Многокритериальное управление в условиях статистической неопределенности. – М.: Машиностроение, 1990. – 236 с.
2. Пронин Е. Г., Шохат В. С. Проектирование технологических средств ЭВА. – М.: Радио и связь, 1986. – 213 с.
3. Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования. – М.: Статистика, 1979. – 134 с.
4. Фомин В.Н., Фрадков А.Л., Якубович В.А. Адаптивное управление динамическими объектами. – М.: Наука, 1981. – 187 с.

Материал поступил в редакцию 23. 09. 2009 г.