

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ “МАМИ”

*Г. Б. Шипилевский*

## ***ЭЛЕКТРОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ТРАКТОРОВ***

Рекомендовано УМО по автотракторному и дорожному  
образованию Министерства образования Российской Федерации  
в качестве учебного пособия для студентов  
специальности 150100 “Автомобиле – и тракторостроение”



МОСКВА 2000

УДК 681.518.52. 001.63

Шипилевский Г. Б. **Электронное оборудование тракторов.** Учебное пособие для студентов специальности 150100 “Автомобиле - и тракторостроение”. – М.: МГТУ “МАМИ”, 2000. – 23 с.

В настоящем пособии излагаются назначение, предъявляемые требования, классификация электронного оборудования тракторов и описание его типовых конструкций.

Учебное пособие предназначено для студентов, изучающих дисциплину “Конструкции автомобилей и тракторов”.

© Московский государственный технический университет “МАМИ”, 2000 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие сведения .....	3
2. Датчики .....	4
3. Блоки сопряжения с датчиками .....	8
4. Блоки обработки информации (контроллеры) .....	8
5. Пульты индикации и сигнализации .....	9
6. Пульты управления режимами работы .....	10
7. Блоки сопряжения с исполнительными механизмами .....	12
8. Блоки вторичного электропитания .....	15
9. Конструкции электронного оборудования тракторов .....	16
Литература .....	23

## 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Электронное оборудование широко применяется на современных тракторах для целей автоматического контроля и управления, благодаря которым существенно повышается эффективность использования тракторов по производительности, расходу топлива и других ресурсов и по условиям труда тракториста.

Целесообразность применения электронного оборудования определяется возможностью с его помощью принимать и перерабатывать большие объемы информации, необходимые для принятия правильных решений по управлению трактором и его обслуживанию. Благодаря этому целиком или полностью устраняется так называемый информационный дискомфорт, связанный либо с недостаточностью информации, либо с чрезмерной интенсивностью ее поступления через органы чувств человека, и приводящий его к неоптимальным действиям и потерям или к переутомлению. Электронное оборудование может как восполнять недостаток информации, так и освободить человека от некоторых функций контроля и управления, выполняя их без его участия в автоматическом режиме и более рационально.

На современных тракторах с помощью электронного оборудования могут выполняться следующие основные функции:

- контроль технического состояния и аварийная защита механизмов и систем трактора;
- контроль хода технологического процесса, выполняемого МТА, по количественным и качественным показателям;
- управление моторно-трансмиссионной установкой, включающее регулирование подачи топлива в двигатель, изменение передаточного числа трансмиссии, включение-выключение привода дополнительного ведущего моста (на полноприводных колесных тракторах) и ряд вспомогательных функций;
- управление рабочим оборудованием, в том числе на сельскохозяйственных тракторах через регулирование положения навесного устройства;
- вождение по заданной траектории.

При этом функции контроля заключаются в предъявлении трактористу информации, характеризующей техническое состояние трактора, режимы работы или ход технологического процесса. Аварийная защита призвана не допустить развития возникшей неисправности в аварию, которая вызовет необходимость в трудоемком и дорогостоящем ремонте. Функции управления могут выполняться как в автоматическом режиме без какого-либо участия водителя (тракториста), так и в режиме выработки рекомендаций трактористу (информационно-советующие

системы).

В состав электронного оборудования тракторов входят:

- датчики измеряемых величин (параметров), установленные на различных узлах и механизмах трактора (так как их устройство в основном аналогично применяемым в электрооборудовании тракторов, здесь в дальнейшем будут описываться главным образом общие принципы конструкции датчиков, особенно не имеющих там аналогов);

- блоки сопряжения с датчиками;

- блоки обработки информации (контроллеры);

- пульта индикации и сигнализации;

- пульта управления режимами работы;

- блоки сопряжения с исполнительными механизмами (сами механизмы - электромеханические, электропневматические и электрогидравлические - в состав электронного оборудования не включаются и здесь не описываются);

- блоки вторичного электропитания.

Эти составные части (кроме датчиков) конструктивно могут представлять собой как отдельные узлы (изделия), так и выполняться укрупненными вплоть до единого узла. Последнее особенно характерно для современного электронного оборудования, широко использующего микроэлектронную технику.

Детальное описание конструкции и принципов действия составных частей электронного оборудования требует для полного понимания знания ряда специальных дисциплин, не входящих в программу обучения специалистов тракторостроения, поэтому здесь излагаются самые общие сведения по назначению этих частей и реализуемым ими функциям.

## 2. ДАТЧИКИ

Датчики предназначены для формирования электрических сигналов, несущих информацию о значениях измеряемых величин - параметров, характеризующих техническое состояние механизмов и систем трактора, режимы работы механизмов и систем трактора и ход технологического процесса, выполняемого МТА. В ряде случаев сигнал несет информацию не о текущем значении параметра, а о результатах сравнения этого значения с каким-то заданным уровнем (больше или меньше).

В этом случае электрический сигнал датчика имеет только два значения (уровня). Одно означает, что измеряемый параметр находится в нужном соотношении с заданным уровнем (норма), а другое соответствует выходу измеряемого параметра за установленный предел. Такие

сигналы называют пороговыми, релейными или бинарными.

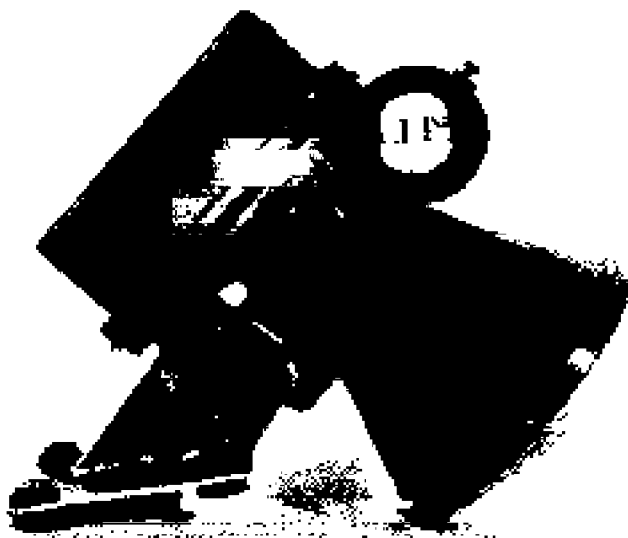
В остальных случаях величина текущего значения измеряемого параметра может преобразовываться в электрический сигнал различными способами. В наиболее распространенных конструкциях датчиков преобразование связано с изменением сопротивления проволочного резистора, в связи с чем изменяется величина тока или напряжения в определенной цепи (в последнее время все шире применяются полупроводниковые резисторы, особенно для измерения температуры). Датчики такого типа принято относить к аналоговым. С их помощью измеряются давления, перемещения, температуры.

Для измерения частот вращения коленчатых валов двигателей, валов отбора мощности и выходных валов трансмиссии (теоретическая скорость) используются магнитоэлектрические датчики. Они представляют собой катушки провода, намотанные вокруг сердечника с постоянным магнитом, и устанавливаются торцом вблизи зубчатых венцов маховиков или шестерен. Чередующееся прохождение зубьев и впадин мимо торца датчика приводит к периодическим изменениям магнитного потока окружающего катушку магнитного поля, и в ней наводятся импульсы напряжения, частота следования которых пропорциональна произведению частоты вращения маховика или шестерни на количество зубьев. Такое измерение принято называть импульсным или частотным.

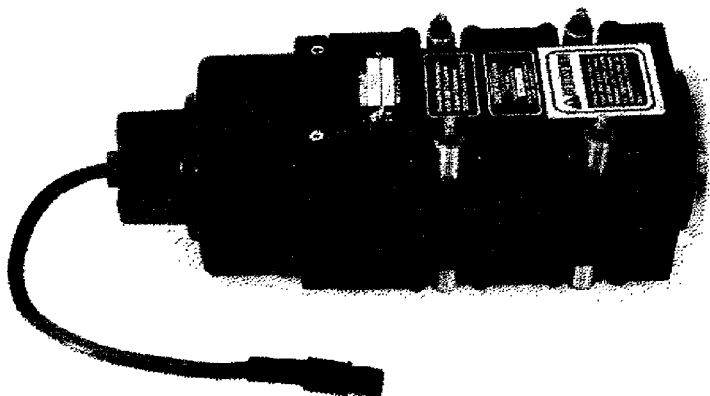
Измерение действительной скорости также является импульсным. Однако датчики для него имеют гораздо более сложную конструкцию. В основном применяются радарные датчики, представляющие собой комбинацию из излучателя узкого пучка радиоволн микроволнового диапазона и приемника отражения этого пучка от земли (вследствие неровностей почвы отраженный сигнал является рассеянным, но часть его отражается по оси излучения). Датчики устанавливаются под углом к поверхности почвы. В результате движения трактора и датчика относительно почвы и благодаря доплеровскому эффекту частота принятого отраженного сигнала отличается от частоты первичного излучения. По этой разности частот в датчике формируются импульсы, частота которых пропорциональна скорости движения.

В основном используются датчики, в которых используются излучатели, объединенные с приемниками отраженного сигнала и имеющие форму конического рупора. В отечественной разработке, выполненной совместно с болгарскими специалистами, использовано излучение с частотой 10,5 ГГц (длина волны около 3 см), что при установке под углом  $44^\circ$  к опорной поверхности обеспечивает формирование импульсов с частотой 50 Гц при скорости 1 м/с (рис. 1). На зарубежных тракторах наиболее распространенными являются датчики фирмы "Дики-Джон" (США) с частотой излучения 24,125 ГГц (длина волны около 12 мм),

которые при установке под углом  $38^\circ$  дают частоту импульсов 130 Гц на 1 м/с (рис. 2).



**Рис. 1.** Радарный доплеровский датчик действительной скорости с частотой излучения 10,5 ГГц (снабжен пузырьковым уровнем для точной установки угла наклона)



**Рис. 2.** Радарный доплеровский датчик действительной скорости фирмы «Дики-Джон» (США)

Импульсное измерение может иметь разновидность, характерную тем, что информацию об измеряемом параметре несет ширина (длительность) импульса. Таким образом, например, контролируется впрыск топлива в дизельном двигателе по длительности нахождения иглы форсунки в поднятом положении, по длительности наличия давления в трубопроводе перед форсункой и т.п.

В последнее время начали применяться датчики, снабженные встроенными преобразователями, превращающими полученный электрический сигнал в сообщение, которое имеет вид некоторой кодовой (цифровой) комбинации, пригодной для непосредственного ввода в блок обработки информации (контроллер). Такие датчики называют цифровыми, а в некоторых источниках - интеллектуальными.

Общей особенностью конструкции таких датчиков является их исполнение в виде неразборной (как правило) конструкции. Для съема электрического сигнала они снабжаются присоединительными элемен-

тами в виде разъемов или штекеров. В некоторых случаях с целью повышения надежности электрического соединения эти элементы устанавливаются не на корпусе датчика, а на конце отрезка кабеля, заделанного в корпус.

В некоторых случаях функции датчиков выполняются специальными устройствами, иногда довольно сложной конструкции. Наиболее характерными в этом смысле являются системы автоматического вождения, предназначенные для осуществления воздействий на рулевое управление трактора, обеспечивающих его движение по заданной траектории без участия водителя (тракториста).

В системах, в которых программа движения (траектория) задается следом предыдущего прохода или предыдущей операции, роль датчика, вырабатывающего сигнал об отклонении от заданной траектории, играет копирующее устройство. Оно может представлять собой механическую конструкцию, содержащую шарнирно подвешенный щуп, взаимодействующий с бороздой при вспашке, рядком растений при междурядной обработке и т.п. Отклонение трактора от заданной траектории вызывает соответствующее отклонение щупа, измеряемое расположенным в шарнире датчиком угловых перемещений, сигнал которого передается в управляющее устройство. В случаях, когда траектория задается разделом между обработанной и необработанной поверхностями, которые отличаются цветовым контрастом, возможно применение оптических устройств, наблюдающих за положением границы раздела в поле зрения и выдающих соответствующий электрический сигнал при перемещении этой границы от середины поля зрения.

В системах, в которых используется задание траектории уложенным на поверхность или находящимся на некоторой глубине кабелем, по которому пропускается переменный ток частотой от нескольких сот до нескольких тысяч герц, используются магнитоприемники в виде катушек. В зависимости от расстояния между этими катушками и кабелем находится амплитуда наводимого в них переменного тока, по которой можно судить о положении трактора относительно кабеля и заданной траектории (которая может задаваться на некотором смещении от него).

Задание траектории и определение отклонений от нее возможно с помощью радиотехнических средств. Наиболее эффективными могут быть радиодальномерные системы, которые измеряют текущие значения расстояний точки трактора, в которой установлена антенна, от одной или двух неподвижных радиостанций-маяков. В первом случае задание траекторий возможно только в виде круговых с центром в точке установки маяка, во втором вид траекторий не ограничен.

### 3. БЛОКИ СОПРЯЖЕНИЯ С ДАТЧИКАМИ

Как правило, эти блоки не являются отдельными узлами. Функция сопряжения реализуется определенным набором элементов, составляющим часть электронной схемы.

Сама необходимость сопряжения возникает по-разному. Сигналы аналогового вида преобразуются в цифровые коды с помощью аналого-цифровых преобразователей (АЦП). Импульсы частотных магнито-электрических датчиков, имеющие вид пары разнополярных пиков с переменной амплитудой, преобразуются в прямоугольные одного знака и постоянной амплитуды (чаще всего так называемые TTL - уровня, т.е. +5 В).

Цифровые сигналы интеллектуальных датчиков не нуждаются в блоках сопряжения. Не требуют их и сигналы датчиков действительной скорости.

Блоки сопряжения являются частью так называемого интерфейса, под которым понимаются элементы, обеспечивающие связь (сопряжение) электронной аппаратуры с объектом (трактором).

### 4. БЛОКИ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ (КОНТРОЛЛЕРЫ)

Как правило, в современной электронной аппаратуре они выполняются на базе микропроцессоров, представляющих собой большую интегральную микросхему, содержащую несколько сот тысяч элементов. При этом в их числе имеются элементы, не только формирующие собственно процессор, но и образующие ряд вспомогательных элементов, например, постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) для хранения программы обработки, оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) для хранения промежуточных результатов и т.п. В этом случае микропроцессор представляет собой однокристалльную микро-ЭВМ.

Контроллеры на базе микро-ЭВМ организуются по стандартным схемным решениям. Специфика решаемых задач контроля или управления отражается на виде сопряжения контроллера с объектом (интерфейса) по количеству и характеристикам входов и выходов и на программе обработки, записанной в ПЗУ.

В зависимости от сложности решаемых задач применяются различные типы микро-ЭВМ. При этом принимаются во внимание такие их характеристики, как разрядность (способность воспринимать и обрабатывать цифровые сообщения различной длины), которая может состав-

лять 8, 16 и 32 двоичных разряда; емкость ПЗУ, величина которой определяет доступную сложность программы и которая в современных микро-ЭВМ может составлять не менее 64 килобайт; быстродействие, определяемое тактовой частотой, т.е. частотой выполнения элементарных операций, и которое в современных микропроцессорах может достигать 200 МГц.

## 5. ПУЛЬТЫ ИНДИКАЦИИ И СИГНАЛИЗАЦИИ

Пульты индикации и сигнализации предназначены для выработки визуальной информации, сопровождающей контроль технического состояния, режимов работы или хода технологического процесса, содержащей рекомендации трактористу по проведению действий управления или обслуживания (в информационно-советующих системах) или характеризующей работу систем автоматического управления, если это предусмотрено в их конструкции. По своему исполнению и внешнему виду они отличаются наибольшим разнообразием, примеры которого будут приведены ниже. Однако при этом в них могут быть показаны однотипные элементы.

Визуальная информация в виде численного (цифрового) значения контролируемого параметра (частота вращения, давление, температура, скорость, процент буксования, пройденный путь, обработанная площадь и т.п.) представляется с помощью цифровых индикаторов. В тракторном электронном оборудовании могут использоваться катодно-люминесцентные (твердотельные) самосветящиеся индикаторы или жидкокристаллические индикаторы. Они, в основном, являются семи-сегментными, изображающими составленную из незамкнутых отрезков восьмерку, что позволяет, варьируя включаемые отрезки, представлять все десять цифр и некоторые буквы русского и латинского алфавитов. Твердотельные индикаторы по техническим условиям применения хорошо подходят для использования на тракторах, однако они могут оказаться недостаточно контрастными при работе в дневное время при ярком солнечном освещении. Жидкокристаллические индикаторы днем видны значительно лучше, однако в темное время суток они требуют подсветки, не допускают восприятия под углом и для использования при зимней эксплуатации тракторов требуют специального морозостойкого исполнения. Как правило, используются блоки из четырех цифровых индикаторов.

Возможно применение матричных индикаторов, выполненных как по твердотельной, так и по жидкокристаллической технологиям. Каждый из них представляет собой составленную из контрастирующих то-

чек прямоугольную матрицу размерностью, например, 5 столбцов на 7 строк. Комбинируя используемые точки, можно получать все десять цифр и все буквы русского и латинского алфавитов.

Для предъявления дискретных сигналов о произошедшем событии используются сигнализаторы, включаемые и выключаемые по потребности. Содержание сообщения раскрывается условным изображением в виде пиктограммы (символа) или надписью. Символы предписываются стандартными наборами, в том числе установленными международными стандартами.

Символы и надписи могут располагаться как рядом с сигнализатором, для которого используются либо лампы накаливания, либо светодиоды, так и поверх сигнализаторов на прозрачных транспарантах. И в том, и в другом случаях должны быть обеспечены необходимые яркость и контрастность для восприятия в любых условиях освещенности.

Для привлечения внимания тракториста к появлению визуальных сигналов, особенно имеющих экстренный характер, используются звуковые сигналы. Они могут иметь различную конструкцию (магнитоэлектрические или пьезоэлектрические). При этом важно, чтобы их звучание было различимым на фоне шума, сопровождающего работу трактора, что проще всего достигается соответствующим выбором частоты (тона) звука, генерируемого звуковым сигналом.

## **6. ПУЛЬТЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ**

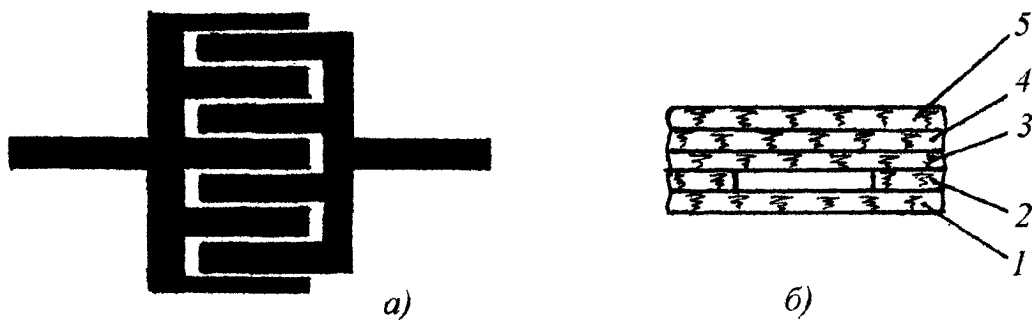
Эти устройства входят в состав систем автоматического управления, действие которых предусматривает выбор из некоторого множества режимов или настройку на задаваемые значения констант (уставок). В ряде систем контроля предусматривается возможность выбора параметра, текущее численное значение которого вызывается на цифровой индикатор. Кроме того, в ряде систем контроля предусматриваются режимы проверки, калибровки, ввода расчетных констант (уставок), например, значения ширины захвата, сброса (обнуления) накопленных учетных данных и т.п.

С этой целью системы снабжаются соответствующими органами управления, располагаемыми на общей панели, которая и представляет собой пульт управления. В системах контроля он, как правило, объединяется с пультом индикации и сигнализации.

Пульты управления имеют разнообразную конструкцию, определяемую единым стилевым решением интерьера кабины трактора и эргономическими требованиями. При этом в них применяются практически однотипные органы управления.

Для плавного изменения задаваемой константы (уставки), которое, например, используется в системах автоматического регулирования положения навесного устройства, используются маховички (верньеры) с вращательным движением от одного крайнего положения до другого. Для выбора из ряда фиксированных положений используются многопозиционные переключатели, тоже, как правило, с вращательным движением. Если же этих положений не больше, чем 2-3, используются клавишные или тумблерные переключатели или фиксируемые в одном из двух положений кнопочные переключатели.

Нефиксируемые кнопки используются для подачи однократных сигналов типа "включить-выключить" или для ввода величин в режиме интегрирования, когда величина введенного значения зависит от длительности нажатия кнопки (в этом случае изменяющееся значение этой величины демонстрируется на цифровом индикаторе). При этом в последнее время конструктивное исполнение не фиксируемых кнопок практически во всех тракторных пультах одинаково - используются так называемые пленочные псевдосенсорные клавиатуры. Принципы их устройства показаны на рис. 3.



**Рис. 3. Схема устройства пленочной (псевдосенсорной) клавиатуры:**

*а* – рисунок замыкаемых проводов (возможный вариант); *б* – расположение пленки в пакете; 1 – пленка с рисунком замыкаемых проводов; 2 – пленка с отверстием над рисунком пленки 1; 3 – пленка с замыкающим рисунком над отверстием пленки 2; 4 и 5 – пленки с видовыми изображениями

На самой нижней пленке со стороны, обращенной кверху, нанесен токопроводящей краской рисунок соединяемых проводников в виде, например, двух многозубых вилок, обращенных зубьями друг к другу (рис. 3,а). Наложенная на нее следующая пленка имеет отверстие, расположенное над этим рисунком. Третья пленка со стороны, обращенной книзу, имеет рисунок такой же краской в виде круга, большего, чем отверстие второй пленки, и так же расположенного над рисунком первой пленки (рис. 3,б). Поверх этих пленок находятся одна или две пленки для нанесения на них рисунков, изображающих клавиши (находятся

точно над соответствующими рисунками первой пленки), надписей, символов и т.п., видимых снаружи.

Проклеенный пакет этих пленок укладывается на жесткое плоское основание (например, на поверхность корпуса пульта). При необходимости тракторист нажимает на изображение соответствующей клавиши, продавливая пленку с круговым рисунком до его соприкосновения через отверстие второй пленки с рисунком первой пленки. Происходит замыкание частей этого рисунка между собой, вызывающее прохождение тока по соответствующей цепи.

Применение пленочных клавиатур обеспечивает снижение трудоемкости изготовления пультов и повышение таких показателей, как надежность контактов и герметичность самого пульта. Благодаря этому такие клавиатуры повсеместно распространились практически во всех областях применения электронной аппаратуры, в том числе на тракторах.

Благодаря своим свойствам пленочные клавиатуры легко сопрягаются со средствами визуальной индикации и сигнализации. Цифровые индикаторы и световые сигнализаторы помещаются под пленочными клавиатурами, в которых оставляются прозрачные участки (окна). Рядом с этими окнами или на них наносятся необходимые надписи или символы. Такое сочетание формирует единую лицевую панель, с помощью которой организуется диалоговый режим взаимодействия тракториста с электронным оборудованием - тракторист получает информацию и осуществляет управляющие воздействия.

В ряде случаев, несмотря на явное наличие потребности в управляющих воздействиях водителя в виде соответствующих переключении, пульт управления в виде самостоятельного блока отсутствует. Его элементы устанавливаются отдельно на общих панелях кабины. Особенно интересно в этом смысле решение, широко распространяющееся в последнее время на ряде зарубежных тракторов для управления переключением ступеней трансмиссии посредством электрогидравлических механизмов. В этом случае органы этого управления в виде электрических переключателей на две, три или четыре позиции располагаются на рукоятке рычага, который также предназначен для переключения ступеней в одном из каскадов трансмиссии.

## **7. БЛОКИ СОПРЯЖЕНИЯ С ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ**

Наличие таких блоков свойственно только системам управления, которые осуществляют воздействия на механизмы управления тракто-

ров. Как упоминалось, для этого используются электромеханические, электрогидравлические или электропневматические исполнительные устройства.

Для работы таких устройств требуется пропускать через них ток величиной от нескольких ампер до нескольких десятков ампер. В то же время электронные устройства обработки информации на своих выходах могут обеспечить токи не более долей ампера.

Поэтому блоки сопряжения по существу представляют собой усилители тока и могут выполняться как на полупроводниковых элементах, так и на электромагнитных реле (в настоящее время применяются довольно редко). Они могут работать в режиме ключа, при котором для срабатывания исполнительного устройства к нему прикладывается одна и та же величина напряжения, например, равная напряжению бортовой сети трактора (реле могут работать только в таком режиме). Может использоваться и аналоговый режим, при котором прикладываемое напряжение может плавно изменяться в пределах от нуля до максимального значения в зависимости от величины управляющего сигнала, выработанного системой управления в результате обработки поступившей информации по заданной программе.

Довольно часто в системах управления используется импульсное управление. Оно заключается в том, что напряжение прикладывается к исполнительному механизму в виде кратковременных импульсов. Однако система управления в соответствии с заданной программой может менять частоту приложения импульсов или длительность каждого импульса (можно менять и амплитуду импульса, однако в тракторных системах этот прием практически никогда не используется). Благодаря этому обеспечиваются преимущества, свойственные этому виду управления и подробно описанные в соответствующих разделах теории автоматического управления.

Как правило, блоки сопряжения не оформляются в виде отдельных аппаратов. Они преимущественно размещаются внутри других блоков электронного оборудования. При этом они, как и блоки вторичного электропитания, которые будут рассмотрены ниже, отличаются тем, что при работе выделяют тепло, которое нужно рассеивать, чтобы не допустить перегрева аппаратуры. С этой целью в конструкции аппаратуры предусматривают специальные меры теплоотвода, например, радиаторы с выходом на наружную поверхность, а также соответствующее размещение ее на тракторе.

Блоки сопряжения с исполнительными механизмами являются частью интерфейса системы управления. Они обеспечивают связь выходов управляющего устройства с объектом - трактором, считая исполнительные механизмы его составными частями.

Электрические входы исполнительных механизмов систем управления, строго говоря, не относятся к электронному оборудованию. Однако сведения об их устройстве полезны для лучшего понимания как процессов управления, так и конструктивного взаимодействия с механизмами управления трактором.

В ряде случаев эти входы осуществляются с помощью малогабаритных электродвигателей постоянного тока. Не вдаваясь в особенности их конструкции, отметим лишь важные принципиальные свойства исполнительных приводов такого типа. Прежде всего в системах управления необходимо обрабатывать воздействия в двух направлениях (больше-меньше, вправо-влево и т.п.), для чего привод должен быть реверсивным. В электродвигателях постоянного тока реверс достигается изменением соотношения направления магнитных полей ротора и статора. Если и тот, и другой имеют обмотки, для реверса необходимо менять направление тока (полярность) в чем-нибудь одном, сохраняя направление тока в другом прежним. Для этого концы обмоток ротора и статора должны выводиться отдельно и подключаться соответствующим образом. При этом, как правило, учитывается, что ток якоря (ротора) гораздо больше тока обмотки возбуждения (статора), направление первого не меняют, а управление направлением вращения осуществляют изменением полярности второго.

Следующая важная особенность такого привода заключается в том, что в основном он осуществляет вращательное движение с довольно большой частотой вращения вала. Поэтому его нужно присоединять к управляемому механизму трактора через редуктор - преобразователь с большим передаточным числом, который является практически необратимым, не допускающим перемещения под действием усилия, приложенного к выходному звену. В связи с этим при необходимости обеспечивать воздействия на механизм трактора не только через систему управления, но непосредственно вручную, следует предусматривать конструктивные решения, учитывающие эту особенность.

В электрогидравлических и электропневматических приводах преобразование электрического управляющего сигнала в воздействие на элементы типа клапанов или золотников осуществляется с помощью электромагнитов. В основном они относятся к соленоидному типу с цилиндрической обмоткой, внутри которой помещен подвижный якорь. При пропускании через обмотку тока образуется магнитное поле, которое обеспечивает притяжение якоря к неподвижному статору. Под воздействием этого притяжения якорь перемещается и перемещает клапан или золотник на полный ход, преодолевая действие возвратной пружины. Если ток обмотки выключить, притяжение исчезает, и пружина возвращает клапан или золотник в исходное положение.

С помощью электромагнитов легко обеспечивается двухпозиционное воздействие либо для релейного (да-нет, включено-выключено и т.п.), либо для импульсного управления. Для пропорционального управления, при котором необходимо получать различный ход якоря в зависимости от приложенного к обмотке напряжения, необходимо принимать специальные меры в виде точного согласования характеристик электромагнита и пружины клапана (золотника) или введения дополнительной внутренней обратной связи по положению якоря с помощью присоединенного к нему датчика перемещения.

## 8. БЛОКИ ВТОРИЧНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Бортовая электрическая сеть трактора может иметь стандартное номинальное напряжение 12 или 24 В. Однако для работы некоторых электронных устройств требуются другие значения напряжений, например, 5 или 9 В.

Кроме того, в бортовой сети трактора присутствуют импульсные помехи, амплитуда которых может достигать нескольких десятков вольт. Такие помехи могут приводить к сбоям в работе электронных устройств обработки информации, а в некоторых случаях - и к выходу из строя отдельных элементов из-за недопустимых увеличении проходящих токов.

В связи с этим блоки вторичного электропитания предназначены как для выработки необходимых напряжений, так и для защиты электронной аппаратуры от импульсных помех по цепям питания. Поэтому при достаточно разнообразных схемных и конструктивных решениях этих блоков в них присутствуют два вида устройств - преобразователь напряжения и фильтр.

В некоторых системах контроля и управления имеется необходимость сохранять в памяти некоторую информацию даже тогда, когда бортовая сеть выключена при остановке трактора или эта система выключена и не работает. К такой информации относятся накопленные учетные данные в виде наработки трактора в моточасах, обработанной площади, пробега и т.п. Сюда же относятся настройки и введенные константы некоторых систем, которые должны сохраняться в памяти, чтобы при возобновлении работы не требовалось повторять их ввод.

С этой целью в некоторых системах хранение учетных данных, например, наработки в моточасах, организуют с помощью не сбрасываемых счетчиков барабанного типа, аналогичных автотракторным счетчикам спидометров. Однако для чисто электронного хранения в ап-

паратуре применяют так называемую энергонезависимую память. Наиболее распространенным приемом является использование миниатюрных автономных источников в виде батареек или аккумуляторов для подпитки определенных цепей схемы при отсутствии питания от бортовой сети.

## 9. КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТРАКТОРОВ

**Система аварийной защиты двигателей (САЗД).** Эта система, производство которой было начато в 1988 году, является первой электронной системой на тракторах отечественного производства. Она устанавливалась на тракторах Волгоградского и Павлодарского заводов и предназначалась для предупреждения выхода двигателей из строя из-за падения давления масла в системе смазки или перегрева (предусматривалось исполнение, не допускавшее также чрезмерного увеличения частоты вращения вала двигателя). При этом при перегреве включалась звуковая и световая сигнализация, а в случае падения давления масла - сначала сигнализация, а если в течение 12 секунд после ее включения двигатель продолжал работать, то обеспечивалась его принудительная остановка с помощью электромагнитного клапана, перекрывавшего подачу топлива в топливный насос.

В состав системы входили электронный блок (рис. 4), устанавливавшийся вне кабины трактора, электромагнитный клапан, устанавливавшийся на входе в топливный насос после фильтра тонкой очистки, две кнопки (одна для принудительной остановки двигателя по желанию водителя для проверки исправности САЗД, а другая - для блокировки принудительной остановки из-за падения давления масла в системе смазки в случае, когда из соображений безопасности остановка двигателя и трактора нежелательны) и лампа сигнализаторов. Предусматривалось, что для работы с САЗД двигатель комплектуется контактными датчиками - сигнализаторами перегрева или недопустимо низкого давления масла в системе смазки.



Рис. 4. Электронный блок САЗД

Защита по падению давления включалась автоматически только после пуска двигателя, не создавая для него никаких препятст-

вий. Кроме того, система предусматривала фильтрацию ложных срабатываний датчиков и ряд других вспомогательных функций.

Электронная схема системы была построена по принципу "жесткой" логики. Она была реализована на 15 микросхемах средней степени интеграции. Они и другие компоненты монтировались на общей печатной плате, помещенной в литой алюминиевый корпус электронного блока. С целью обеспечения повышенной жесткости плата опиралась не только по периферии в стыке между двумя половинами корпуса, но и с обеих сторон по центру на две бобышки этих половин, сквозь которые проходил единственный стягивающий винт.

Эффективность применения САЗД заключалась в снижении вероятности преждевременного выхода двигателей из строя вследствие работы с перегревом или недостаточным давлением масла в системе смазки. Экспертиза, проведенная в ходе приемочных испытаний САЗД, показала, что 30... 35% двигателей попадают в ремонт до установленной наработки именно по этим причинам.

**Универсальная информационная система (УИС).** Эта система представляет собой эксплуатационно-технологический монитор на базе измерения действительной скорости радарным доплеровским датчиком. В ее состав входят упомянутый датчик, блок обработки информации со средствами индикации и распределительный блок, содержащий блок вторичного электропитания с аккумуляторной батареей энергонезависимой памяти и схемой коммутации по входам и выходам (рис. 5). Кроме того, для работы УИС по полному набору функций трактор должен быть оборудован датчиком теоретической скорости (частоты вращения выходного вала трансмиссии) импульсного типа и контактным датчиком положения навесного устройства "рабочее - транспортное".

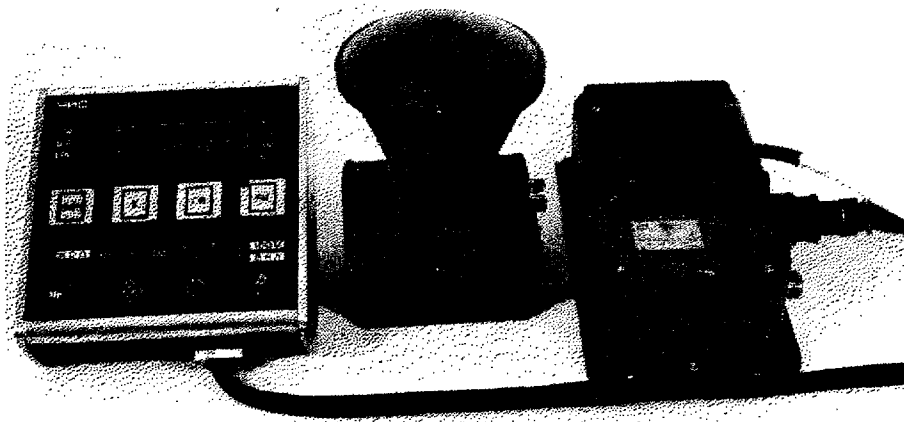


Рис. 5. Основные блоки УИС

УИС обеспечивает измерение действительной скорости трактора в диапазоне от 3 до 40 км/ч с точностью не хуже 2 %. При наличии датчика теоретической скорости обеспечивается вычисление буксования в пределах от 0 до 99 %. Для действительной скорости могут быть запрограммированы пределы снизу и сверху, а для буксования - сверху. При выходе за эти пределы УИС включает световую и звуковую сигнализацию, обращая внимание водителя на этот факт и предоставляя ему возможность изменить режим работы агрегата по тяговой нагрузке и скорости на более рациональный.

УИС ведет учет пройденного трактором пути, начиная от любого момента начала отсчета. При этом отдельно подсчитываются общий путь и путь с орудием в рабочем (опущенном) положении. При вводе в память УИС величины ширины захвата орудия в пределах до 99,9 м путь с опущенным орудием умножается на эту величину и учитывается как обработанная площадь. Учитываемые и контролируемые величины могут вызываться на цифровой индикатор нажатием соответствующей клавиши. Введенные пределы и значение ширины захвата также могут вызываться на индикатор для просмотра и коррекции последовательными нажатиями клавиши "Код".

Для обеспечения требуемой точности измерений предусмотрен режим калибровки. Она заключается в прохождении трактором без тяговой нагрузки мерного участка длиной 100 м и вводе в память УИС результатов фактического измерения пройденного пути по двум каналам - каналу действительной скорости и каналу теоретической скорости. Фактические результаты измерений (значения чисел импульсов при прохождении мерного участка по каждому каналу) дают возможность вычислить и запомнить калибровочные коэффициенты.

УИС выпущена установочной партией. По результатам опытной эксплуатации ее образцов установлено, что использование информации о действительной скорости и буксовании позволяет осуществить более рациональный выбор режимов работы агрегата и благодаря этому получить увеличение производительности и снижение погектарного расхода топлива.

**Электронное оборудование тракторов "Massey-Ferguson" серии 3600.** Тракторы "Massey-Ferguson" серии 3600 (и более поздних серий) имеют электронное оборудование, составляющее три взаимосвязанных системы.

Система "Autotronic" управляет включением-выключением привода переднего ведущего моста и блокировкой дифференциалов, для чего в соответствующих местах трансмиссии установлены гидropоджимные многодисковые фрикционные муфты, а в гидросистеме трансмиссии предусмотрены электроуправляемые распределители. При этом для

принятия решений используются признаки выбранного водителем режима работы трактора.

Блокировка дифференциалов может быть включена водителем принудительно нажатием специальной кнопки. Кроме того, она включается при опускании навесного орудия в рабочее положение (и соответственно выключается при его подъеме). Включенная блокировка выключается при одностороннем торможении для крутого поворота.

Привод переднего ведущего моста включается при включенной блокировке дифференциалов, если скорость трактора менее 14 км/ч или при любой скорости, если осуществляется торможение обоих задних колес (это обеспечивает эффективное торможение при отсутствии тормозов колес переднего моста).

Благодаря действию системы "Autotronic" более рационально используются тягово-сцепные свойства трактора. В легких условиях движения своевременное выключение привода переднего ведущего моста обеспечивает более экономичный режим работы и снижение износов в узлах трансмиссии.

Система "Datatronic" по существу является эксплуатационно-технологическим монитором на базе специализированного компьютера

и измерения действительной скорости радарным доплеровским датчиком. Она связана с датчиками частот вращения вала двигателя и ВОМ и уровня топлива в баке. В качестве констант (установок) предусмотрен ввод ширины захвата орудия, предельно допустимого процента буксования, интервала между техническими обслуживаниями трактора и стоимости топлива и труда.

С помощью цифрового индикатора и клавиатуры выбора системы (рис. 6) осуществляется контроль частот вращения и скорости движения непосредственно измеряемых величин. Вычисляются и могут быть вызваны на индикатор такие величины, как процент буксования, часовой расход топлива, погектарный расход топлива, часовая произво-

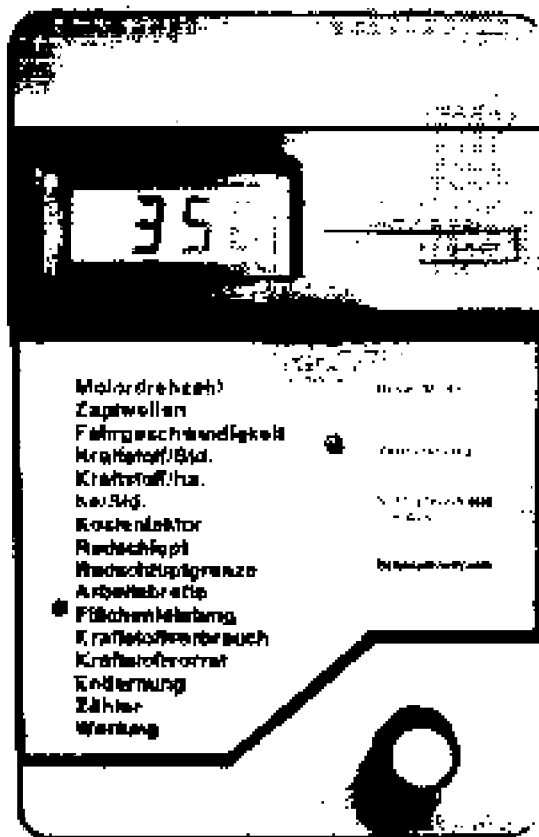


Рис. 6. Пульт системы "Datatronic"

дительность, обработанная площадь, количество израсходованного топлива и его остаток, пройденный трактором путь и ресурс времени до очередного обслуживания, а также текущее значение стоимости обработки одного гектара. Сигнализируется превышение буксованием установленного предела.

Система "Hitchtronic" осуществляет регулирование положения заднего навесного устройства. На ее пульте (рис. 7) расположены органы управления и настройки, с помощью которых обеспечивается силовое, позиционное или комбинированное регулирование. При этом верньерами устанавливаются пропорция "усилие-положение" для комбинированного регулирования (крайние положения настройки соответствуют либо чисто силовому, либо чисто позиционному регулированию), заданное положение орудия, высота подъема орудия, чувствительность системы и скорость опускания орудия в рабочее положение. Для перевода орудия из рабочего положения в транспортное и обратно имеется тумблер.

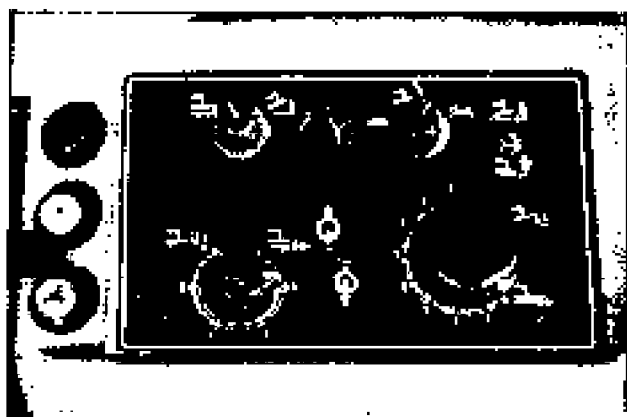


Рис. 7. Пульт управления системы "Hitchtronic"

Система работает с датчиками тягового сопротивления, оформленными в виде двух пальцев, образующих шарнирные соединения нижних рычагов навесного устройства, и датчика положения орудия относительно остова трактора, дающего сигнал, пропорциональный углу поворота верхнего вала навесного устройства. В последнее время применяется

версия системы, в которой предусмотрена связь с контролем буксования в форме подачи команды на выглубление орудия при выходе буксования за установленный через систему "Datatronic" предел.

Электронное оборудование трактора "Challenger-eS" фирмы "Caterpillar" представляет собой комбинацию средств контроля технического состояния и режимов работы и эксплуатационного монитора. Его пульт индикации и управления установлен посреди передней панели кабины (рис. 8) и состоит из трех частей.

Левая часть пульта представляет собой панель сигнализаторов, три из которых включаются при перегреве масла в гидросистемах трансмиссии, навесного устройства и рулевого управления (рис. 9). Сигнализатор электрической сети включается, если после запуска дви-

гателя при частоте вращения его вала более 1100 мин<sup>-1</sup> напряжение генератора отсутствует или чрезмерно велико. Сигнализатор остатка топлива включается, если уровень топлива в баке снизится до установленного минимального значения. Сигнализатор стояночного тормоза включается по положению рычага или по давлению гидроаккумулятора тормозной системы.

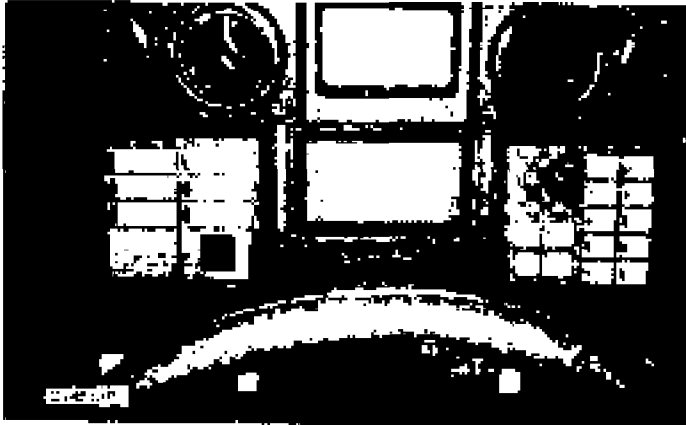


Рис. 8. Пульт электронного оборудования трактора "Challenger-65"

Средняя часть пульта представляет собой панель квазианалоговых индикаторов и аварийных сигнализаторов по давлению масла в системе смазки двигателя, температуре охлаждающей двигатель жидкости и частоте вращения вала двигателя (рис. 10).

гателя, температуре охлаждающей двигатель жидкости и частоте вращения вала двигателя (рис. 10).

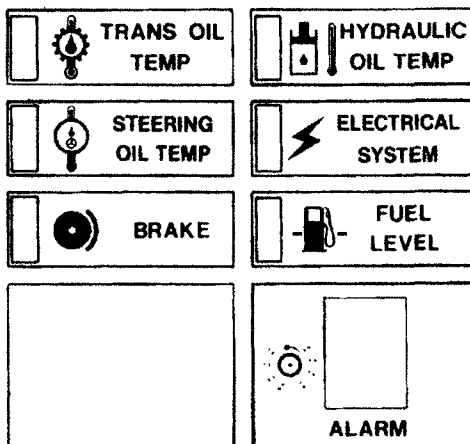


Рис. 9. Панель сигнализаторов

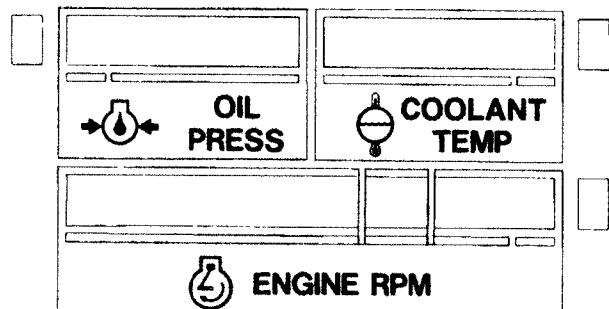


Рис. 10. Индикаторы состояния и режимов двигателя

Слева сверху индицируется давление масла, в зависимости от которого находится число включенных элементов жидкокристаллического полосчатого индикатора. Если оно ниже допустимого предела, горят красные светодиоды слева и ниже полоски элементов. При этом постоянно звучит звуковой сигнал. При повышении давления звуковой сигнал замолкает, красные светодиоды гаснут и включаются зеленые элементы в количестве, пропорциональном давлению.

Справа сверху индицируется температура охлаждающей жидко-

сти. Зеленые элементы включаются по мере ее повышения слева направо. При перегреве включаются справа красные светодиоды и сразу же четыре раза звучит звуковой сигнал. Если перегрев не прекращается, красные светодиоды мигают, а звуковой сигнал повторно включается в первый раз через 30 секунд, затем каждые 60 секунд.

Снизу индицируется частота вращения вала. По мере ее роста увеличивается слева направо число включенных элементов. При этом выход на допустимый режим подтверждается включением желтых светодиодов правее середины индикатора. Недопустимое увеличение частоты вращения приводит к включению и миганию двух красных светодиодов справа.

Правую часть пульта составляет панель многофункционального монитора (рис. 11). Она содержит четырехразрядный буквенно-цифровой жидкокристаллический индикатор и 14 клавиш. Клавиши двух правых вертикальных столбцов служат для вызова на цифровой индикатор текущих значений действительной скорости, процента буксования, часовой производительности, обработанной площади, пройденного пути, частоты вращения вала двигателя, остатка топлива в баке в процентах полного объема, наработки двигателя в моточасах и частоты вращения ВОМ, а также для контрольного включения всех светодиодов и индикаторов системы.

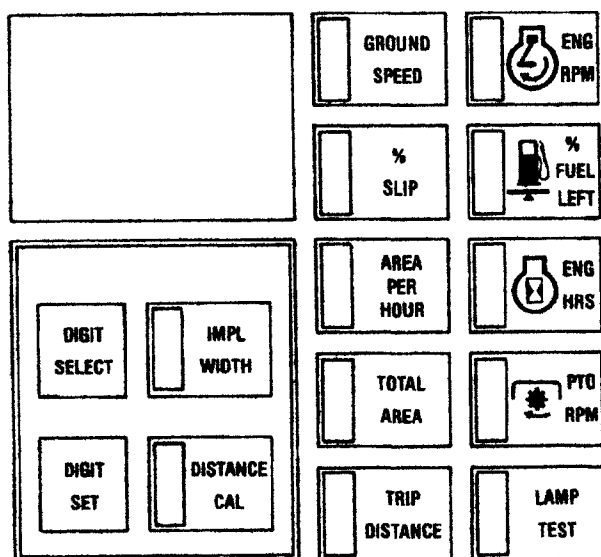


Рис. 11. Панель многофункционального монитора

Расположенные под индикатором клавиши служат для ввода ширины захвата и управления режимом калибровки по каналу измерения действительной скорости. С их помощью осуществляется также ряд вспомогательных функций проверки и настройки системы.

Система обладает способностью к самопроверке. При определенных типовых отклонениях на индикаторе появляется сообщение в виде "ЕЮЦцифра от 1 до 8)". Каждому из них соответствует свое отклонение от нормы, для устранения которого в инструкции по эксплуатации предписаны необходимые действия.

Кроме этого, измерительные функции системы могут работать как в метрической, так и в американской системах мер в зависимости от соединения или

рассоединения соответствующих контактов на одном из штепсельных разъемов сзади электронного блока. Характер настройки и комплектность системы демонстрируются специально вызываемыми на индикатор кодами вида "НС (две цифры от 0 до 3 каждая)".

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ганькин Ю. А., Шипилевский Г. Б. Теория автоматических систем трактора. - Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 1995. – 163 с.

Геннадий Борисович Шипилевский, д. т. н.

**Электронное оборудование тракторов.** Учебное пособие для студентов специальности 150100 “Автомобиле– и тракторостроение”.

Лицензия ЛР № 021209 от 17.04.97 г.

Подписано в печать 10.01.2000 г. Заказ 346

Тираж 75

Усл. п. л. 1,37

Уч.- изд. л. 1,46

Бумага типографская. Формат 60х90/16

---

МГТУ “МАМИ”, Москва, 105839 Б. Семеновская, 38