

транспортного средства локальным охлаждением. // Безопасность жизнедеятельности, 2008, № 9. - с. 2-9.

10. Михайлов В.А., Шарипова Н.Н. Оценка функциональных качеств локального воздухоохлаждителя в кабине трактора. // Тракторы и сельхозмашины, 2012, № 10. - с. 20-23.
11. Giacco M. Сравнительный анализ двух методик оценки климатического комфорта на примере систем климатизации морского круизного лайнера. // АВОК, 2005, № 3. www.abok.ru.
12. Fanger P.O. Качество внутреннего воздуха в XXI веке: влияние на комфорт, производительность и здоровье людей. // АВОК, 2003, № 4. www.abok.ru.

Разработка конструкции инновационного локального водоиспарительного воздухоохлаждителя для кабин тракторов

д.т.н. проф. Михайлов В.А., к.т.н. доц. Шарипова Н.Н., Климова Е.В.

Университет машиностроения
(495) 223-05-23, доб. 1587, avt@mami.ru

Аннотация. Предложена конструкция инновационного водоиспарительного воздухоохлаждителя для нормализации теплового состояния тракториста путём локальной подачи на него потока воздуха. Для расширения рынка сбыта аппарат имеет две модификации: питание от сети напряжением 12 В постоянного тока в расчете на использование в тёплый период года в кабинах машин любого объема; питание от сети напряжением 220 В переменного тока в расчете на использование в помещениях стационарных объектов. Применительно к тракторам аппарат может быть использован как на их новых моделях, так и на объектах, находящихся в эксплуатации, где отсутствуют воздухоохлаждители.

Ключевые слова: локальный водоиспарительный воздухоохлаждитель; нормализация теплового состояния оператора; унификация; комплектующие изделия; орошаемая водой насадка; осевой вентилятор; водяной насос

Как показывают исследования [1-4], в последнее время уделяется определенное внимание к использованию в помещениях стационарных и мобильных объектов воздухоохлаждителей локального действия как рационального решения задачи нормализации теплового состояния операторов с учётом особенностей их организма и специфики работы. Применительно к водителю самоходных машин (тракторов, строительно-дорожных машин, грузовых автомобилей, автобусов и др.) установлено [1, 2], что наиболее приемлемым здесь является водоиспарительный адиабатный воздухоохлаждитель с орошаемой насадкой с единой производительностью на уровне 110-130 м³/ч для всех кабин при степени снижения температуры воздуха за счет испарительного охлаждения воды, характеризующейся коэффициентом эффективности $E_a = 0,65-0,7$. Поскольку указанный тип аппарата представляет практический интерес для решения задачи по нормализации теплового состояния оператора трактора, встает вопрос о необходимости разработки его приемлемой конструкции.

При создании такого агрегата как технической системы важно выбрать наиболее подходящие составляющие элементы его подсистем (аппарата водоиспарительного действия, вентилятора, устройства контроля, водяного насоса, воздухораспределителя и т.п.). Отметим, что под рациональным (оптимальным) понимается такой вариант изделий, который при минимальных затратах в сфере его производства и эксплуатации полностью (или почти полностью) удовлетворяет потребности при выполнении им назначенной функции [5].

В машиностроении распространена унификация, служащая научно-обоснованным методом создания рациональной номенклатуры изделий многократного применения. Одним из основных направлений развития современной техники, использующим унификацию, является разработка технических систем, в основу конструирования которых положен принцип агрегатно-модульного построения изделий. Это позволяет обобщить ранее разработанные изолированные конструктивные и технологические решения и свести их в новую единую техни-

ческую систему с соблюдением преимущества путем заимствования составных частей создаваемого изделия из других конструкций предшествующих разработок. Указанное положено нами в методологию создания конструкции инновационного локального воздухоохладителя. За рубежом для расширения рынка сбыта локальные водоиспарительные воздухоохладители выпускаются как изделия двойного назначения [4]: на напряжение постоянного тока для машин и на напряжение переменного тока для стационарных объектов (США, Франция, Германия, Швейцария, Китай). Автомобильная модификация охладителя при его энергозатратах от 45 до 70 Вт (в зависимости от модели) позволяет аппарату несколько часов функционировать при отключённом ДВС машины. Стоимость такого аппарата составляет порядка 95-110 долларов США, что доступно даже рядовому сельскому жителю России. В жаркий период года фермер может использовать аппарат в кабине трактора любой модели и года выпуска, а в остальное время - применять в домашних условиях для вентиляции и увлажнения воздуха (особенно необходимого зимой) в бытовом помещении.

В качестве прототипа при разработке инновационного отечественного локального воздухоохладителя используем устройство «Ваву Cool», разработанное фирмой «SAMA» (Франция) в расчёте как на питание 12 В постоянного тока, так и на 220 В переменного тока [4]. Аппарат имеет энергозатраты 50 Вт, сухую массу 5 кг при объёме заливаемой воды 3 л, габаритные размеры 220x450x450 мм. Для осуществления работы аппарата при указанных напряжениях он снабжен встроенным выпрямителем с переменного на постоянный ток. На основе этого и с учётом результатов исследований [1, 2] можно сформулировать следующие технические требования к конструкции тракторного локального воздухоохладителя, приведенные ниже.

1. Питание аппарата должно осуществляться как от бортовой электросети трактора с номинальным напряжением 12 В, так и от бытовой сети переменного тока с напряжением 220 В.
2. Максимальная потребляемая охладителем мощность не должна превышать 50 Вт.
3. Производительность по воздуху аппарата должна осуществляться на двух режимах: максимальная на уровне 120 м³/ч, минимальная на уровне 90 м³/ч при эффективности охлаждения $E_a = 0,65-0,7$.
4. В качестве аппарата для тепловлажностной обработки воздуха при водоиспарительном охлаждении следует использовать отработанную в конструктивном и технологическом отношении отечественную интенсифицированную насадку регулярной структуры, выполненную из пластин микропористой пластмассы.
5. Объём ёмкости для воды в охладителе должен быть не менее 3 л.
6. Для подачи воздуха в аппарат следует использовать низконапорный электроventильатор, регулируемый на два указанных выше режима его подачи.
7. Для подачи воды на орошение насадки следует использовать погружной насос.
8. Аппарат должен быть снабжен указателем уровня воды в емкости и устройством для отключения водяного насоса при достижении критически низкого уровня, а также сигнализацией, оповещающей оператора о прекращении работы насоса.
9. Аппарат должен быть снабжен выключателем для изменения режимов работы, вентилятора и выключателем водяного насоса.
10. Аппарат должен быть оборудован поворотными жалюзийными распределителями для регулирования направления потока охлаждённого воздуха.
11. Габаритные размеры аппарата должны быть не более 490 мм по высоте, 270 мм по ширине и 280 мм по глубине (длине).
12. Корпус аппарата должен быть выполнен из пластмассы.
13. Масса аппарата в снаряженном состоянии не должна превышать 8 кг.
14. С учётом сохранения в кабинах тракторов нормируемого уровня шума 80 дБА уровень звука аппарата в режиме максимальной подачи воздуха не должен превышать 70 дБА.

Ранее указывалось, что стоимость подобных изделий за рубежом составляет не более 110 долларов США. Такая относительно низкая цена продукции достигнута лишь при ее

массовом выпуске, если количество изделий исчисляется сотнями тысяч штук в год. В СССР, когда выпуск тракторов достигал порядка 600 тысяч единиц в год, рентабельность созданных в рамках унифицированного типажа СИСТЕМЫ нормализации микроклимата [5] воздухоохлаждателей (кондиционеров) кабин могла быть обеспечена при их производстве не менее 100 тысяч штук в год. В настоящее же время производство отечественных тракторов на два порядка ниже указанной цифры. Поэтому и встаёт вопрос о расширении номенклатуры локальных воздухоохлаждателей, что с учётом зарубежного опыта может быть достигнуто за счет их двойного применения. Однако необходимо определиться с базовой модификацией аппарата, отдавая приоритет модели, которая должна эксплуатироваться самое продолжительное время в течение года с возможностью ее трансформирования в другую.

Известно, что продолжительность теплого сезона, когда необходимо охлаждать воздух в кабине, на территории России не превышает 100 дней [4]. В то же время в бытовых условиях существует потребность в аппаратах для увлажнения воздуха (осень, зима, весна). Поэтому будет логичным, если базовая модель водоиспарительного воздухоохлаждателя (адиабатного увлажнителя) будет рассчитана на питание от сети переменного тока напряжением 220 В. Что же касается модификации аппарата на питание от электросети трактора напряжением 12 В, то в настоящее время с применением в кабинах машин различных приборов, вызвавших необходимость использования напряжения питания 220 В переменного тока, промышленностью стали выпускаться преобразователи (инверторы) с 12 В постоянного тока на 220 В переменного тока. Например, модель 1N100W фирмы «AVS ENERGY» на 12/220 В имеет габаритные размеры 90x65x35мм и массу порядка 0,15 кг. Важным здесь является то, что инвертор является подсистемой машины и подключается в гнездо прикуривателя, а в корпусе самого инвертора имеется розетка для вилки шнура потребителя.

Другое обстоятельство, говорящее в пользу разработки базовой модели охладителя на напряжение 220 В, заключается в следующем. В системах отопления машин обеспечение режимов работы вентилятора осуществляется путем его питания или напрямую от бортовой сети (максимальная подача), или через резисторы (уменьшенная подача). Однако этот приём использовать в нашем случае (при напряжении 12 В) нецелесообразно, поскольку при работе резистора выделяется теплота, воздух поэтому нагревается, и в итоге степень его охлаждения снижается. При переменном же напряжении 220 В для осуществления режима уменьшенной подачи воздуха в электроцепь вентилятора вводится соответствующий конденсатор, который при своей работе не влияет на температуру воздушного потока.

Что же касается вентилятора на 220 В, то промышленностью предлагается широкая гамма различных моделей осевых вентиляторов различной производительности, основным назначением которых является обдув теплообменников электронных приборов. Анализ показал, что в нашем случае из перечня таких изделий может быть использован вентилятор типа EC1725A2HBT (разработка - США, производство - Китай), имеющий габаритные размеры 172x150x51 мм при потребляемой мощности 40 Вт. Относительно другого энергопотребляющего узла аппарата, которым является водяной насос, укажем, что промышленностью также предлагается их многочисленная номенклатура для декоративных фонтанчиков и аквариумов, и для нас подходящим является миниатюрный погружной насос «Mini-Water-Pump» Jebao AP-300 (разработка - США, производстве - Китай) с потребляемой мощностью 2,5 Вт.

Ответственным узлом аппарата, предопределяющим эффективность тепловлажностной обработки воздуха, является орошаемая насадка регулярной структуры. Ранее разработанные её конструкции [6] были рассчитаны на применение в аппаратах радиального (центробежного) вентилятора [5] и поэтому обладают повышенным аэродинамическим сопротивлением, что нежелательно при использовании в инновационной разработке указанного выше осевого вентилятора, уступающего по аэродинамической характеристике центробежному вентилятору. Поэтому создана новая насадка [7], принципиальное устройство которой и схема формирования в ней воздушных каналов показаны на рисунке 1.

Насадка представляет собой пакет пластин толщиной δ , снабженных вертикальными и горизонтальными выступами треугольного сечения высотой h_v . При наложении таких пла-

стин друг на друга вершинами выступов образуются воздушные каналы шириной b_p . Выбор конструктивных параметров насадки и её функциональных показателей осуществляется с помощью математических выражений [7]:

$$l = -50,66 \cdot v^{0,23} \cdot b_p^{1,23} \cdot \ln(1 - E_a); \quad (1)$$

$$F = -101,28 \cdot L(b_p^{0,23} / v^{0,77}) \cdot \ln(1 - E_a); \quad (2)$$

$$\Delta p_{\text{вкл}} = (1 + B^2) \cdot [0,02826 \cdot n_B^{0,535} \cdot l / (v^{0,535} \cdot b_p^{1,375}) + 0,851] v^2; \quad (3)$$

$$n_k = L / (b_p \cdot h \cdot v); \quad (4)$$

$$b = (b_p + \delta) \cdot n_k. \quad (5)$$

Здесь l – длина (глубина) насадки по ходу потока воздуха, м; F – площадь поверхности испарения пластин в насадке, м^2 ; L – объемный расход воздуха через насадку, $\text{м}^3/\text{с}$; v – скорость воздуха в каналах насадки, м/с; $\Delta p_{\text{вкл}}$ – аэродинамическое сопротивление насадки с учётом взаимодействия потоков воздуха и орошающей сверху воды, Па; $B = G_w/G$ – коэффициент орошения (G_w – массовый расход воды через насадку, кг/ч; G – массовый расход воздуха, кг/ч); n_e – число вертикальных выступов по ходу потока воздуха, шт; n_k – число воздушных каналов в насадке, шт; h – высота насадки, м; b – общая ширина насадки, м.

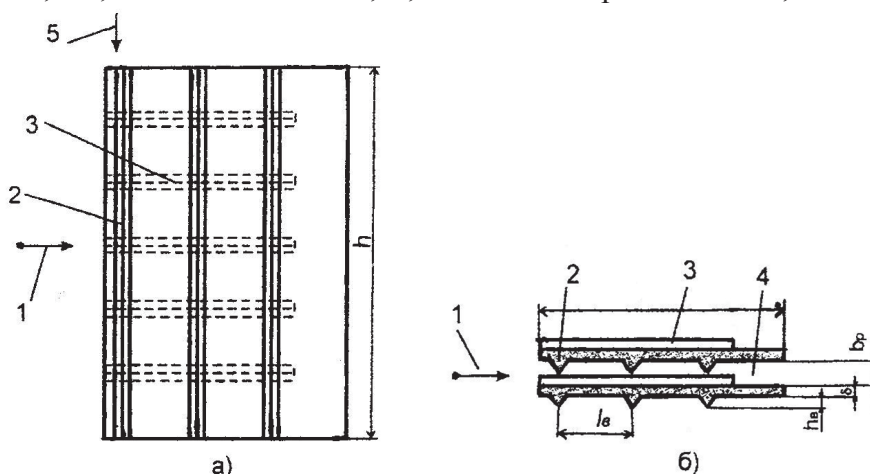


Рисунок 1. Формирование насадки регулярной структуры из пластин мипласта:
а - общая схема; б - структура воздушного канала; 1 - поток воздуха; 2 - вертикальные выступы пластины; 3 - горизонтальные выступы пластины; 4 - воздушный канал; 5 - поток орошающей воды

Определение указанных параметров насадки в нашем случае решается при максимальной подаче воздуха $L_{\text{max}} = 130 \text{ м}^3/\text{ч}$, среднем значении эффективности $E_a = 0,675$ и принятых по данным [7] $h = 0,15 \text{ м}$, $b = 1,5 \text{ м/с}$, $B = 0,9$, $b_p = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, $n_b = 3$, $\delta = 0,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}$. В результате получено: $l = 0,07 \text{ м}$, $F = 0,84 \text{ м}^2$, $\Delta p_{\text{вкл}} = 27,1 \text{ Па}$, $n_k = 40 \text{ шт.}$, $b = 0,188 \text{ м}$. Это приемлемо как с точки зрения аэродинамического сопротивления насадки в части использования осевого вентилятора, так и по её габаритным размерам (70x150x188 мм) по условиям размещения в аппарате.

Еще один важнейший аспект при создании инновационного локального охладителя обусловлен необходимостью иметь современный пластмассовый корпус, который позволил бы разместить в нём требуемые агрегаты и придать изделию товарный вид, отвечающий требованиям дизайна [8]. Если идти по пути создания оригинальной конструкции корпуса в расчете на изготовление путем литья под давлением, то это повлечет за собой необходимость разработки дорогостоящих прессформ с привязкой их к соответствующим литьевым машинам, что сразу же делает нереальным освоение производства аппарата при создавшихся условиях рыночной экономики в отрасли тракторного машиностроения. Поэтому целесообразным здесь является заимствование подходящего для нашего случая освоенного изделия

другого назначения с его необходимой доработкой с помощью универсального оборудования. Анализ показал, что здесь можно базироваться на таком бытовом объекте, как контейнер для канцелярского мусора ХАПС объемом 15 л (производство ООО «М-пластика», Россия), пластмассовые детали которого (бак, крышка, верхняя рамка) удобны для доработки применительно к корпусу охладителя и к тому же производятся в различной цветовой гамме, что дает возможность разнообразить внешний вид изделия.

Что же касается остальных комплектующих элементов аппарата, то существует разнообразная их элементная база для автомобилей и бытового использования, которая дает возможность достаточно легко выбрать необходимые для разработки составляющие (конденсатор, звуковой сигнализатор, датчик уровня воды, реле, выключатели, уплотнителя, воздухо-распределители и т.п.). На основе изложенного разработан, изготовлен и испытан в лабораторных условиях образец локального инновационного водоиспарительного воздухоохладителя, конструктивная схема которого представлена на рисунке 2.

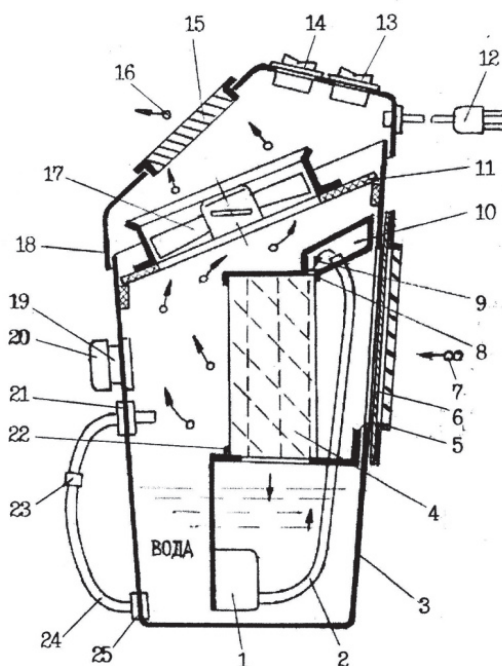


Рисунок 2. Конструктивная схема локального аппарата

На рисунке 2: 1 - водяной насос; 2 - нагнетательный шланг; 3 - корпус; 4 - насадка; 5 - входная решетка; 6 - сетчатый воздушный фильтр; 7 - тёплый воздушный поток; 8 - водораспределитель; 9 - поток орошающей воды; 10 - крышка насадки; 11 - перегородка корпуса; 12 - вилка электрошнура; 13 - тумблер вентилятора; 14 - тумблер водяного насоса; 15 - поворотный воздухо-распределитель; 16 - охлажденный воздушный поток; 17 - осевой вентилятор; 18 - крышка; 19 - заливная горловина; 20 - колпачок заливной горловины; 21 - втулка; 22 - поддон насадки; 23 - указатель верхнего уровня воды; 24 - прозрачный шланг контроля уровня и слива воды; 25 - уплотнитель шланга

В корпусе 3 аппарата установлена насадка 4, размещенная между поддоном 22 и крышкой 10, в передней части которой со стороны воздушного потока 7, поступающего внутрь через входную решетку 5 с сетчатым фильтром 6, смонтирован водораспределитель 8, откуда на фронтальную часть насадки 4 тонкими струями поступает поток 9 орошающей воды, подаваемой по нагнетательному шлангу 2 насосом 1, погруженным в воду, залитую в корпус 3 аппарата через горловину 19, закрытую в рабочем режиме завинчивающимся колпачком 20. Уровень воды контролируется с помощью прозрачного гибкого шланга 24, нижний конец которого герметично закреплен в нижней части корпуса 3 с помощью уплотнителя 25. На шланге 24 установлено цветное кольцо - указатель 23 верхнего уровня воды, который виден через его прозрачные стенки. Шланг 24 служит также в качестве сливного, если его верхний конец вытащить из втулки 21, через отверстие в которой он свободно проходит, и опустить в какую-либо вспомогательную ёмкость.

В верхней части корпуса 3 на наклонной перегородке 11 смонтирован осевой вентилятор 17, а сам корпус закрыт крышкой 18, на которой напротив колеса вентилятора установлены поворотные воздухораспределители 15 (на схеме показан только один из трёх имеющихся) с наклонными жалюзи для направления обработанного воздушного потока 16 на человека, а также размещены тумблер 14 водяного насоса 1 и тумблер 13 вентилятора 17. Для соединения аппарата с электросетью напряжением 220 В служит электрошнур с вилкой 12.

Аппарат снабжен системой защиты насоса (не показана) от выхода его из строя в случае попытки включения при отсутствии воды или недостаточного её уровня в корпусе 3. При такой нештатной ситуации насос автоматически отключается от электросети, и одновременно включается звуковой сигнал, извещающий об этом потребителя.

Как следует из приведенного, в стенках бака контейнера ХАПС, являющегося корпусом 3 аппарата, необходимо выполнить прямоугольный проём под размеры сетчатого воздушного фильтра 6 и круглые отверстия под заливную горловину 19 и крепления в них втулки 21 и уплотнителя 25. В крышке же и в верхней рамке контейнера ХАПС, образующих в сборе крышку 18 аппарата, необходимо выполнить круглые отверстия для монтажа воздухораспределителей 15 и уплотнителя для ввода электрошнура с вилкой 12, а также двух прямоугольных отверстий для фиксации в них тумблеров 13 и 14. Кроме этого, в указанных деталях контейнера ХАПС необходимо просверлить необходимые отверстия для монтажных винтов и саморезов, скрепляющих элементы аппарата. Как отмечалось, такая доработка исходных деталей ХАПС может быть произведена с помощью простейшего универсального оборудования специалистами средней квалификации. В подтверждение этому Михайловым В.А. в домашних условиях изготовлена партия локальных воздухоохладителей в количестве 15 штук для оценки их работоспособности и эффективности использования различными потребителями. В этом плане стоит отметить, что один из образцов аппарата испытывался в МАДИ (ГТУ) и получил положительную оценку [9]. Второй образец используется в учебном процессе в Университете машиностроения при изучении дисциплины «Процессы и аппараты очистки атмосферных выбросов» [10].

В таблице 1 представлены конструктивные и функциональные характеристики инновационного локального аппарата.

Таблица 1

Технические характеристики локального воздухоохладителя

Показатель	Значение
Производительность по воздуху, м ³ /ч:	
- при нормальном режиме	125
- при пониженном режиме	100
Температурный коэффициент эффективности E _a	0,66
Номинальное напряжение, В:	
- переменный ток	220
- постоянный ток	12
Максимальная потребляемая мощность, Вт	45
Габаритные размеры, мм:	
- ширина	258
- глубина	274
- высота	474
Масса (сухая), кг	3,6
Количество заливаемой воды, л	4,0
Максимальный уровень звука, дБА	58

В заключении укажем, что опыт изготовления партии инновационных локальных воздухоохладителей показал: в силу конструктивной и технологической отработки их можно на достаточно качественном уровне производить на малом предприятии (например на территории Университета машиностроения), поскольку для этого нет необходимости в уникальном

Литература

1. Михайлов В.А., Карев С.В. Выбор рациональной энергосберегающей технологии нормализации теплового состояния водителя и оздоровления воздушной среды в кабине транспортных средств. // Вестник МАДИ (ГТУ), 2006. Вып. 7. - с. 96-100.
2. Михайлов В.А., Шарипова Н.Н. Оценка функциональных качеств локального воздухоохлаждителя в кабине трактора. // Тракторы и сельхозмашины, 2012, № 10. - с. 20-23.
3. Fanger P.O. Качество внутреннего воздуха в XXI веке: влияние на комфорт, производительность и здоровье людей. // АВОК, 2003, abok.ru.
4. Шарипов В.М., Михайлов В.А., Шарипова Н.Н. Климатическая комфортабельность колёсных и гусеничных машин. Методы обеспечения климатической комфортабельности и расчёт параметров установок. - Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. – 197 с.
5. Михайлов В.А. Создание системы модульных типизированных и унифицированных средств нормализации микроклимата и оздоровления воздушной среды в кабинах самоходных машин. Автореферат диссертации доктора наук. М.: МГТУ «МАМИ», 1999. 50 с.
6. Михайлов В.А. Орошаемые насадки воздухоохлаждителей кабин для запыленных условий эксплуатации. // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1996, № 11. – с. 21-24.
7. Михайлов В.А., Карев С.В. Орошаемая насадка регулярной структуры для локального воздухоохлаждителя. // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 2008, № 7. – с. 33-35.
8. Основы эргономики и дизайна автомобилей и тракторов. / И.С. Степанов, А.Н. Евграфов, А.Л. Карунин, В.В. Ломакин, В.М. Шарипов; Под общ. ред. В.М. Шарипова. - М.: Издательский центр «Академия», 2005. - 256 с.
9. Михайлов В.А., Сотникова Е.В., Карев С.В. Нормализация теплового состояния оператора транспортного средства локальным охлаждением. // Безопасность жизнедеятельности, 2008, № 9. – с. 2-9.
10. Михайлов В.А., Сотникова Е.В. Выбор конструктивных параметров и характеристик пластинчатого аппарата мокрой очистки воздуха. - М.: МГТУ «МАМИ», 2010. - 27 с.

Способы диагностирования датчиков автомобильных электронных систем управления с гибридной силовой установкой

к.т.н. проф. Набоких В.А., Сафронов А.В.
Университет машиностроения
495-223-05-23, доб. 1574, ate@mami.ru

Аннотация. В статье рассмотрены основные методы диагностирования датчиков микропроцессорных систем управления комбинированной силовой установки автомобиля. Поставлены задачи исследований процессов диагностики датчиков.

Ключевые слова: датчики, высоковольтная батарея, мотор-генератор, шина данных, моделирование, самодиагностика

Автомобили с комбинированной (гибридной) энергетической установкой (КЭУ) помимо электронных систем управления ДВС, мотор-генераторами, высоковольтной батареей (ВВБ), инвертером и другими агрегатами оснащены целым рядом электронных систем управления безопасностью дорожного движения, комфортом в салоне, средств парковки, курсовой устойчивости и др.

Системы управления агрегатами КЭУ для выполнения своих функций оснащены датчиками параметров, которые диагностируются сравнительно несложными диагностическими приборами, например тестерами. Основной перечень диагностируемых датчиков содержит:

- датчик массового расхода воздуха;
- датчик температуры охлаждающей жидкости ДВС;