

## МНОГОПАРАМЕТРОВАЯ СИСТЕМА КЛИМАТ-КОНТРОЛЯ В КАБИНАХ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

**Игорь Борисович Журавец**, кандидат технических наук, доцент кафедры тракторов и автомобилей

**Светлана Зиновьевна Манойлина**, кандидат сельскохозяйственных наук,

доцент кафедры тракторов и автомобилей

**Егор Алексеевич Галкин**, кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности

**Николай Александрович Попов**, кандидат технических наук,

доцент кафедры безопасности жизнедеятельности

**Алла Александровна Заболотная**, старший преподаватель кафедры прикладной механики

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

DOI: 10.17238/issn2071-2243.2016.1.105

Проведены исследования функциональных процессов, протекающих в логической схеме системы климат-контроля в кабине оператора мобильного энергетического средства (МЭС) с целью разработки системы автоматики, обеспечивающей обратную связь при регулировании параметров микроклимата в кабине МЭС через регистрацию и обработку эргономической нагрузки на оператора. Рассмотрена актуальная техническая проблема нормализации температурных параметров на рабочем месте оператора МЭС преимущественно в зимний период. Основным техническим решением является автоматизированная система отопления, в которой предусмотрено управление тепловыделением внутри кабины с учетом эргономических затрат на собственно процесс технологического выполнения машинной функциональных операций. Особое внимание уделено использованию электронного блока управления, считывающего информацию от многочисленных датчиков, учитывающих внешние и внутренние параметры воздуха в различных зонах, являющихся жизненно важными с точки зрения физиологии оператора МЭС. Кроме того, такой блок учитывает силовые и энергетические затраты на управление машиной, которые, безусловно, являются индивидуальными. Система отопления может использоваться как при модернизации выпускаемой техники, так и при проектировании новых образцов МЭС. Значительное внимание уделено осреднению основополагающих параметров микроклимата в кабине, т. е. предусмотрены датчики температур в зонах дыхания, пояса, ног. Ручное задание температурного воздействия на оператора может быть дифференцировано, т. е. оператор имеет возможность выбрать преобладающий (на его усмотрение) источник теплоты. Таким образом, предлагаемая система отопления кабины изначально предназначена для приведения в соответствие с любыми температурными запросами оператора МЭС, его физическими параметрами и физиологией.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** обогрев, датчики температур, усилий, токов, электронный блок управления, датчик-регистратор.

The authors have studied the functional processes occurring in the logic circuit system of climate control in the operator's cabine of a mobile power unit (MPU) in order to develop an automation system that provides feedback when adjusting the parameters of microclimate in the cabine of MPU through registration and processing of load on the operator. The authors have discussed a current technical problem of normalization of temperature parameters at the operator's workplace in the MPU mainly in the winter period. The main technical solution is an automated heating system, which provides control of heat-isolation inside the cabin to account for ergonomic costs of the actual technological process of the machine's functional operations. Special attention was paid to the use of electronic control unit, which reads the information from multiple sensors that take into account the external and internal parameters of the air in different zones, which are vitally important from the point of view of physiology of the MPU's operator. In addition, this unit takes into account the power and energy costs of the machine's operation, which are of course individual. The heating system can be used for both the upgrade of the manufactured machinery and designing new samples of MPU. Considerable attention is paid to the averaging of fundamental parameters of microclimate in the cabine, i.e. there are temperature sensors in the areas of respiration, waist and legs. Manual set-up of temperature effects on the operator can be differentiated, i.e. the operator has the option to choose the prevailing heat source. Thus, the proposed cabine heating system is initially designed to align any temperature demands of the MPU's operator with different physical parameters and physiology.

**KEY WORDS:** heating, temperature sensors, force sensing devices, current sensing devices, electronic control module, setpoint registration device.

Статистика последних лет показывает значительное улучшение условий труда на МЭС, связанных с выполнением технологических задач в АПК, на транспорте, строительстве, в добывающих отраслях и т.д. Общеизвестно, что эти условия определяются внешними и внутренними факторами. Первую группу таких факторов составляют все наружные воздействия: инсоляция, загазованность, шум, вибрации, радиация, опасность обвалов и затопления, низкие температуры в зимних условиях и другие. Вторая группа включает эргономическую нагрузку, т.е. значения требуемых усилий, моментов, периодичности манипуляций, быстроту реакции как фактор технологического стресса и тому подобное. Кроме того, к этой группе факторов относятся тепловлажностные характеристики: температура воздуха в кабине в характерных точках, относительная влажность, преимущественно в зоне дыхания, скорость движения воздуха и распределение по объему ее вектора, примеси токсичных газов, ионов и радиоактивных включений, плотность потока инсоляции, преимущественно на участке тела оператора, температуры излучающих поверхностей, в первую очередь крыши кабины. Сюда необходимо отнести соответствие формы сидения условиям работы, его способность к амортизации и вибропоглощению, а также возможности индивидуальной подгонки высоты и близости расположения оператора к элементам управления. Добавим, что к этой группе факторов относится и обзорность кабины, наличие зеркал бокового и заднего вида, датчиков антинаезда, возможность оттаивания и достижения прозрачности в зимних условиях лобового и бокового стекол, фиксации предупреждающих знаков опасности во избежание последующих стрессов и т.д.

Авторы перечисляют эти значимые факторы с целью аргументации взаимовлияния этого сложного многофакторного комплексного показателя на физиологию человека, его здоровье и успешность его деятельности, указывая, например, на то, что человек может вспотеть на своем рабочем месте не только из-за высокой температуры окружающей среды, но и по причине избыточного мышечного метаболизма вследствие силовой перегрузки или технологического стресса в процессе выполнения работы [10]. Во всех случаях температура воздуха в кабине может быть близка к стандартно нормальной.

Современные системы климат-контроля достаточно совершенны, чтобы устранить основные факторы негативного воздействия на оператора МЭС. Некоторые из них обладают даже возможностями профессиональной избирательности, отдавая предпочтение наиболее значимым факторам, например, температуре воздуха в зоне пояса или в зоне дыхания. При несоответствии уровню задатчика этой температуры включаются либо отдельно вентилятор, либо вентилятор в комбинации с кондиционером в функции отопителя или охладителя воздуха. В лучшем случае такая система дополняется распределителем потока отработанного воздуха, регулируемым вручную [2, 8, 9]. Чаще встречаются системы с разобщенными источниками тепла и холода, в которых существенным признаком повышенного совершенства являются обогревы сидений и подогревная осушка стекол.

Объективная оценка существующих систем климат-контроля на фоне современных достижений электроники, электротехники (электромеханики), автоматизации и компьютеризации показывает, что резерв улучшения таких систем не только не иссяк, но и существенно вырос. В частности, появилось множество различных приемников информации, средств восприятия, обработки и передачи сигналов, задающих и управляющих программ взаимодействия бортового компьютера с исполнительными механизмами, которые могут быть применены для нормализации условий работы оператора МЭС, приближая их к комфортным [5, 6, 7].

Основной задачей предлагаемой разветвленной многопараметровой системы нормализации условий работы является сбор информационных показателей следующих групп:

- а) внешние условия (параметры окружающей среды);
- б) внутренние объемно-метрические, отслеживающие температурные поля объема кабины, ее оболочки и элементов управления, а также опорных поверхностей сидений,

скорость движения холодного воздуха и его относительную влажность, газовый состав (наличие CO, CH<sub>4</sub>, продуктов возгонки удобрений, дефолиантов и т.п.) и пыли, радиоактивность в особых случаях карьерных разработок;

в) внутренние эргономические и механические параметры – усилия на педалях сцепления, акселератора, тормоза, рычагах трансмиссии, рулевом колесе, а также низкочастотные и высокочастотные колебания сидений и элементов управления, шум с последующей обработкой этой информации и регулированием.

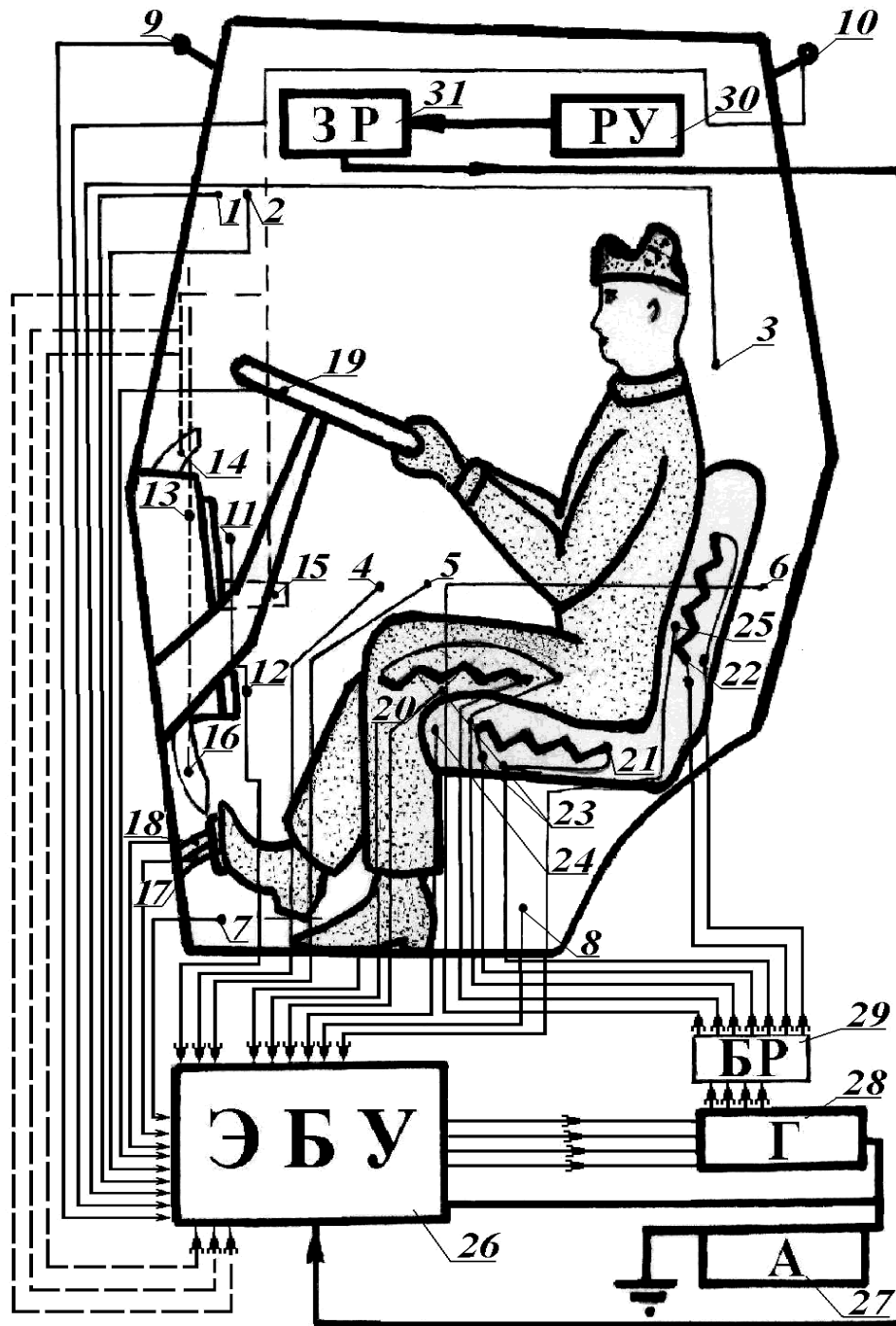
Экстремальные параметры воздуха и элементов кабины проявляются в пиковые периоды сезонов – зимнего и летнего. Зимний холод, как правило, нейтрализуется обогревателем-теплообменником со встроенным вентилятором, работающим от системы охлаждения двигателя машины [1]. Такие системы отопления кабины МЭС до сих пор не сумели преодолеть свой главный недостаток – инертность, обусловленную полной зависимостью теплопроизводительности от загрузки двигателя, которая в зимних условиях для тракторов и дорожно-строительных машин чаще всего бывает частичной. В энергетическом резерве остается электрогенератор, способный для большинства моделей зарубежных и отечественных тракторов выдать 400-500 Вт [6]. Рациональное распределение этой мощности с применением системы электронного регулирования, по мнению авторов, почти целиком в совокупности со штатным отоплением решает задачу сохранения здоровья оператора МЭС.

Логическая схема такой многопараметровой системы обогрева представлена на рисунке.

Штатная система отопления дополнена датчиками температуры 1-8 типа ХК или ХА, выдающими сигнал на универсальный контроллер температуры типа УКТ-38, либо другой, имеющий электронный выход. Показания датчиков интегрируются в блоке ЭБУ [3, 4] по группам: 1, 2, 3 – на уровне груди, 4, 5, 6 – на уровне пояса и 7, 8 – в зоне ног.

Осредненные сигналы групп выдают командные импульсы на вентилятор жидкостного обогревателя (печи) и регулируют подачу теплого воздуха в зоны через систему распределения. В одном из вариантов работы предусмотрено направление потоков воздуха на лобовое и боковые стекла преимущественно с целью оттаивания. Эта функция ЭБУ подчинена командному сигналу ручного управления РУ через отдельное дополнение к ЭБУ – задающий регистратор ЗР. Посредством того же ЗР задаются с пульта РУ параметры электрообогрева тела оператора через поверхности сиденья, «теплый» фартук и подогревающие стельки обуви (с целью упрощения на схеме не показаны). Два элемента этого подогрева подключаются через световой диод с помощью обычного разъема на несущем элементе сиденья. Для получения функциональной универсальности обогревателей сиденья в плане использования их и в летний сезон могут применяться термоэлектромодули полупроводникового типа, обладающие способностью термодинамического реверса, т. е. либо выделять теплоту пропорционально подводимой электроэнергии, либо ее поглощать при перемене полярности тока.

Важнейшее значение в балансе теплоты оператора имеет мышечный метаболизм, зависящий от интенсивности нагружения мышечной структуры организма и его индивидуальных особенностей. Этот метаболизм обуславливает выделение весьма значительного количества внутренней теплоты и при наличии «горячего» и «теплого» фартука может отгенерировать явный избыток теплоты. Поэтому система обогрева обязательно должна иметь своевременный аутогенный отклик на выделение мышечной теплоты, для этого в ЭБУ поступают сигналы усилий и перемещений от органов управления машиной: педалей сцепления и тормоза, рулевого колеса или бортовых фрикционов (для гусеничных машин). Это позволяет записывать эргономику процесса и, начиная с некоторой интенсивности, устанавливать или ограничивать режим подогрева. Данный процесс обеспечивается программой автоматической корреляции между энергией на привод элементов управления и поступающей теплотой электрообогрева (сиденье, фартук, стельки обуви).



Логическая схема сбора информации об условиях труда оператора МЭС:

- 1, 2, 3 – группа датчиков температуры воздуха в кабине на уровне груди;
- 4, 5, 6 – группа датчиков температуры воздуха в кабине на уровне пояса;
- 7, 8 – группа датчиков температуры воздуха в кабине в зоне ног;
- 9, 10 – датчики температуры наружного воздуха на противоположных от солнца поверхностях кабины;
- 11, 12 – датчики температуры воздуха на выходе из теплообменника подогрева;
- 13 – теплообменник подогрева (печь);
- 14, 15, 16 – датчики положений заслонок, регулирующие потоки в системе распределения воздуха;
- 17, 18 – датчики энергозатрат на привод педали сцепления и тормоза;
- 19 – датчик величины крутящего момента на рулевом колесе;
- 20 – электронагреватель «теплого» фартука; 21 – электронагреватель основания сиденья;
- 22 – электронагреватель спинки сиденья;
- 23, 24, 25 – датчики осредненных температур фартука, основания и спинки сиденья;
- 26 – электронный блок управления (ЭБУ); 27 – аккумуляторная батарея; 28 – генератор;
- 29 – блок реле; 30 – пульт ручного управления; 31 – задатчик, задающий регистратор

Временной момент вступления в работу микропроцессора-анализатора, оценивающего эргономику мышечного метаболизма, подбирается с пульта РУ через ЗР индивидуально оператором в зависимости от его физиологических особенностей.

Система климат-контроля дополняется автоматическим размораживанием стекол, включаемым от фотоэлементных датчиков, расположенных по типу «визави» снаружи и внутри.

Безусловно, предлагаемая логическая схема требует весомых материальных затрат, однако она направлена на сохранение трудового ресурса и жизни оператора МЭС.

Авторы полагают, что это обстоятельство вполне оправдывает описанные осложнения и все предполагаемые материальные затраты.

### **Выводы**

1. Предлагается логическая схема системы климат-контроля в кабине оператора МЭС, отличающаяся тем, что автоматически регулируется соответствие эргономической нагрузки на оператора в виде мышечных усилий и подачи теплоты в элементы ее баланса.

2. Повышение экологичности и эффективности такой системы может быть достигнуто применением термоэлектромодулей полупроводникового типа, конструкция которых должна предусматривать подачу дополнительных теплоносителей с целью повышения эффективности их применения. Разработка таких конструкций, преимущественно для основания спинки и сидения, является одним из дополнительных важных вопросов и требует отдельных исследований.

### **Список литературы**

1. Архипов Г.В. Автоматическое регулирование поверхностных теплообменников / Г.В. Архипов. – Москва : Энергия, 1971. – 304 с.
2. Басыров Р.Р. Выбор конструктивных элементов легкового автомобиля особо малого класса по критерию комфортности воздушной среды в салоне: дис. ... канд. техн. наук : 05.05.03 / Р.Р. Басыров. – Набережные Челны, 2005. – 157 с.
3. Лукьянов Б.В. Микропроцессорная техника в АПК / Б.В. Лукьянов. – Москва : Росагропромиздат, 1988. – 319 с.
4. Микропроцессорные контроллеры в системах автоматического регулирования / Г.Г. Иордан и [др.] // Приборы и системы управления. – 1981. – № 2. – С. 45-47.
5. Михайлов В.А. Орошаемая насадка регулярной структуры для локального воздухоохладителя кабин / В.А. Михайлов // Тракторы и сельхозмашины. – 2008. – № 7. – С. 33-35.
6. Михайлов В.А. Рациональные параметры средств нормализации микроклимата в кабинах / В.А. Михайлов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1977. – № 6. – С. 19-21.
7. Снижение теплового воздействия на оператора мобильных энергетических средств / И.Б. Журавец, Ю.В. Цуцких, Е.А. Галкин, Н.А. Попов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – № 1. – С. 18-20.
8. Соснин Д.А. Автотроника. Электрооборудование и системы бортовой автоматики современных легковых автомобилей : учеб. пособие / Д.А. Соснин. – Москва : Солон-Р, 2001. – 272 с.
9. Хохряков В.П. Вентиляция, отопление и обеспыливание воздуха в кабинах автомобилей / В.П. Хохряков. – Москва : Машиностроение, 1987. – 150 с.
10. Журавец И.Б. Экологичные системы микроклимата в кабинах мобильных энергетических средств : монография / И.Б. Журавец, М.А. Журавец, С.З. Манойлина. – Воронеж : ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2015. – С. 9-11.