

## ТЕРМИЧЕСКАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ МИКРОКЛИМАТА В КАБИНЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО МОБИЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА

---

Андрей Викторович Ворохобин<sup>1</sup>  
Игорь Борисович Журавец<sup>1</sup>  
Светлана Зиновьевна Манойлина<sup>1</sup>  
Евгений Дмитриевич Золотых<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

<sup>2</sup>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)  
Министерства обороны Российской Федерации

Проблема стабилизации температурных параметров на рабочем месте оператора мобильного энергетического средства очень актуальна, так как тепловые, радиационные и инсоляционные воздействия отрицательно влияют на его организм. Установлено, что конструкции современных мобильных энергетических средств имеют очень ограниченные возможности по защите от вредного излучения. Создание безопасных и комфортных условий работы оператора мобильного энергетического средства должно идти по пути снижения негативного воздействия как чисто природных, так и производственных факторов. Одним из таких факторов является избыток тепловых воздействий, возникающих от инсоляции, машинных тепловыделений и замкнутости ограниченного объема кабин. Исследования греющих инсоляционных и конвективных тепловых потоков внутри кабины мобильного энергетического средства дают возможность оценить экономические потери холода во внешнюю среду. Предлагается схема конкретного технического устройства регулирования теплового воздействия на оператора с применением электронных средств восприятия, обработки, подачи информации для последующего воздействия на регулирующие объекты. Подробно описана электронная схема регулирования теплового воздействия на оператора в кабине энергетического средства. Отмечено, что для нормализации микроклимата в кабине и ограничения теплового воздействия необходимо обеспечить сбор и обработку информации как о самом объекте, так и о среде его применения. Технические предпосылки, представленные авторами, дают возможность дальнейшего развития энергетических и экологических средств и методов нормализации микроклимата, а предложенная электронная логическая схема восприятия и обработки информации может быть органически встроена в математическую модель, адекватно описывающую всю энергетику взаимодействия кабины мобильного энергетического средства как физического тела с различными источниками излучения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: излучение, тепловое воздействие, мобильное энергетическое средство, микроклимат, регулирование.

## THERMAL STABILIZATION OF THE MICROCLIMATE IN THE CABIN OF MOBILE ENERGY MACHINERY USED IN AGRICULTURE

Andrey V. Vorokhobin<sup>1</sup>  
Igor B. Zhuravets<sup>1</sup>  
Svetlana Z. Manolina<sup>1</sup>  
Evgeniy D. Zolotykh<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Voronezh State Agrarian University after Emperor Peter the Great

<sup>2</sup>Military Educational and Scientific Centre of the Air Force N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin  
Air Force Academy (Voronezh) the Ministry of Defence of the Russian Federation

The problem of stabilization of temperature parameters at the workplace of the operator of mobile energy machinery is relevant, since thermal, radiation and insolation impacts negatively affect his body. It has been established that the design of modern mobile energy devices have very limited capabilities from the point of view of protection against harmful radiation. The creation of safe and comfortable working conditions for the operator of mobile energy machinery should follow the path of reducing the negative impact of both natural and industrial factors. One of such factors is the excess of thermal effects arising from insolation, machine heat emissions and the enclosed limited

volume of cabins. Studies of heating insolation and convective heat flows inside the cabin of a mobile energy vehicle make it possible to assess the economic losses of cold in the external environment. The scheme of a specific technical device for regulating the thermal effect on the operator with the use of electronic means of perception, processing, and providing information for subsequent exposure to regulatory objects is proposed. An electronic scheme for regulating the thermal effect on the operator in the cabin of an energy vehicle is described in detail. It is noted that in order to normalize the microclimate in the cabin and limit the thermal impact, it is necessary to collect and process information about both the object itself and the environment of its application. Technical prerequisites presented by the authors make it possible to further develop energy and environmental means and methods of normalizing the microclimate. The proposed electronic logic scheme of perception and processing of information can be organically integrated into a mathematical model that adequately describes the entire energy interaction of the cabin of a mobile energy device as a physical body with various radiation sources.

KEYWORDS: radiation, thermal effect, mobile energy machinery, microclimate, regulation.

### **В**ведение

В настоящее время в сельскохозяйственном производстве эксплуатируется большая номенклатура мобильных энергетических средств (МЭС). Все они имеют системы управления разного уровня. В одних больше функций возлагается на оператора, в других – на электронику. Необходимо отметить, что сравнение функциональных способностей человека и электронного управляющего устройства пока еще не отдает абсолютного предпочтения последнему. Достаточно часто возникают ситуации, когда электронное управляющее устройство просто останавливается и ждет специальной команды от оператора [3].

Подавляющее большинство блоков сбора информации и выработки управляющих сигналов требует применения материалов, которые приводят к высокой экологической напряженности. Это относится, например, к литиевым аккумуляторам. Поэтому возникает противоречие между необходимостью применения электронных управляющих устройств и усиливающейся от их использования экологической напряженности.

Кабина современного мобильного энергетического средства оснащена большим набором электронных устройств, которые могут оказывать на оператора тепловые, радиационные и инсоляционные воздействия. Нейтрализация таких воздействий крайне актуальна, когда в кабине МЭС работает оператор, а также, по мнению авторов [3], необходима, когда в кабине устанавливаются электронно-управляющие устройства.

Несмотря на значительные усилия конструкторов и производителей сельскохозяйственной техники по созданию безопасных и комфортных условий работы оператора МЭС, остается еще достаточно вопросов, сопряженных с негативным воздействием как чисто природных, так и производственных факторов. Одним из таких факторов является избыток тепловых воздействий, возникающих от инсоляции, машинных тепловыделений и замкнутости ограниченного объема кабин. Избыток тепловыделений перенапрягает терморегулирующие способности человека, вызывая нарушение основных физиологических функций: сердечного ритма, артериального давления, потоотделения и т. д. [2, 8, 9, 10]. Кроме того, инсоляционные потоки деформируют зрительные нервы, заметно изматывая нервную систему, провоцируют развитие онкологических осложнений.

Таким образом, необходимо отметить, что в конструкциях современных МЭС наблюдается ограниченность и недостаточность электронно-управляющих средств и устройств защиты от природных и производственных излучений.

**Цель исследования** – определить предпосылки для ограничения и регулирования избыточного теплового воздействия непосредственно на оператора МЭС в процессе выполнения основных технологических приемов.

Основной задачей является разработка конкретного технического устройства регулирования теплового воздействия на оператора с применением электронных средств восприятия, обработки, подачи информации для последующего воздействия на регулирующие средства.

### Материалы и методы исследований

Анализ интенсивности инсоляционного воздействия на оператора МЭС достигается в настоящее время применением многочисленных источников информации в виде различных датчиков облучения, температуры, скоростей естественной и вынужденной конвекции и др. Такой анализ является достаточно сложным, многофакторным, трудоемким и дорогим. Кроме того, он предусматривает наличие технических средств, достаточно громоздких для размещения и подключения к информационной сети мобильного средства. Обработка таких многочисленных сигналов требует достаточно большого количества электронных блоков сравнения и сопоставления и предусматривает весьма не простые средства регулирования под индивидуальные особенности самого оператора.

Основным объектом исследований является среда нахождения оператора МЭС, ограниченная стенками кабины. Материально-техническим средством решения проблемы нормализации теплового воздействия являются устройства как снижающие и нейтрализующие тепловые потоки, так и уменьшающие инсоляцию, проникающую непосредственно на тело самого исполнителя.

В подавляющем большинстве случаев проблемы микроклимата и снижения теплового воздействия сводятся к выбору объекта воздействия в виде полного объема воздуха в кабине, считая, что таким образом может быть достигнуто равновесие теплообмена между телом человека и данной искусственной воздушной оболочкой. Во всех таких случаях, как правило, игнорируется экономическая оценка потерь холода во внешнюю среду, тем более что невозможно отделить воздух от стенок кабины его ограничивающих. На эти стенки действуют греющие инсоляционные и конвективные тепловые потоки.

Кроме того, внутри самой кабины имеется ряд источников тепловыделений. Так, через приборную панель и пол проникают потоки воздуха от двигателя и его элементов, трансмиссии, приборов контроля и регулирования силовой установки [4]. По самым ориентировочным оценкам за счет только конвекции и солнечной радиации при среднестатистической скорости ветра 5,7 м/с и скорости трактора 1,5–2 м/с поверхность кабины при наружной температуре воздуха +30–35°C и температуре внутри кабины +20°C теряет не менее 650–700 Вт холода. Учитывая, что кондиционер вырабатывает этот холод с определенными энергозатратами, появляется дополнительный существенный расход топлива, безусловно снижающий экологические показатели всей энергоустановки. Предельно и вполне логично в этом случае проблема решается нормализацией теплообмена самого тела оператора с элементами атрибутики, его дополняющими, преимущественно креслом, рулевой колонкой, рычагами и педалями управления.

Техническими средствами решения такой задачи могут быть мягкие воздушные струи касательного, лобового, продольного направления, не вызывающие избыточного переохлаждения во всех основных участках тела, а именно в зоне пояса, груди, головы и ног. Кроме того, рабочее устройство оборудуется средствами оптимального терморегулирования, т. е. оно поддерживается прохладными струями потока, не вызывающими простуды. При этом обеспечивается количественно необходимый объем воздуха для дыхания.

### Результаты и их обсуждение

Дозирование подачи холодного потока воздушными струями, должно быть индивидуальным, программируемым, обеспеченным и регулируемым вручную в зависимости от внешних условий. Это требует вполне скрупулезного сбора информации о подготовке и выполнении всех основных технологических приемов с учетом внешних факторов.

Источником такой весьма объемной информации являются две группы датчиков. В первую группу входят приемники сигналов внешней среды: температуры, влажности, скорости движения воздуха, радиационной составляющей инсоляции, наличие облачности, осадков, пыли. Возможно появление дополнительных каких-либо непредвиденных средств восприятия внешней среды. Вторая группа датчиков воспринимает все необходимые сведения о состоянии воздуха внутри кабины, а также измеряет интенсивность радиации, инфракрасного излучения от силовых агрегатов машин, температуры тела человека и рабочего кресла в различных точках, учитывает наличие точек потоотделения, а также измеряет эргономические затраты оператора по управлению самой машиной и агрегатами технологического воздействия [1].

Сигналы датчиков обеих групп последовательно воспринимаются элементами электронного устройства с последовательным воздействием на исполнительные средства и механизмы [5, 6, 7]. Основными элементами такого обрабатывающего и регулирующего устройства (см. рис.) являются: аналоговый расширитель интерфейса, микроконтроллер, аналого-цифровой преобразователь (АЦП), постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) с программным обеспечением, цифровой аналоговый преобразователь (ЦАП), порты ввода (вывода), операционно-запоминающее устройство (ОЗУ), ключи и приводы исполнительных устройств, исполнительные устройства ( $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ ), устройство ввода/вывода, например монитор, клавиатура и генераторы холода, теплоты и струй.

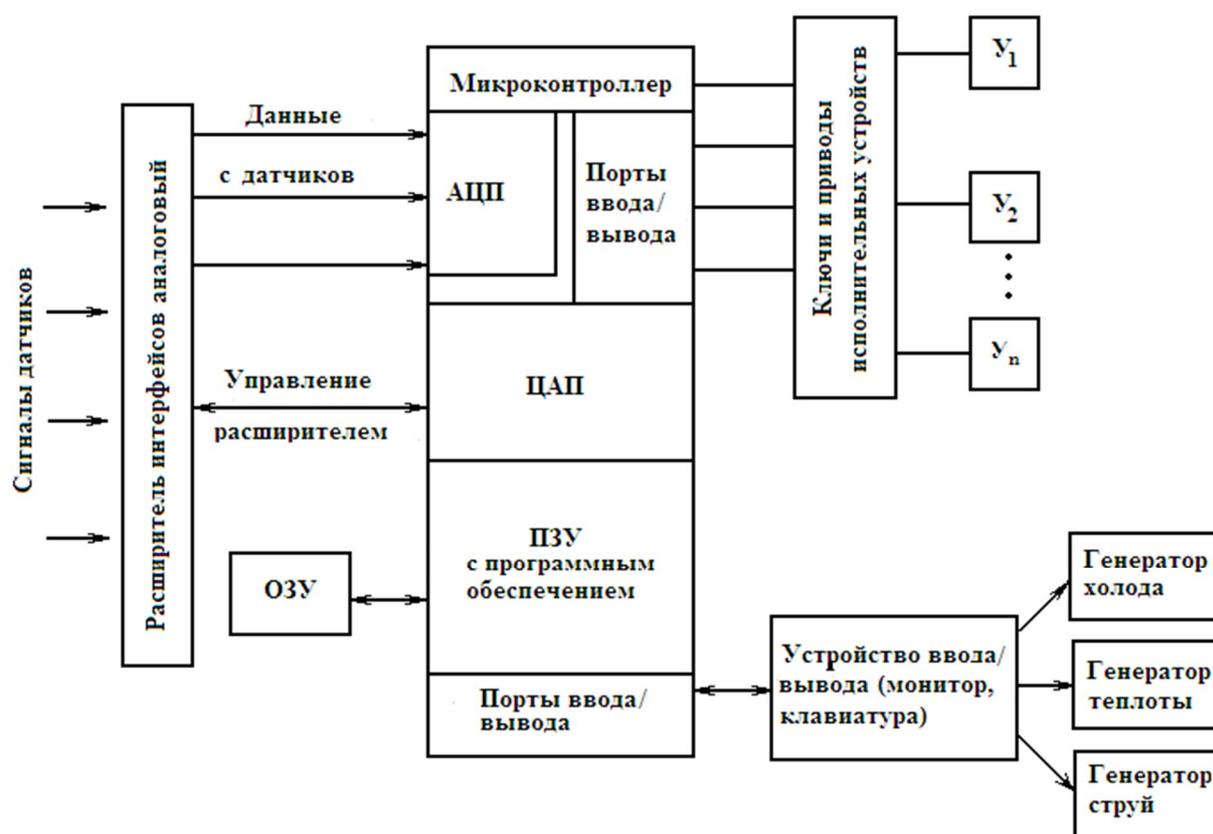


Схема регулирования теплового воздействия на оператора в кабине МЭС

Расширитель интерфейсов первично воспринимает сигналы датчиков обеих групп, обрабатывает и направляет их к микроконтроллеру, выполняющему роль процессора. Микроконтроллер полученные сигналы преобразует в аналоговые или цифровые. Для этого микроконтроллер содержит блок АЦП.

Дополняющими электронными элементами для контроллера являются (ПЗУ) с программным обеспечением и порты ввода и вывода информации. На схеме (см. рис.) показано наличие ОЗУ, которое может входить в микроконтроллер либо подключаться отдельно. Далее сигналы направляются на заключительные элементы схемы в виде блока ключей и приводов исполнительных устройств. Исполнительными устройствами могут быть монитор, клавиатура, смартфон (на схеме не показан). Эти устройства позволяют оператору задавать желаемые параметры регулирования вручную. Для работы исполнительных устройств предусмотрены элементы  $У_1, У_2, \dots У_n$ , совмещенные с датчиками температуры, эргономических затрат, точек потоотделения и т. д. Устройство ввода передает сигналы и регулирует подачу холодного воздуха (генератор холода), теплого воздуха (генератор теплоты) и интенсивность обдува (генератор струй).

Таким образом, стремление к получению средств нормализации микроклимата и ограничение теплового воздействия на оператора МЭС требует достаточно серьезного подхода к организации сбора и обработки всесторонней информации как о самом объекте, так и о среде его применения. Таким подходом является предложенная авторами, схема регулирования теплового воздействия на оператора МЭС. Схема регулирования теплового воздействия на оператора в кабине МЭС определяет начальные условия для математического моделирования нестационарного процесса теплообмена энергией излучения.

В этом случае вполне достаточным является наличие единственного, например вращающегося, датчика инсоляции, отвечающего лишь за объективное восприятие потока солнечных лучей. Тогда, зная направление лучистого потока, падающего как на светопрозрачные, так и непрозрачные элементы кабины, математическая модель вырабатывает описание термического поля в полном объеме и на поверхности самого оператора. Отслеженная таким образом величина падающей энергии на оператора является исходным фактором для работы применяемых средств по ее нормализации. В этом случае оператор остается совершенно свободным от размещения на поверхности его тела датчиков и приспособлений для высокой степени объективности информации.

Технические предпосылки, представленные в данной статье, дают возможность дальнейшего развития энергетических и экологических средств и методов нормализации микроклимата с постановкой новых задач как теоретических, так и экспериментальных.

### **Вывод**

Предложенная электронная логическая схема восприятия и обработки информации может быть органически встроена в математическую модель, адекватно описывающую всю энергетику взаимодействия кабины МЭС как физического тела с различными источниками излучения. Данная система, являющаяся примером цифровой электроники, имеет преимущества по точности и стабильности по сравнению с аналоговыми устройствами.

## Библиографический список

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. Журавец И.Б. Солнцезащита кабин мобильных энергетических средств : монография / И.Б. Журавец, С.З. Манойлина – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. – 231 с.
4. Журавец И.Б. Экологичные системы микроклимата в кбинах мобильных энергетических средств : монография / И.Б. Журавец, М.А. Журавец, С.З. Манойлина. – Воронеж : ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2015. – 271 с.
5. Лукьянов Б.В. Микропроцессорная техника в АПК / Б.В. Лукьянов. – Москва : Росагропромиздат, 1988. – 319 с.
6. Микропроцессорные контроллеры в системах автоматического регулирования / Г.Г. Иордан, Н.М. Курносков, М.Г. Козлов и др. // Приборы и системы управления. – 1981. – № 2. – С. 45–47.
7. Соснин Д.А. Автотроника. Электрооборудование и системы бортовой автоматики современных легковых автомобилей : учеб. пособие / Д.А. Соснин. – Москва : СОЛОН-Р, 2001. – 272 с.
8. Техническая термодинамика и теплопередача : учеб. пособие / А.В. Делков, М.Г. Мелкозеров, Д.В. Черненко, Ю.Н. Шевченко. – Красноярск : СибГУ им. академика М.Ф. Решетнёва, 2020. – 102 с.
9. Хохряков, В.П. Вентиляция, отопление и обеспыливание воздуха в кбинах автомобилей / В.П. Хохряков. – Москва : Машиностроение, 1987. – 150 с.
10. Чубинский С.М. Лучи солнца и действие их на организм человека / С.М. Чубинский. – Москва : Медгиз, 1959. – 215 с.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Андрей Викторович Ворохобин – кандидат технических наук, доцент кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: dogruzka@rambler.ru.

Игорь Борисович Журавец – кандидат технических наук, доцент кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: car205@agroeng.vsau.ru.

Светлана Зиновьевна Манойлина – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: car205@agroeng.vsau.ru.

Евгений Дмитриевич Золотых – старший преподаватель кафедры эксплуатации и ремонта средств аэродромно-технического обеспечения полетов ФГКВУ ВО «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж) Министерства обороны Российской Федерации, Россия, г. Воронеж, e-mail: zoloto 1972@mail.ru.

Дата поступления в редакцию 18.08.2021

Дата принятия к печати 28.09.2021

## AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Andrey V. Vorokhobin, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: car205@agroeng.vsau.ru.

Igor B. Zhuravets, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: car205@agroeng.vsau.ru.

Svetlana Z. Manolina, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: car205@agroeng.vsau.ru.

Evgeniy D. Zolotykh, Senior Lecturer, the Dept. of Operation and Repair of Airfield and Technical Support of Flights, Military Educational and Scientific Centre of the Air Force N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy (Voronezh) the Ministry of Defence of the Russian Federation, Russia, Voronezh, e-mail: zoloto 1972@mail.ru.

Received August 18, 2021

Accepted after revision September 28, 2021