

4.3.1. ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА
(ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 621.431

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2024_4_132

EDN: JUATIS

**Создание равномерной температурной стабилизации
в кабине оператора мобильного энергетического средства**

**Андрей Викторович Ворохобин^{1✉}, Светлана Зиновьевна Манойлина²,
Юрий Федорович Устинов³**

^{1,2} Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
Воронеж, Россия

³ Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия

¹ dogruzka@rambler.ru[✉]

Аннотация. Стабилизация температурно-влажностных параметров в кабине оператора мобильного энергетического средства (МЭС) имеет первостепенное значение, т.к. частая смена режимов перегрева и переохлаждения приводит к отрицательным последствиям, на фоне которых могут развиваться самые различные патологии. Задача создания равномерной температурной стабилизации в кабине МЭС полностью не решена. Целью исследования является обоснование вариантов повышения экономичности при производстве холода за счет равномерности охлаждения тела оператора в процессе выполнения основных технологических приемов. Предлагается техническое решение, направленное на устранение теплоизбытков в кабине оператора МЭС. Техническое исполнение предлагаемого устройства обеспечено наличием компрессорно-конденсаторной холодильной установки. Сжатый в компрессоре хладагент сжижается в конденсаторе и после расширительного клапана выкипает в испарителе, имеющем развитую поверхность теплообмена, через которую прокачивается вентилятором воздух для обеспечения дыхания и охлаждения верхней зоны тела оператора, а также для направления потока охлажденного воздуха в нижнюю зону. Потоки, направляемые в усеченные конуса, регулируются вручную их поворотами, а для нижней зоны – поворотами сопел. Температурное состояние спинки и основания сидения оценивается термометрами и регулируется поворотом рукояток изобарно-изотермических клапанов. При работе предлагаемого устройства обеспечивается подача холодного потока соответствующей температуры в зависимости от индивидуальных требований оператора. Даны конкретные рекомендации по выбору хладагента, обеспечивающие повышение хладопроизводительности процесса и позволяющие установить оптимальный температурный режим тела оператора в зависимости от его индивидуальных особенностей за счет равномерности охлаждения. Представленные технические решения дают возможность дальнейшего развития тематики по стабилизации температурного режима в кабине оператора МЭС.

Ключевые слова: теплоизбытки, мобильное энергетическое средство, равномерное охлаждение, кабина, хладагент, температурная стабилизация, хладопроизводительность процесса

Для цитирования: Ворохобин А.В., Манойлина С.З., Устинов Ю.Ф. Создание равномерной температурной стабилизации в кабине оператора мобильного энергетического средства // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2024. Т. 17, № 4(83). С. 132–139. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2024_4_132-139.

4.3.1. TECHNOLOGIES, MACHINERY AND EQUIPMENT
FOR AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX (ENGINEERING SCIENCES)

Original article

**Creation of uniform temperature stabilization
in the operator's cabin of a mobile energy vehicle**

Andrey V. Vorokhobin^{1✉}, Svetlana Z. Manoylina², Yuriy F. Ustinov

^{1,2} Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

³ Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

¹ dogruzka@rambler.ru[✉]

Abstract. Stabilization of temperature and humidity parameters in the operator's cabin of a mobile energy vehicle (MEV) is of great importance, since frequent changes in overheating and hypothermia modes lead to negative consequences, against which a variety of pathologies can develop. The task of creating uniform temperature

stabilization in the MEV cabin has not been completely solved. The aim of the study was to develop prerequisites for increasing efficiency in the production of cold due to the uniformity of cooling of the operator's body during the execution of basic technological practices. A technical solution is proposed aimed at eliminating heat surpluses in the cabin of the MEV operator. The technical design of the proposed device is provided by the presence of a compressor and condenser refrigeration unit. The refrigerant pressurized in the compressor is liquefied in a condenser and, after the expansion valve, boils off in an evaporator having a developed heat exchange surface through which air is pumped by a fan to provide respiration and cooling of the upper zone of the operator's body, as well as to direct the flow of cooled air to the lower zone. The flows directed into the truncated cones are manually adjusted by turning them, and for the lower zone by turning the nozzles. The temperature condition of the backrest and seat base is assessed by thermometers and adjusted by turning the handles of the isobaric-isothermal valves. During operation of the proposed device, a cold stream of the appropriate temperature is provided, depending on the individual requirements of the operator. Specific recommendations are given on the choice of refrigerant, ensuring an increase in the cooling capacity of the process and allowing the optimal temperature regime of the operator's body to be set depending on its individual characteristics due to the uniformity of cooling. The presented technical prerequisites make it possible to further develop the topic of temperature stabilization in the operator's cabin of a mobile energy vehicle.

Keywords: heat surpluses, mobile energy vehicle, uniform cooling, cabin, refrigerant, temperature stabilization, cooling capacity of the process

For citation: Vorokhobin A.V., Manoylina S.Z., Ustinov Yu.F. Creation of uniform temperature stabilization in the operator's cabin of a mobile energy vehicle. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2024;17(4):132-139. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2024_4_132-139.

Введение

Системы кондиционирования наземных транспортно-технологических средств являются в настоящее время активно развивающимся инновационным сегментом инженерных систем автономных транспортных объектов. Объем российского рынка климатической техники, в том числе транспортной, по данным Ассоциации предприятий индустрии климата, за последние десять лет увеличился более чем в 10 раз, продолжает ежегодно расти с темпом 12–15% и по оптимистичному сценарию может достигнуть 30% [7].

Такой бурный рост климатической техники объясняется рядом причин. Прежде всего это рост требований к качеству жизни. Здоровый образ жизни становится не только личным выбором, но и во многих случаях частью «корпоративной культуры» работодателя. Второе – это ухудшение качества окружающей среды вследствие урбанизации, автомобилизации и глобальных климатических изменений. Формирование комфортных параметров среды в кабине транспортного средства – одна из основных функций систем жизнеобеспечения. Создание комфортной среды в кабине мобильного энергетического средства (МЭС) предполагает возможность поддержания таких индивидуальных параметров микроклимата, как температура, влажность, подвижность, газовый состав воздуха, его загрязненность аэрозолями, акустическое давление, инсоляция и освещенность кабины (салона) при безусловном соблюдении санитарно-гигиенических норм и требований [2].

Систему кондиционирования воздуха на транспорте можно рассматривать как единый комплекс инженерных подсистем (вентиляции, отопления, охлаждения и др.), обеспечивающих поддержание требуемых параметров внутренней среды кабины транспортного средства вне зависимости от внешних климатических условий с учетом теплофизических характеристик ограждающих конструкций [1].

Совершенствование климатической техники на транспорте возможно по следующим направлениям:

- повышение энергетической эффективности за счет улучшения характеристик рабочих веществ (хладагентов и абсорбентов);
- использование приводов с частотным регулированием из антифрикционных композитных материалов;
- оптимизация систем управления климатической техникой на основе методов нечеткой логики.

Сам процесс кондиционирования является достаточно сложным, требующим не только локализации и нейтрализации падающих и проникающих лучистых потоков, но и стабилизации температурно-влажностных параметров в кабине МЭС.

Переохлаждение тела оператора, а также частая смена перегрева и переохлаждения могут привести к серьезным заболеваниям и осложнениям. Заболевания верхних дыхательных путей, хронические болезни носовых полостей, неврит, аллергические реакции, шейный миозит, паралич Белла – это неполный список наиболее часто встречающихся заболеваний, которые возникают из-за систем кондиционирования [3, 5], в том числе и на транспорте. Иногда неприятные последствия переохлаждения остаются на всю жизнь в виде хронических болезней. Поэтому создание равномерной температурной стабилизации в кабине МЭС в настоящее время является актуальной задачей.

Значительное число исследований было посвящено проблеме кондиционирования кабин транспортных средств [4, 6, 8, 9], создано достаточно большое количество технических решений (устройств), предназначенных для повышения равномерности охлаждения тела оператора, которые имели существенные минусы:

- недостаточно экономичное производство холода, нуждающееся в дополнительном подмешивании наружного или подкапотного воздуха при регулировании температуры, что приводит к частичному непроизводительному выбросу избыточного холода;
- переохлаждение всего объема кабины МЭС вследствие существенной инерционности системы, регулирующей температуру, что приводит к переохлаждению элементов кабины и тела оператора и вызывает регулярные простудные явления;
- недостаточно эффективное направление охлаждающего потока в нижнюю зону тела оператора (зону ног).

Обобщенный анализ предыдущих исследований показывает, что оптимальность конструирования устройств кондиционирования в кабине МЭС не достигнута.

Целью исследования является обоснование вариантов повышения экономичности при производстве холода за счет равномерности охлаждения тела оператора в процессе выполнения основных технологических приемов.

Предмет исследования – аналитические расчеты основных технических параметров хладагента устройства, исключающего переохлаждение тела оператора МЭС в зависимости от требуемых перспективных результатов. Для устранения существующих недостатков, повышения экономичности при производстве холода, предотвращения переохлаждения тела оператора авторами предлагается устройство для устранения теплоизбытков в кабине оператора МЭС [10].

Техническим результатом применения такого устройства является получение температуры кипения, близкой к оптимальной, за счет чего устраняется переохлаждение тела оператора и исключается необходимость подмешивания теплого воздуха при регулировании температуры салона.

На рисунке 1 представлены основные элементы устройства для устранения теплоизбытков в кабине оператора МЭС; на рисунке 2 – принципиальная схема охладителя кондиционера предлагаемого устройства; на рисунке 3 – изобарно-изотермический клапан управления процессами кипения в испарителях.

Охлажденный воздух, предназначенный в первую очередь для охлаждения верхней части тела оператора МЭС и его дыхания, направляется в регулируемую систему усеченных конусов 1 (рис. 1) и далее через трубопровод охлаждения с соплами 2 для охлаждения нижней части и зоны ног. Усеченные конуса крепятся к кабине при помощи несущего элемента – кронштейна 16 (рис. 2).

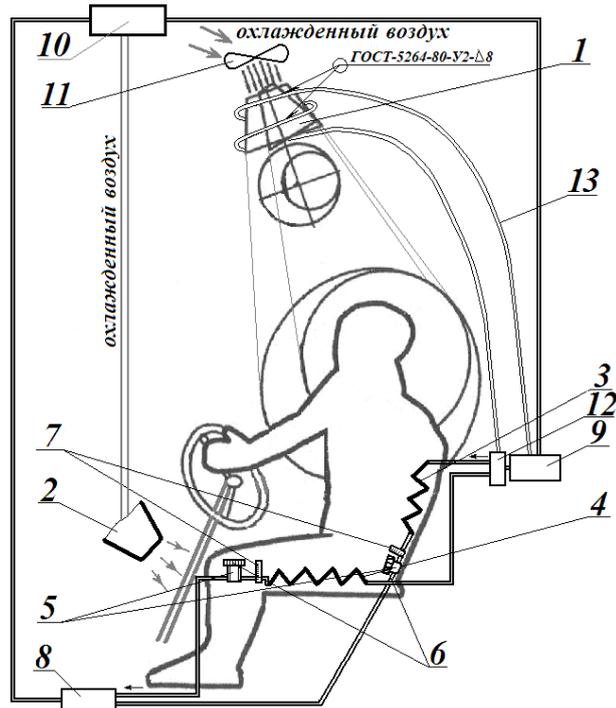


Рис. 1. Основные элементы устройства для устранения теплоизбытков в кабине оператора МЭС:
 1 – усеченные конуса; 2 – сопло; 3 – змеевик испарителя в спинки; 4 – змеевик испарителя в основании сидения; 5 – изобарно-изотермический клапан; 6 – рукоятка; 7 – термометр; 8 – компрессор; 9 – конденсатор; 10 – испаритель; 11 – вентилятор; 12 – тройник; 13 – трубопровод

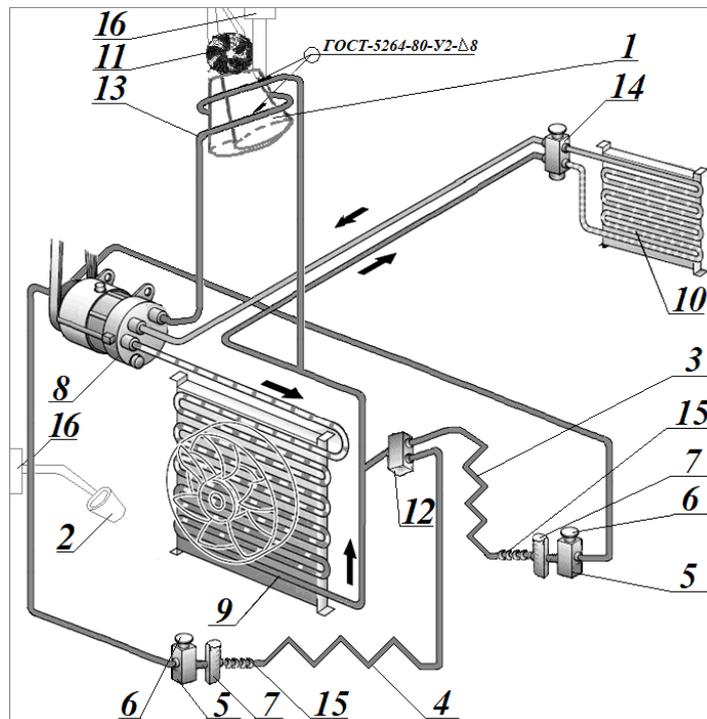


Рис. 2. Принципиальная схема охладителя кондиционера устройства для устранения теплоизбытков в кабине оператора МЭС: 1 – усеченные конуса; 2 – сопло; 3 – змеевик испарителя в спинке сидения; 4 – змеевик испарителя в основании сидения; 5 – изобарно-изотермический клапан; 6 – рукоятка; 7 – термометр; 8 – компрессор; 9 – конденсатор; 10 – испаритель; 11 – вентилятор; 12 – тройник; 13 – трубопровод; 14 – расширительный клапан; 15 – капиллярная трубка; 16 – кронштейн

Равномерность температурной стабилизации тела оператора обеспечивается направлением хладагента в змеевик испарителя в спинке 3 и змеевик испарителя в основании сидения 4. Изобарно-изотермический клапан 5 управляется рукояткой 6 и содержит пружину (рис. 3), мембрану, конус, коническое седло. Оператор вручную осуществляет регулирование температуры кипения и давления хладагента. Температурное состояние, режим работы и интенсивность кипения контролируются термометрами 7 (рис. 1), встроенными в спинку и в основании сидения. Термометры выполняют функцию контрольного наблюдения оператора за двумя параметрами: температурой кипения и временем выхода на установленный режим после регулирования. Оба параметра имеют первостепенное значение для установления уровня охлаждения спинки в основании сидения и оценки времени отклика, т. е. времени релаксации, наступления установившегося режима охлаждения. Указанное время может быть использовано для установления опережающего режима управления.

Непосредственно холод производится в компрессорно-конденсаторном агрегате, имеющем компрессор 8, конденсатор 9, испаритель 10, расширительный клапан 14 (рис. 2), капиллярную трубку 15, объединенные в единое целое управляемыми дроссель-клапанами. Сжиженный в конденсаторе 9 хладагент по отдельному трубопроводу направляется в расширительный клапан 14 и далее в испаритель 10, где выкипает в условиях сформированного этим клапаном давления при соответствующей температуре. Полученный в испарителе 10 холод реализуется направлением охлажденного потока воздуха в кабину с помощью вентилятора 11. Он же обеспечивает подачу воздуха по трубопроводу охлаждения с соплами 2 в зону ног. Дополнительно количество хладагента через тройник 12 направляется в змеевик испарителя в спинке 3 и змеевик испарителя в основании сидения 4.

Основные элементы устройства (компрессор, конденсатор, испаритель, змеевики охлаждения спинки и сидения, изобарно-изотермические клапаны, усеченные конусы) конструктивно связаны в единое целое трубопроводами неразъемного соединения 13 (рис. 1, рис. 2) при помощи сборочной операции сварки. Трубопровод 13 огибает конусы петель, с прогибом, обеспечивающим подвижность конусов при изменении их положения.

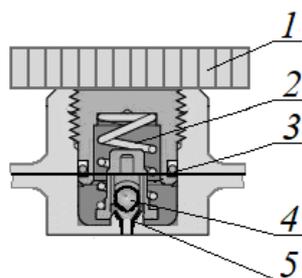


Рис. 3. Изобарно-изотермический клапан управления процессами кипения в испарителях:
1 – рукоятка; 2 – пружина; 3 – мембрана; 4 – запорный конус; 5 – коническое седло

Изобарно-изотермический клапан (рис. 3) имеет пружину с переменной величиной жесткости затяжки, регулируемой рукояткой, мембрану, запорный конус, размещенный в коническом седле при запирации. Работа клапана заключается в изменении жесткости пружины посредством винтового приспособления, выведенного на рукоятку. При этом меняется давление хладагента, действующее на мембрану, передающее усилие на пружину, которая сжимается и приподнимает конус клапана над его седлом. Через это проходное сечение происходит всасывание хладагента в компрессор. Клапан работает таким образом, что при ослаблении пружины температура кипения понижается, при сжатии пружины – повышается.

Техническое исполнение предлагаемого устройства для устранения теплоизбытков в кабине оператора МЭС обеспечено наличием компрессорно-конденсаторной холодильной установки. Сжатый в компрессоре хладагент сжижается в конденсаторе и после расширительного клапана выкипает в испарителе, имеющем развитую поверхность теплообмена, через которую прокачивается вентилятором воздух для обеспечения дыхания и охлаждения верхней зоны тела оператора (голова и грудь), а также для направления потока охлажденного воздуха в нижнюю зону (зону ног). Потоки, направляемые в усеченные конуса, регулируются вручную их поворотами, а для нижней зоны – поворотами сопел. Температурное состояние спинки и основания сидения оценивается термометрами и регулируется поворотом рукояток изобарно-изотермических клапанов.

Работа устройства для устранения теплоизбытков в кабине МЭС обеспечивает подачу холода соответствующей температуры в зависимости от индивидуальных требований оператора.

Результаты и их обсуждение

Результатом настоящего исследования являются рекомендации по выбору хладагента, повышающего хладопроизводительность процесса и позволяющего снизить переохлаждение тела оператора МЭС.

Необходимо отметить, что в большинстве кондиционеров МЭС используются хладагенты, термодинамически предназначенные для кипения при низких значениях температуры и давления, что не является оптимальным вариантом для применения непосредственно в сиденье, контактирующем с телом оператора, из-за явного переохлаждения. В связи с этим целесообразным является применение хладагентов, для которых термодинамическая связь между температурой кипения и требуемой температурой при контакте с телом оператора является более близкой, например при замене фреона R134a на фреон R600a.

Для сравнения приведем значения температуры кипения:

- а) при давлении $P = 0,1$ бар:
 - для фреона R134a $t_{\text{кип.}} = -23$ °C;
 - для фреона R600a $t_{\text{кип.}} = -10$ °C;
- б) при $P = 1$ бар:
 - для фреона R134a $t_{\text{кип.}} = -10$ °C;
 - для фреона R600a $t_{\text{кип.}} = 7$ °C;
- в) при $P = 2$ бар:
 - для фреона R134a $t_{\text{кип.}} = 4$ °C;
 - для фреона R600a $t_{\text{кип.}} = 20$ °C.

В случае необходимости получения более высокотемпературного холода возможно использование процесса изобарно-изотермического кипения хладагента при более высоких давлениях, что может быть обеспечено повышением давления в объеме испарителей с помощью регулирующих клапанов. Например, при использовании в качестве хладагента фреона R-600a такими клапанами целесообразно обеспечивать давление кипения в диапазоне 0,1–2 бар. Обеспечение сухого хода компрессора в этих случаях достижимо направлением выходящих паров через теплообменник, установленный, например, за конденсатором (на принципиальной схеме, рис. 2, не показан).

Техническая особенность данного устройства заключается в достижении более равномерной подачи охлажденного воздуха как в зону дыхания и охлаждения верхней части тела оператора (голова и грудь), так и в нижнюю часть (зону ног). Кроме того, данное устройство позволяет получить более высокотемпературный холод, что целесообразно для использования в спинке основания сидения, а также исключить для этой цели подмешивание внешнего или подкапотного воздуха. Тем более что получение холода термодинамически наиболее выгодно в том случае, если температура кипения хладагента при данных условиях выше.

Об этом свидетельствует оценочный критерий, называемый холодильным коэффициентом

$$\xi = \frac{q_2}{q_{\text{ЗАТР}}},$$

где q_2 – холодопроизводительность;
 $q_{\text{ЗАТР}}$ – затрачиваемая работа.

Холодильный коэффициент тем меньше, а следовательно, удельные энергозатраты цикла тем больше, чем ниже температура кипения. Поскольку в устройстве для устранения теплоизбытков в кабине МЭС предлагается преднамеренное изменение температуры кипения, в том числе ее повышение, то при этом энергозатраты будут уменьшаться, а эффективность цикла – возрастать.

Хладон R600a (фреон R600a) – это природный газ изобутан, который является полностью безопасным для озонового слоя атмосферы и не способствует развитию парникового эффекта. Благодаря эксплуатационным характеристикам востребован для заправки в контуры бытовых холодильных агрегатов, а также кондиционеров, установленных на мобильных фургонах.

Необходимо отметить основные достоинства фреона (хладагента) R600a [11, 12].
 Экологические преимущества:

- является чистым (простым) веществом без синтетических компонентов, относительно устойчивым газом;

- отсутствуют свойства разрушения озонового слоя (коэффициент ODP = 0);

- отличается низким потенциалом влияния на парниковый эффект (GWP = 0,001).

Эксплуатационные преимущества:

- обладает высоким холодильным коэффициентом, что уменьшает энергопотребление БХП;

- характеризуется низким рабочим давлением, вследствие чего холодильные агрегаты являются сравнительно малозумными;

- конструктивно предусмотрен длительный расчетный срок службы в составе установки (более 20 лет);

- может использоваться в смесевых хладагентах (C1 = R152 + R600a; R290/R600);

- хорошо растворяется в минеральном масле;

- может заправляться в существующие системы.

Заключение

Предложенные конкретные рекомендации по выбору хладагента повышают холодопроизводительность процесса, позволяют предотвратить переохлаждение тела оператора МЭС за счет равномерности его охлаждения в процессе выполнения основных технологических приемов. Окончательно конструктивное предложение для практического использования в производстве может быть выработано на основании дополнительных экспериментальных исследований.

Список источников

1. 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. Набережные Челны, 2005. 157 с.
2. Ворохобин А.В., Журавец И.Б., Манойлина С.З. и др. Термическая стабилизация микроклимата в кабине сельскохозяйственного мобильного энергетического средства // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14, № 3(70). С. 64–70. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2021_3_64.
3. Высоцкая Е.А., Корнев А.С., Полковников Е.В. Негативное воздействие систем кондиционирования воздуха на организм человека // Наука вчера, сегодня, завтра: материалы научно-практической конференции (Воронеж, 05–09 сентября 2016 г.). Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2016. С. 212–217.
4. Матюхин Л.М. Теплотехнические устройства автомобилей: учебное пособие. Москва: МАДИ, 2009. 360 с.
5. Пять болезней, которые могут возникнуть от кондиционера [Электронный ресурс]. URL: <https://newsarmenia.am/news/society/pyat-bolezney-kotorye-mogut-vozniknut-ot-konditsionera> (дата обращения: 19.02.2020).
6. Распределитель потока воздуха: патент 91695 Рос. Федерация. № 2009131909; заявл. 24.08.2009; опубл. 27.02.2010, Бюл. № 6. 5 с.

7. Состояние и перспективы развития систем кондиционирования воздуха [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-i-perspektivy-razvitiyasistem-konditsionirovaniya-vozduha/viewer> (дата обращения: 21.05.2024).

8. Установка для кондиционирования воздуха транспортного средства: патент 1572839 Рос. Федерация. № 4270749; заявл. 05.05.1987; опубл. 23.06.1990. 6 с.

9. Устройство для защиты кабины от перегрева и воздействия прямой солнечной радиации: а. с. 330994 СССР. № 1374506/30-15, заявл. 24.11.1969; опубл. 07.03.1972, Бюл. № 17. 2 с.

10. Устройство для устранения теплоизбытков в кабине оператора мобильного энергетического средства: патент 217990 Рос. Федерация. № 2023102138; заявл. 31.01.2023; опубл. 28.04.2023, Бюл. № 13. 6 с.

11. Хладагент 600а и особенности работы с ним. Ч. 1 [Электронный ресурс]. URL: https://www.radioradar.net/repair_electronic_technics/repair_home_appliances/hladogent_r600a.html (дата обращения: 21.05.2024).

12. Цветков О.Б., Лаптев Ю.А. Техника низких температур в условиях новой парадигмы энергетического перехода // Холодильная техника. 2022 Т. 111, № 1. С. 53–54. DOI: 10.17816/RF109436.

References

1. Basyrov R.R. The choice of structural elements of a passenger car of a particularly small class according to the criterion of comfort of the air environment in the cabin: Candidate Dissertation in Engineering Sciences: 05.05.03. Naberezhnye Chelny; 2005. 157 p. (In Russ.).

2. Vorokhobin A.V., Zhuravets I.B., Manolina S.Z. et al. Thermal stabilization of the microclimate in the cabin of mobile energy machinery used in agriculture. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2021;14(3)64-70. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2021_3_64. (In Russ.).

3. Vysotskaya E.A., Kornev A.S., Polkovnikov E.V. The negative impact of air conditioning systems on the human body. In: Science: Yesterday, Today, Tomorrow: Proceedings of Research-to-Practice Conference (Voronezh, 05-09 September, 2016). Voronezh: Voronezh State Agrarian University Publishers; 2016:212-217. (In Russ.).

4. Matyukhin L.M. Thermal engineering devices of cars: study guide. Moscow: Moscow Automobile and Road Construction Institute (MADI) Publishers; 2009. 360 p. (In Russ.).

5. Five diseases that can occur from an air conditioner. URL: <https://newsarmenia.am/news/society/pyat-bolezney-kotorye-mogut-vozniknut-ot-konditsionera>. (In Russ.).

6. Air flow distributor: patent 91695 Russian Federation. No. 2009131909; claimed 24.08.2009; published 27.02.2010, Bulletin 6. 5 p. (In Russ.).

7. The state and prospects of development of air conditioning systems. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-i-perspektivy-razvitiyasistem-konditsionirovaniya-vozduha/viewer>. (In Russ.).

8. Vehicle air conditioning unit: patent 1572839 Russian Federation. No. 4270749; claimed 05.05.1987; published 23.06.1990. 6 p. (In Russ.).

9. Device for protecting the cabin from overheating and direct solar radiation: Inventor's Certificate 330994 USSR. No. 1374506/30-15, claimed 24.11.1969; published 07.03.1972, Bulletin 17. 2 p. (In Russ.).

10. Device for eliminating heat surpluses in the operator's cabin of a mobile energy vehicle: patent 217990 Russian Federation. No. 2023102138; claimed 31.01.2023; published 28.04.2023, Bulletin 13. 6 p. (In Russ.).

11. Refrigerant 600a and the specifics of operating with it. Part 1. URL: https://www.radioradar.net/repair_electronic_technics/repair_home_appliances/hladogent_r600a.html. (In Russ.).

12. Tsvetkov O.B., Laptev Yu.A. Low-temperature technology in the context of a new energy transition paradigm. *Refrigeration Technology*. 2022;111(1):53-54. DOI: 10.17816/RF109436. (In Russ.).

Информация об авторах

А.В. Ворохобин – кандидат технических наук, доцент кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», dogrutzka@rambler.ru.

С.З. Манойлина – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», car205@agroeng.vsau.ru.

Ю.Ф. Устинов – доктор технических наук, профессор кафедры строительной техники и инженерной механики им. профессора Н.А. Ульянова ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», ustinov@vgasu.vrn.ru.

Information about the authors

A.V. Vorokhobin, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, dogrutzka@rambler.ru.

S.Z. Manoylina, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, car205@agroeng.vsau.ru.

Yu.F. Ustinov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Construction Equipment and Engineering Mechanics named after Professor N.A. Ulyanov, Voronezh State Technical University, ustinov@vgasu.vrn.ru.

Статья поступила в редакцию 05.08.2024; одобрена после рецензирования 25.09.2024; принята к публикации 10.10.2024.

The article was submitted 05.08.2024; approved after reviewing 25.09.2024; accepted for publication 10.10.2024.

© Ворохобин А.В., Манойлина С.З., Устинов Ю.Ф., 2024
