

Научная статья

УДК 629.114.2.011.5:62-784.2

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_3_19

Жалюзийная защита от избыточной инсоляции кабины МЭС

Андрей Викторович Ворохобин^{1✉}, Игорь Борисович Журавец²,
Светлана Зиновьевна Манойлина³, Евгений Дмитриевич Золотых⁴

^{1,2,3}Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия

⁴Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» Министерства обороны Российской Федерации, Воронеж, Россия

¹dogruzka@rambler.ru✉

Аннотация. В современных мобильных энергетических средствах (МЭС) применяются различные устройства для комфортной и безопасной работы операторов. Однако проблема локализации и нейтрализации падающих и проникающих лучистых потоков в кабину на сегодняшний день полностью не решена. Как известно, инсоляция отрицательно влияет на организм оператора, особенно на органы зрения. Целью исследования является обоснование технического решения для регулирования и нейтрализации избыточной проникающей инсоляции при выполнении различных технологических операций мобильным энергетическим средством. Предлагается конструкция жалюзийных пластин и средств их технической реализации, обеспечивающих полную защиту стекла от оптического излучения любого направления в дополнение к системе кондиционирования в кабине МЭС. Обоснована логическая схема устройства защиты глаз от избыточного оптического излучения лобового стекла кабины за счет введения в конструкцию электронного блока управления. Получено аналитическое выражение для расчета минимальной ширины перекрытия одной пластины относительно другой, выступающей за ось, части пластины жалюзи. Расчетные исследования величины численного значения минимальной ширины перекрытия пластин в зависимости от возможного шага их монтажа на лобовое стекло проведены на примере трактора John Deere 6В. Выявлено, что при увеличении шага расположения пластин минимальная ширина их перекрытия увеличивается по линейной зависимости. Предлагаемая методика позволяет определить минимальную ширину перекрытия в практическом диапазоне изменения наклона лобового стекла в зависимости от среднего угла его наклона. Эта зависимость представляется полиномиальным уравнением второй степени.

Ключевые слова: инсоляция, техническое устройство, жалюзийная защита, регулирование лучистых потоков, нейтрализация

Для цитирования: Ворохобин А.В., Журавец И.Б., Манойлина С.З., Золотых Е.Д. Жалюзийная защита от избыточной инсоляции кабины МЭС // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15, № 3(74). С. 19–25. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_3_19–25.

TECHNOLOGIES AND MECHANICAL MEANS IN AGRICULTURE (ENGINEERING SCIENCES)

Original article

Louvered protection against excessive insolation of the cabin of mobile energy unit

Andrey V. Vorokhobin^{1✉}, Igor B. Zhuravets², Svetlana Z. Manoylina³, Evgeniy D. Zolotykh⁴

^{1,2,3}Voronezh State Agrarian University after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

⁴Military Educational and Scientific Centre of the Air Force N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy of the Ministry of Defence of the Russian Federation, Voronezh, Russia

¹dogruzka@rambler.ru✉

Abstract. In modern mobile energy units (MEU), various devices are used to create comfortable and safe working conditions for operators. However, the problem of localization and neutralization of incident and penetrating radiant streams into the cabin has not been completely solved as of yet. Famously, insolation negatively affects the human body, especially the organs of vision. The purpose of the study is to substantiate a technical solution for regulating and neutralizing excessive penetrating insolation when a mobile energy unit is performing various technological operations. The authors proposed the design of louvered plates and means of their technical implementation, providing full protection of glass from optical radiation of any direction in addition to the air conditioning system in the cabin of MEU; substantiated the logical scheme of the eye protection device from excessive optical radiation of the cab windscreen

due to electronic control unit introduction into the design; obtained an analytical expression for calculating the minimum cutoff width of one plate relative to the other, protruding beyond the axis of the part of the louvered plate; carried out computational studies of the numerical value of the minimum cutoff width of the plates, depending on the possible step of their installation on the windscreen with special references to John Deere 6B tractor; revealed that with an increase in plates spacing, the minimum width of their overlap increased linearly. The proposed technique makes it possible to determine the minimum overlap width in the practical range of changes in the inclination of the windscreen, depending on the average angle of its inclination. This dependence is represented by a polynomial equation of the second degree.

Keywords: insolation, technical device, louvered protection, regulation of radiant flow, neutralization

For citation: Vorokhobin A.V., Zhuravets I.B., Manoylina S.Z., Zolotykh E.D. Louvered protection against excessive insolation of the cabin of mobile energy unit. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022;15(3):19-25. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_3_19-25.

Введение
Современные мобильные энергетические средства (МЭС) оснащаются различными устройствами для комфортной и безопасной работы операторов, среди которых значительное место занимают технические устройства кондиционирования воздуха внутри кабины. Сам процесс кондиционирования является весьма непростым, требующим не только стабилизации температурно-влажностных параметров, но и локализации и нейтрализации падающих и проникающих лучистых потоков [2, 3], в первую очередь – солнечных лучей, то есть проникающей инсоляции. Как известно, в разные периоды дня потоки этой энергии могут быть настолько существенными, что способны приводить оператора МЭС в состояние перенапряженности и ослепления вплоть до полуобморока [1, 10]. При этом даже эффективно организованная подача прохладного воздуха в зону дыхания и головы оператора не может полностью решить данную проблему.

Несмотря на наличие значительного количества технических решений, направленных на ограничение энергии потока солнечных лучей за счет применения жалюзийных решеток в виде пластин с переменной прозрачностью, снабженных специальными приводами, различных многослойных конструкций самих пластин и др. [4–9], задача рациональной защиты от проникающей инсоляции полностью, безусловно, не решена. Обобщенный анализ существующих исследований показывает, что оптимальность конструирования таких устройств не достигнута.

Цель исследования – обосновать способы регулирования и нейтрализации избыточно проникающей инсоляции непосредственно на оператора МЭС в процессе выполнения основных технологических работ.

Главной задачей исследования является разработка конкретного технического устройства полной защиты стекла от оптического излучения любого направления в дополнение к системе кондиционирования в кабине МЭС.

Методами исследований являются аналитические расчеты основных технических параметров такого устройства в зависимости от требуемых перспективных результатов, материалами исследований – конструкции жалюзийных пластин и средства их технической реализации.

На основании анализа результатов предыдущих исследований предлагается перспективное устройство для защиты от солнечной инсоляции с помощью жалюзийных решеток усложненной конструкции. Технические особенности такого устройства представлены на рисунке 1. Пластины жалюзи разделены на две основные группы: верхнюю, защищающую преимущественно и практически от инсоляции, и нижнюю, ограничивающую помехи от других источников света (горизонтальных лучей фар встречных транспортных средств, осветительных дорожных столбов, рекламных щитов, дорожных знаков и т. д.). Обе группы пластин смонтированы на общей раме и имеют способность перемещаться на углы вплоть до 90° относительно стекла кабины с перекрытиями друг относительно друга на требуемую величину.

Шарнирно закрепленная рама может фиксироваться электромагнитными устройствами и имеет в нижней группе пластин защитные стекла переменной прозрачности. Верхняя группа пластин имеет специальное положение «козырек» (рис. 2), при этом выполнена с возможностью перекрытия одной пластины другой.

С помощью специальных выводов получено аналитическое выражение для расчета минимальной ширины перекрытия одной пластины другой, выступающей за ось, части пластины жалюзи:

$$\delta = 2a \cdot b \cdot t \cdot \cos \alpha / 2, \quad (1)$$

где a – коэффициент запаса, учитывающий перекрытие шага жалюзи;

b – коэффициент запаса ширины пластины жалюзи верхней группы;

t – шаг расположения пластин жалюзи;

α – средний угол наклона лобового стекла, причем кривизна каждой пластины жалюзи повторяет кривизну стекла в нормальном положении к поверхности стекла, при этом обеспечивается минимальный зазор между стеклом и пластиной (рис. 2).

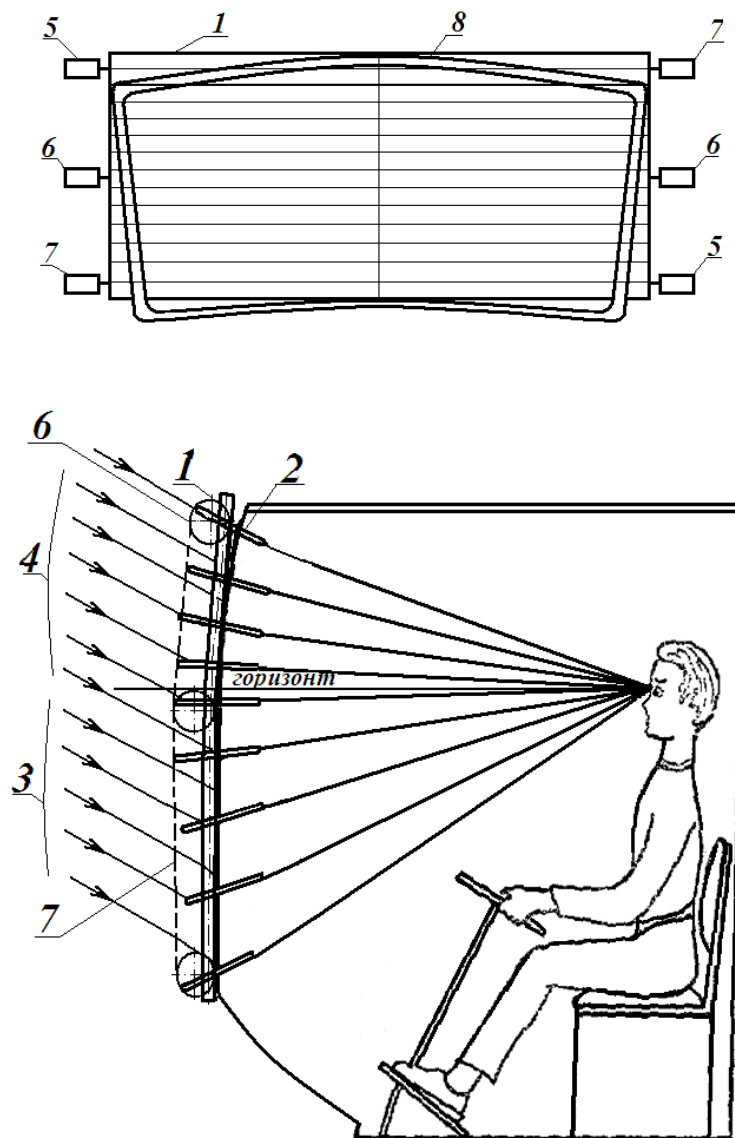


Рис. 1. Общая компоновка рамы и пластин жалюзи: 1 – рама; 2 – пластины жалюзи; 3 – нижняя группа пластин; 4 – верхняя группа пластин; 5 – привод рамы; 6, 7 – привод верхней и нижней группы пластин жалюзи; 8 – стекло

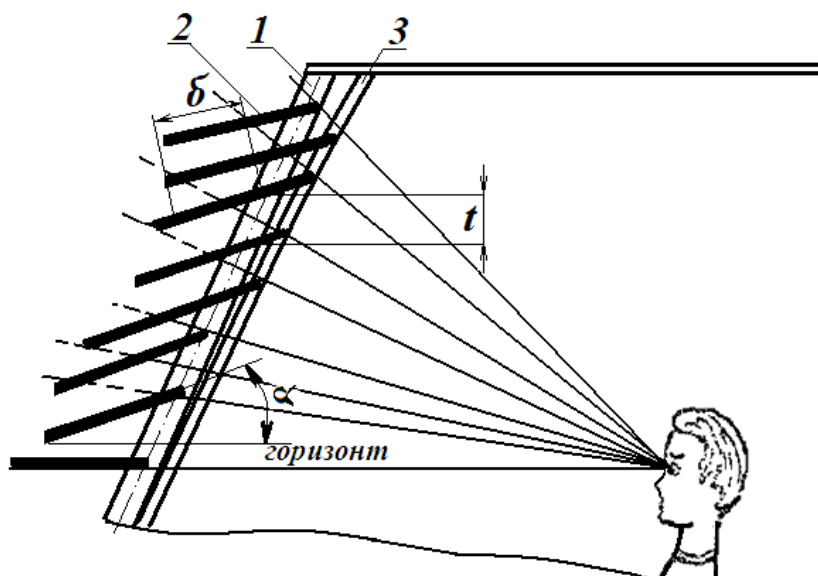


Рис. 2. Схема обеспечения пластинами жалюзи верхней группы положения «козырек»:
1 – рама; 2 – пластина; 3 – стекло

Результаты и их обсуждение

Для иллюстрации геометрических возможностей предлагаемой конструкции проведены расчетные определения величины численного значения минимальной ширины перекрытия пластин в зависимости от возможного шага их монтажа на лобовое стекло трактора John Deere 6В, при этом: $a = 1,2$; $b = 1,25$; $t = 20-60$ мм (шаг изменения 10 мм); $\alpha = 84^\circ$ (рис. 3). Как видно из графика 3, при увеличении шага расположения пластин минимальная ширина их перекрытия увеличивается по линейной зависимости.

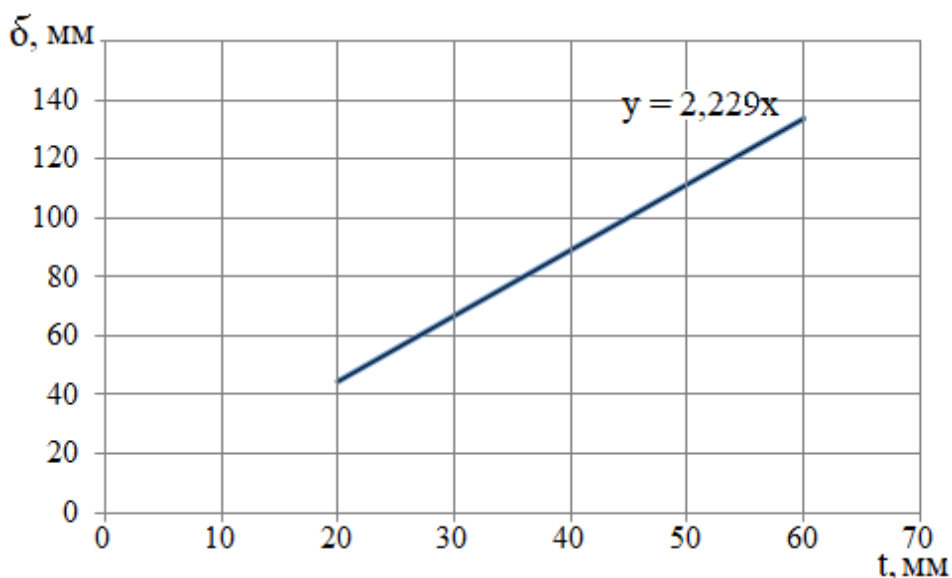


Рис. 3. График зависимости минимальной ширины перекрытия (δ) от шага расположения пластин жалюзи (t)

Данная методика (формула 1) позволяет определить минимальную ширину перекрытия (δ) в практическом диапазоне изменения наклона лобового стекла в зависимости от среднего угла его наклона (α) (рис. 4).

Например, при $a = 1,2$; $b = 1,25$; $t = 20$ мм, $\alpha = 50-80^\circ$ (рис. 4), такая зависимость представлена полиномиальным уравнением второй степени.

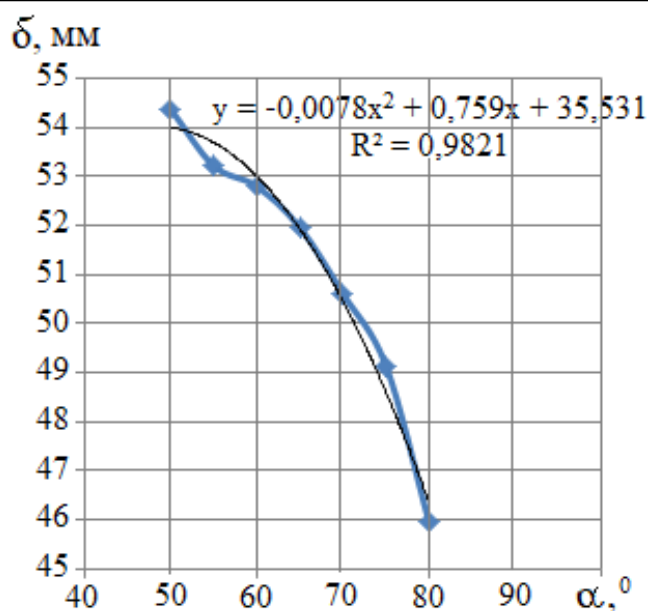


Рис. 4. График зависимости минимальной ширины перекрытия (δ) от среднего угла наклона лобового стекла (α)

Для практического использования в предлагаемую конструкцию можно ввести электронный блок управления в виде приемника первичного сигнала, оснащенного двумя датчиками, воспринимающими полностью внешнее излучение как в виде инсоляции, так и от встречных объектов. Логическая схема такого устройства представлена на рисунке 5.

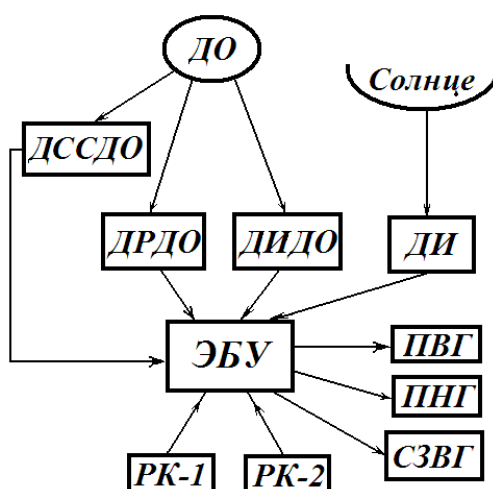


Рис. 5. Логическая схема устройства защиты глаз от избыточного оптического излучения лобового стекла кабины: ДО – дорожный объект; ДССДО – датчик скорости сближения дорожного объекта; ДРДО – датчик расстояния дорожного объекта; ДИДО – датчик излучения дорожного объекта; ДИ – датчик инсоляции; ЭБУ – электронный блок управления; ПВГ – привод верхней группы планок; ПНГ – привод нижней группы планок; РК-1, РК-2 – ручной корректор для регулирования интенсивности затемнения; СЗВГ – сигнал защиты верхней группы планок

Датчик излучения дорожного объекта (ДИДО) кроме самой инсоляции собирает все информационные сведения об излучениях встречаемых объектов и посылает на ЭБУ. Датчик инсоляции (ДИ) начинает воспринимать управляющий сигнал с момента восхода солнца и сочетается в интенсивности этого сигнала с интенсивностью датчика ДИДО по схеме корреляционной связи между ними. Момент доминанции датчика ДИ зависит от интенсивности инсоляции, направления движения и всех остальных особенностей взаимодействия кабины и лучистого потока.

Датчики связаны функциональной корреляцией. Система ЭБУ снабжена дополнительным датчиком скорости сближения дорожного объекта (ДССДО) и датчиком расстояния дорожного объекта (ДРДО), которые взаимодействуют друг с другом по функциональной корреляционной связи, вырабатывают управляющие сигналы для оптимизации движения. При этом светопрозрачность пластин верхней группы планок существенно и функционально увеличивается в зависимости от скорости сближения и уменьшения расстояния до дорожного объекта.

ЭБУ имеет ручной корректор типа РК, который вмешивается во взаимодействие указанных датчиков по желанию оператора МЭС. Таким образом, по требованию водителя включается действие второго ручного корректора, определяющего момент положения верхней группы планок типа «козырек». ЭБУ допускает при необходимости максимальное затемнение кабины от инсоляции.

В электронной цепи ЭБУ предусмотрены каскадные блоки, сравнивающие интенсивность излучения датчиков дорожного движения и инсоляции и устанавливающие обязательное предпочтение интенсивности сигнала ДИДО по сравнению с сигналом ДИ для абсолютного обеспечения безопасности дорожного движения. Привод рамы с двумя группами жалюзи с помощью ЭБУ обязательно сочетается с необходимостью включения стеклоочистителей. Для этого предусмотрен отдельный блок ЭБУ, анализирующий и констатирующий такую необходимость.

Вывод

Таким образом, предложенное техническое устройство жалюзийного типа с электронным блоком управления обеспечивает полную защиту лобового стекла от оптического излучения любого направления в дополнение к системе кондиционирования в кабине МЭС. 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., Золотых Е.Д. 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.
3. Журавец И.Б., Манойлина С.З., Галкин Е.А., Попов Н.А. Стабилизация баланса теплоты в кабине МЭС // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2015. № 1(44). С. 48–52.
4. Способ защиты глаз от ослепляющего оптического излучения: пат. 2181213 Рос. Федерация. № 2000117967/28; заявл. 11.07.2000; опубл. 10.04.2002, Бюл. № 10. 6 с.
5. 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.
6. Устройство для защиты от избыточного оптического излучения лобового стекла кабины транспортного средства: пат. 2676595 Рос. Федерация. № 2017119291; заявл. 01.06.2017; опубл. 03.12.2018, Бюл. № 34. 9 с.
7. Устройство для защиты от ослепления водителя транспортного средства: пат. 2017628 Рос. Федерация; № 5002762/11, заявл. 12.07.1991; опубл. 15.08.1994, Бюл. № 19. 7 с.
8. Устройство для защиты от солнечного излучения кабины транспортного средства: а. с. 1606358 СССР. № 4622075/30-15, заявл. 20.12.1988; опубл. 15.11.1990, Бюл. № 42. 2 с.
9. Устройство для защиты от солнечного излучения кабины транспортного средства: а. с. 1766717 СССР. № 4839510/11, заявл. 14.06.1990, опубл. 07.10.1992, Бюл. № 37. 3 с.
10. Чубинский С.М. Лучи солнца и действие их на организм человека. Москва: Медгиз, 1959. 215 с.

References

1. Basyrov R.R. Vybory konstruktivnykh elementov legkovogo avtomobilya osobo malogo klassa po kriteriyu komfortnosti vozduшной sredy v salone [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 car]: dissertatsiya ... kandidata tekhnicheskikh nauk: 05.05.03 = Candidate Dissertation in Engineering Sciences: 05.05.03. Naberezhnye Chelny, 2005. 157 p. (In Russ.).

2. Vorokhobin A.V., Zhuravets I.B., Manoylina S.Z., Zolotykh E.D. Termicheskaya stabilizatsiya mikroklimata v kabine sel'skohozyajstvennogo mobil'nogo energeticheskogo sredstva [Thermal stabilization of the microclimate in the cabin of mobile energy machinery used in agriculture]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2021;14(3):64-70. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2021_3. (In Russ.).

3. Zhuravets I.B., Manoylina S.Z., Galkin E.A., Popov N.A. Stabilizatsiya balansa teploty v kabine MES [Stabilization of thermal balance in the cabin of a mobile energy unit]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2015;1(44):48-52. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2021_3. (In Russ.).

4. Sposob zashchity glaz ot osleplyayushchego opticheskogo izlucheniya [Method of protecting the eyes from glaring optical radiation]: patent 2181213 Ros. Federatsiya. № 2000117967/28; zayavleno 11.07.2000; opublikovano.10.04.2002, Byul. № 10 = Patent 2181213 Russian Federation. No. 2000117967/28; claimed 11.07.2000; published 10.04.2002, Bulletin 10. 6 p. (In Russ.).

5. Ustrojstvo dlya zashchity kabiny ot peregreva i vozdeystviya pryamoj solnechnoj radiatsii [Device for protecting the cabin from overheating and exposure to direct solar radiation]: avtorskoe svidetel'stvo 330994 SSSR. № 1374506/30-15, zayavleno 24.11.1969; opublikovano 07.03.1972, Byul. № 17 = Inventor's Certificate 330994 USSR. No. 1374506/30-15, claimed 24.11.1969; published 07.03.1972, Bulletin 17. 2 p. (In Russ.).

6. Ustrojstvo dlya zashchity ot izbytochnogo opticheskogo izlucheniya lobovogo stekla kabiny transportnogo sredstva [Device for protecting against excessive optical radiation of the windshield of the vehicle cabin]: patent 2676595 Ros. Federatsiya. № 2017119291; zayavleno 01.06.2017; opublikovano 03.12.2018, Byul. № 34 = Utility Model Patent 2676595 Russian Federation. No. 2017119291; claimed 01.06.2017; published 03.12.2018, Bulletin 34. 9 p. (In Russ.).

7. Ustrojstvo dlya zashchity ot oslepleniya voditelya transportnogo sredstva [Device for protecting against blinding the driver of the vehicle]: patent 2017628 Ros. Federatsiya; zayavleno 12.07.1991; opublikovano 15.08.1994, Byul. № 19 = Patent 2017628 Russian Federation; No. 5002762/11, claimed 12.07.1991; published 15.08.1994, Bulletin 19. 7 p. (In Russ.).

8. Ustrojstvo dlya zashchity ot solnechnogo izlucheniya kabiny transportnogo sredstva [Device for protecting from solar radiation of the vehicle cabin]: avtorskoe svidetel'stvo 1606358 SSSR. № 4622075/30-15, zayavleno 20.12.1988; opublikovano 15.11.1990, Byul. № 42 = Inventor's Certificate 1606358 USSR. No. 4622075/30-15, claimed 20.12.1988; published 15.11.1990, Bulletin 42. 2 p. (In Russ.).

9. Ustrojstvo dlya zashchity ot solnechnogo izlucheniya kabiny transportnogo sredstva [Device for protecting from solar radiation of the vehicle cabin]: avtorskoe svidetel'stvo 1766717 SSSR. № 4839510/11, zayavleno 14.06.1990, opublikovano 07.10.1992, Byul. № 37 = Inventor's Certificate 1766717 USSR. No. 4839510/11, claimed 14.06.1990, published 07.10.1992, Bulletin 37. 3 p. (In Russ.).

10. Chubinskiy S.M. Luchi solntsa i dejstvie ikh na organizm cheloveka [The rays of the sun and their impact on the human body]. Moscow: Medgiz; 1959. 215 p. (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», dogruzka@rambler.ru.

И.Б. Журавец – кандидат технических наук, доцент кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», car205@agroeng.vsau.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.

Е.Д. Золотых – старший преподаватель кафедры эксплуатации и ремонта средств аэродромно-технического обеспечения полетов ФГКБОУ 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, zoloto1972@mail.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, car205@agroeng.vsau.ru.

I.B. Zhuravets, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, car205@agroeng.vsau.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.

E.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, zoloto1972@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 05.05.2022; одобрена после рецензирования 17.06.2022; принята к публикации 04.07.2022.

The article was submitted 05.05.2022; approved after revision 17.06.2022; accepted for publication 04.07.2022.

© Ворохобин А.В., Журавец И.Б., Манойлина С.З., Золотых Е.Д., 2022