

УДК 504.61:629.33-52:004.896

Бакатин Юрий Павлович, канд. техн. наук, проф.,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, u.p.bakatin@gmail.com
Лобиков Алексей Владимирович, канд. биол. наук, доц.,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, henkan@mail.ru
Садовникова Яна Сергеевна, студент,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, jana.sadovnikova@yandex.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА RISK ASSISTANT ПРИ ОБОСНОВАНИИ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ СОЗДАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ СПЕЦИАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Аннотация. В статье приведен обзор существующих работ и исследований, подтверждающих наличие теоретической и экспериментальной базы для создания беспилотных транспортных средств. Сформулированы основные проблемы, связанные с загрязнением окружающей среды вредными выбросами, выделяющимися при эксплуатации автомобильного транспорта. Кратко проанализированы способы решения этих проблем. Представлен перечень вредных веществ, воздействие которых на организм человека создает угрозу его жизни и здоровью. Подробно описаны негативные последствия от контакта водителей машин с канцерогенными веществами, присутствующими в воздухе рабочей зоны. Проведено моделирование риска смерти от онкологии, которому подвергается водитель специального транспортного средства на протяжении всего стажа работы, при различных значениях концентраций канцерогенных веществ в кабине. Максимальные величины этих концентраций не превышают установленные значения ПДК в воздухе рабочей зоны. Результаты моделирования, осуществленного с использованием программы Risk Assistant, представлены в виде графических зависимостей. Создание и ввод в эксплуатацию беспилотного аэродромного распределителя реагентов позволит нивелировать оцененный риск. В работе подчеркивается возможность обеспечения экологической безопасности человека путём использования беспилотных специальных транспортных средств.

Ключевые слова: беспилотные транспортные средства, беспилотный аэродромный распределитель реагентов (БАРР), вредные вещества, канцерогенный риск, воздух рабочей зоны.

Bakatin Jurij P., Ph. D., professor,

MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, u.p.bakatin@gmail.com

Lobikov Aleksej V., Ph. D., associate professor,

MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, henkan@mail.ru

Sadovnikova Jana S., student,

MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, jana.sadovnikova@yandex.ru

THE USE OF THE SOFTWARE SYSTEM RISK ASSISTANT IN JUSTIFYING THE FEASIBILITY OF ESTABLISHING A SPECIAL UNMANNED VEHICLES

Abstract. The article provides an overview of existing works and studies confirming the existence of theoretical and experimental basis for the creation of unmanned vehicles. The main problems associated with environmental pollution by harmful emissions released during the operation of road transport are formulated. The ways of solving these problems are briefly analyzed. The list of harmful substances, the impact of which on the human body poses a threat to his life and health, is presented. Detailed description of the negative consequences of the contact of machine drivers with carcinogenic substances present in the air of the working area. A simulation of the risk of death from cancer, which is exposed to the driver of a special vehicle throughout the length of service, at different concentrations of carcinogenic substances in the cab. The maximum values of these concentrations do not exceed the established values of MPC in the air of the working area. The results of modeling performed using Risk Assistant program are presented in the form of graphical dependencies. The creation and commissioning of an unmanned airfield distribution agent will allow leveling the estimated risk. The work emphasizes the possibility of ensuring environmental human security through the use of unmanned special vehicles.

Key words: unmanned vehicles, unmanned aerodrome distributor of reagents (BARR), harmful substances, carcinogenic risk, the air of the working zone.

Введение

Проектирование автоматических транспортных средств специального назначения, обладающих высокой мобильностью, надёжностью, автономностью и безопасностью, является одним из приоритетных направлений развития наземной техники, в том числе аэродромной. Говоря о машинах для распределения противогололёдных реагентов, следует отметить тенденцию к увеличению объёма

теоретических изысканий на тему совершенствования управляющих систем автоматического распределения ПГР и устройств обеспечения заданного дозирования реагента [1–3]. Логично предположить возможность создания в ближайшем будущем беспилотного аэродромного распределителя реагентов (БАРР). Как известно, цель любых модернизаций и вновь вводимых конструктивных решений – повышение экономической, экологической и производственной эффективности. В настоящее время экологичность машин стала одним из решающих показателей при оценке их конкурентоспособности. В работах [4–6] проанализировано влияние вредных выбросов, образующихся при функционировании машин, на окружающую среду и организм оператора (водителя), в частности. Основные методы и способы защиты рассмотрены в работах [7–9]. Однако практика показывает низкую эффективность большинства из предлагаемых способов. Целесообразно провести оценку экологической безопасности, обеспечиваемой при эксплуатации БАРР, как фактора его конкурентоспособности [10].

Оценка риска здоровью водителя при воздействии вредных (канцерогенных) веществ, содержащихся в воздухе рабочей зоны

Работа транспортных средств сопровождается выделением в окружающую среду вредных веществ, содержащихся в отработавших газах. В их число входят: оксид углерода, метан, бензол, формальдегид, углеводороды, оксиды азота, твёрдые частицы, диоксид серы, диоксид углерода, аммиак, закись азота, неметановые углеводороды и пр. [11]. Канцерогены (формальдегид, бензол), мелкодисперсная пыль (PM_{2.5}) могут оказывать негативное воздействие на здоровье человека, даже если их концентрация не превышает допустимые нормы [12]. В машине главными источниками выделения вредных веществ являются: неметаллические материалы отделки, атмосфера, оператор (водитель) машины. Проведём

оценку канцерогенного риска, которому подвергается оператор (водитель) при нахождении в кабине во время работы. Для проведения расчётов будет использована американская программа Risk Assistant, обладающая набором методик и баз данных, которые позволяют оценить риски для здоровья, связанные с присутствием химических соединений в окружающей среде в конкретных условиях [13]. Риск принят потенциально «приемлемым», если вероятность смерти человека вследствие действия на него вредных веществ не превышает количества смертей 1-го человека на миллион. Цель расчёта – определить величину канцерогенного риска, которому подвергается оператор машины при различных значениях концентраций вредных (канцерогенных) веществ, не превышающих предельно допустимую концентрацию в воздухе рабочей зоны (ПДК_{мр}). Для расчёта взяты канцерогенные вещества, предельно допустимые значения которых для воздуха рабочей зоны известны, то есть нормированы (табл. 1) [14]. Пусть масса водителя (оператора) составляет 80 кг, стаж работы 20 лет, количество рабочих дней за зимний период 105, категория труда III (средняя) [15], продолжительность смены 8 часов. Первый этап расчёта будет проводиться, исходя из средней продолжительности жизни мужчин в г. Москве – 72,96 года. Второй этап будет проведён с учётом средней продолжительности жизни мужчин по России – 65,92 года [16].

Таблица 1

Значение нормированных ПДК канцерогенных веществ,
содержащихся в воздухе рабочей зоны водителя

Доли ПДК, %	50	60	70	80	90	100
Значение концентрации вещества в воздухе рабочей зоны, мг/м ³						
Формальдегид	0,025	0,03	0,035	0,04	0,045	0,05
Бензол	7,5/2,5	9/3	10,5/3,5	12/4	13,5/4,5	15/5

Результаты расчёта по программе представлены на рис. 1, 2.



Рис. 1. Изменение величины канцерогенного риска, которому подвергается оператор машины в зависимости от значений концентраций вредных (канцерогенных) веществ при определенной продолжительности жизни мужчин в г. Москве

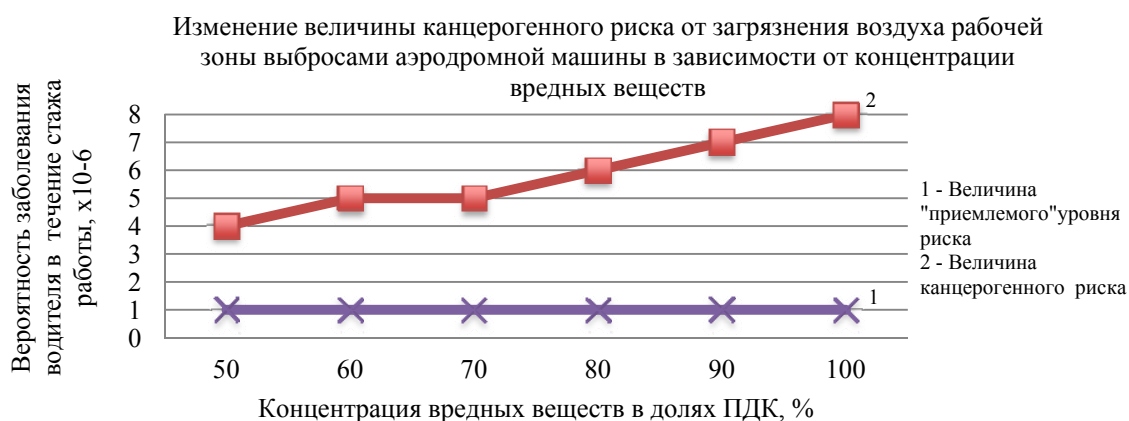


Рис. 2. Изменение величины канцерогенного риска, которому подвергается оператор машины в зависимости от значений концентраций вредных (канцерогенных) веществ при средней продолжительности жизни мужчин в России

Выводы и результаты

1. Проведённое моделирование показало, что канцерогенный риск, обусловленный воздействием на оператора воздуха рабочей зоны, превышает приемлемый уровень уже при величине концентрации вредных веществ, равной половине ПДК_{мр}. В первом случае (при допущении, что средняя продолжительность жизни мужчин в г. Москве равна

72,96 годам) риск превышен в 4 раза, во втором (при средней продолжительности жизни по России) – в 5 раз.

2. При назначении концентрации вредных веществ в кабине, равной ПДК_{мр}, уровень риска превышен уже в 7 и 8 раз соответственно.

3. Рост продолжительности жизни, связанный с повышением уровня жизни, снижает на 12,5...20% риск смерти при воздействии канцерогенных веществ, концентрация которых составляет 60%, 90% и 100% от ПДК_{мр}. При прочих концентрациях, взятых из исследуемого диапазона (50...100% от ПДК_{мр}), величина риска растет.

4. Разработка и эксплуатация беспилотного распределителя жидких реагентов позволит свести к нулю, то есть нивелировать, канцерогенный риск, которому подвергаются водители обычных машин для противогололёдной обработки.

5. Полученные результаты актуальны не только для аэродромных машин, но для любых специальных транспортных средств с дистанционной системой управления.

Список литературы

1. Автоматизированная система управления коммунальной дорожной машиной. Распределение жидких противогололедных реагентов. – Режим доступа: www.kbkoloss.ru/products/avtomatika-dlya-kommunalnoy-dorozhnoy-mashiny/avtomatika-dlya-peskorazbrasyvatelya-asu2c (дата обращения: 19.07.2017).

2. Патент 2398929 Российская Федерация, МПК Е 01 Н 10/00, У 01 С 19/20, 20.07.2013. Способ обеспечения работы системы управления рабочим процессом мобильного распределителя материалов для обработки дорожных покрытий и устройство управления рабочим процессом мобильного распределителя материалов / Г.М. Белоцерковский, Э.В. Ахрамеев, С.Б. Карякин. – Бюл. № 25.

3. Патент 2487971 Российская Федерация, МПК Е 01 Н 10/00, 20.07.2013. Устройство автоматического дозирования химических реагентов при нанесении их на поверхность искусственного покрытия / Н.И. Луканов. – Бюл. № 20.

4. Эколого-энергетические проблемы системы «человек-окружающая среда-топливо-транспортное средство»/ С.В. Бойченко, Л.Н. Черняк, С.В. Иванов, Л.А. Федорович, О.А. Вовк, Е.А. Спасская // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2007. – № 2. – С. 28–32.

5. Светлов, И.Б. Оценка эколого-экономического ущерба от загрязнения окружающей среды в природно-технических системах топливно-энергетического комплекса / И.Б. Светлов // Экономические стратегии. – 2007. – Т. 9, № 5-6. – С. 172–179.

6. Якунова, Е.А. Проблема экологической безопасности перспективных транспортных средств / Е.А. Якунова, А.М. Сайкин // Интеллектуальные транспортные системы повышения энергоэффективности и безопасности движения. – 2016. – С. 371–380.

7. Якунова, Е.А. Качество воздуха в салоне автомобиля / Е.А. Якунова, А.М. Сайкин // Инженерный вестник. – Режим доступа: www.engsi.ru/doc/834293.html (дата обращения: 02.02.2016).

8. Гусаров, А.П. Перспективы развития технических требований к транспортным средствам по экологическим показателям и топливной экономичности в Российской Федерации / А.П. Гусаров // Журнал автомобильных инженеров. – 2014. – № 3 (86). – С. 20–23.

9. Михайлов, В.А. Обеспечение экологической безопасности установок климатической комфортабельности операторов кабин транспортных средств / В.А. Михайлов, Е.В. Сотникова // Экология промышленного производства. – 2015. – № 1 (89). – С. 65–71.

10. Мандровский, К.П. Экологическая безопасность и стоимость топлива как факторы конкурентоспособности дорожно-строительных

машин / К.П. Мандровский // Справочник. Инженерный журнал с приложением. – 2017. – № 2 (239). – С. 36–41.

11. Лашко, В.А. Образование выбросов отработавших газов и управление процессом сгорания в поршневом двигателе / В.А. Лашко, И.Ю. Привальцев // Ученые заметки ТОГУ. – 2014. – Т. 5, № 1. – С. 324–337.

12. Невмержицкий, Н.В. Методика оценки и прогнозирования экстремального загрязнения воздуха на автомагистралях мелкодисперсными взвешенными частицами PM_{10} и $PM_{2.5}$: дис. ... канд. техн. наук / Н.В. Невмержицкий. – СПб., 2016. – 154 с.

13. Лобиков, А.В. Методы контроля качества среды, экомониторинг / А.В. Лобиков, Е.В. Шашина. – М.: МАДИ, 2016. – 24 с.

14. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.1338-03. – Режим доступа: www.docs.cntd.ru/document/901865554 (дата обращения 11.01.2016).

15. МР 2.3.1.2432 – 2008. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: введ. 2009-01-01 / Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзор. – М.: Изд-во стандартов, 2009. – 36 с.

16. Статистика. Продолжительность жизни в России. – Режим доступа: <http://ruxpert.ru/> (дата обращения: 10.10.2017).

References

1. URL: www.kbkoloss.ru/products/avtomatika-dlya-kommunalnoy-dorozhnoy-mashiny/avtomatika-dlya-peskorazbrasyvatelya-asu2s
2. Belotserkovskiy G.M., Akhrameyev E.V., Karyakin S.B. Patent RU 2398929, МПК Ye 01 N 10/00, U 01 S 19/20, 20.07.2013.
3. Lukanov N.I. Patent RU 2487971, МПК Ye 01 N 10/00, 20.07.2013.
4. Bojchenko S.V., Chernjak L.N., Ivanov S.V., Fedorovich L.A., Vovk O.A., Spasskaja E.A. *Zashchita okruzhayushchey sredy v neftegazovom komplekse*, 2007, no. 2, pp. 28–32.

5. Svetlov I.B. *Ekonomicheskiye strategii*, 2007, vol. 9, no. 5-6, pp. 172–179.
6. Jakunova E.A., Sajkin A.M. *Intellektual'nye transportnye sistemy povysheniya jenergojeffektivnosti i bezopasnosti dvizhenija*, 2016, pp. 371–380.
7. URL: www.engsi.ru/doc/834293.html
8. Gusarov A.P. *Zhurnal avtomobil'nyh inzhenerov*, 2014, no. 3 (86), pp. 20–23.
9. Mihajlov V.A., Sotnikova E.V. *Jekologija promyshlennogo proizvodstva*, 2015, no. 1 (89), pp. 65–71.
10. Mandrovskij K.P. *Spravochnik. Inzhenernyj zhurnal s prilozheniem*, 2017, no. 2 (239), pp. 36–41.
11. Lashko V.A., Prival'cev I.Ju. *Uchenye zametki TOGU*, 2014, vol. 5, no. 1, pp. 324–337.
12. Nevmerzchickij N.V. *Metodika ocenki i prognozirovaniya jekstremal'nogo zagrjaznenija vozduha na avtomagistraljah melkodispersnymi vzveshennymi chasticami RM_{10} i $RM_{2.5}$* (Methods for estimating and predicting extreme air pollution on highways by fine suspended particles PM_{10} and $PM_{2.5}$), candidate dissertation, Saint-Petersburg, 2016, 154 p.
13. Lobikov A.V., Shashina E.V. *Metody kontrolja kachestva sredy, jekomonitoring* (Methods to control the quality of the environment, environmental monitoring), Moscow, MADI, 2016, 24 p.
14. URL: www.docs.cntd.ru/document/901865554
15. *MR 2.3.1.2432 – 2008. Normy fiziologicheskikh potrebnostej v jenergii i pishhevyyh veshhestvah dlja razlichnyh grupp naselenija Rossijskoj Federacii: vved. 2009-01-01* (Mr 2.3.1.2432-2008. Norms of physiological needs for energy and nutrients for different groups of the population of the Russian Federation: introduction. 2009-01-01), Moscow, Izd-vo standartov, 2009, 36 p.
16. URL: <http://ruxpert.ru/>