

*Безопасность веществ
и материалов*

*Безопасность конструкций,
зданий и сооружений*

*Медико-биологические аспекты
безопасности*

*Общие вопросы
пожарной безопасности*

*Методы и средства
обеспечения безопасности*

*Пожарная
и промышленная безопасность*

Охрана труда

*Снижение рисков и ликвидация
последствий чрезвычайных ситуаций*

*Охрана окружающей среды
Экологическая безопасность*

*Проблемы и перспективы
предупреждения
чрезвычайных ситуаций*

*Мониторинг и прогнозирование
природных и техногенных рисков*

Пожарная техника

*Информационные технологии
Информационное обслуживание
и технические средства
обеспечения
информационных процессов*

*Физико-химические аспекты
безопасности*

*Высшая математика
Прикладная математика*

*Математическое моделирование,
численные методы
и комплексы программ*

*Экономические
и организационно-управленческие
проблемы безопасности*

*Аудит безопасности
Системный анализ
Оценка и управление рисками*

*Подготовка специалистов
МЧС России:
гуманитарные аспекты*

Образовательные технологии

ISSN 2226-700X

Министерство Российской Федерации
по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям
и ликвидации последствий стихийных бедствий

**Вестник
Воронежского института
ГПС МЧС России
(Современные проблемы
гражданской защиты)**

Журнал включен в
«Перечень рецензируемых научных изданий,
в которых должны быть опубликованы основные научные
результаты диссертаций
на соискание ученой степени кандидата наук,
на соискание ученой степени доктора наук ВАК при
Министерстве науки и высшего образования Российской
Федерации»

№ 4 (29), 2018



**Вестник
Воронежского института
ГПС МЧС России
(Современные проблемы
гражданской защиты)**

Издается с 2011 года

Выходит 4 раза в год

Научный журнал

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».

Территория распространения — Российская Федерация.

Журнал индексируется в Научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU / РИНЦ (Россия), Международном каталоге периодических изданий «Ulrich's Periodicals Directory» (США), размещается на платформе научной электронной библиотеки «КиберЛенинка» (Россия).
Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук

Переписка без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор:

Малый Игорь Александрович, кандидат технических наук, доцент,
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

Заместители

главного редактора:

Шарабанова Ирина Юрьевна, кандидат медицинских наук, доцент,
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)
Федосов Сергей Викторович, доктор технических наук, профессор, академик РААСН
Ивановский государственный политехнический университет (Россия, г. Иваново)
Никифоров Александр Леонидович, доктор технических наук, старший научный сотрудник
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

Члены редколлегии:

Акулова Марина Владимировна – д-р техн. наук, профессор, Советник РААСН, заведующий кафедрой строительного материаловедения, специальных технологий и технологических комплексов ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» (Россия, г. Иваново)

Алексеев Михаил Иванович – д-р техн. наук, профессор, академик РААСН, профессор кафедры водопользования и экологии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» (Россия, г. Санкт-Петербург)

Барбин Николай Михайлович – д-р техн. наук, проф., старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела ФГБОУ ВО «Уральский институт ГПС МЧС России» (Россия, г. Екатеринбург)

Бубнов Андрей Германович – д-р хим. наук, доцент, профессор кафедры эксплуатации пожарной техники, средств связи и малой механизации (в составе УНК «Пожаротушение») ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

Бутман Михаил Федорович – д-р физ.-мат. наук, проф., Ивановский государственный химико-технологический университет (Россия, г. Иваново)

Бутузов Станислав Юрьевич – д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры информационных технологий (в составе учебно-научного комплекса автоматизированных систем и информационных технологий) ФГБОУ ВО «Академия ГПС МЧС России» (Россия, г. Москва)

Ерофеев Владимир Трофимович – д-р техн. наук, профессор, академик РААСН, заведующий кафедрой «Строительные материалы и технологии» ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева» (Россия, Республика Мордовия, г. Саранск)

Ефремов Александр Михайлович – д-р хим. наук, профессор, профессор кафедры «Технология приборов и материалов электронной техники» ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет» (Россия, г. Иваново)

Камлюк Андрей Николаевич – канд. физ.-мат. наук, доц., Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (Республика Беларусь, г. Минск)

Ковтун Вадим Анатольевич – д-р техн. наук, проф., Гомельский инженерный институт МЧС Республики Беларусь (Республика Беларусь, г. Гомель)

Колобов Михаил Юрьевич – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой механики и компьютерной графики ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет» (Россия, г. Иваново)

Королева Светлана Валерьевна – д-р мед. наук, доцент, профессор кафедры основ гражданской обороны и управления в ЧС ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

Лопанов Александр Николаевич – д-р техн. наук, проф., Белгородский государственный технологический университет (Россия, г. Белгород)

Назарьев Александр Николаевич – д-р техн. наук, профессор, ректор ФГАО ДПО «Петербургский энергетический институт повышения квалификации» Министерства энергетики РФ (Россия, г. Санкт-Петербург)

Потемкина Ольга Владимировна – канд. хим. наук, доцент, помощник начальника ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

Присадков Владимир Иванович – д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБУ ВНИИПО МЧС России (Россия, г. Балашиха)

Румянцева Варвара Евгеньевна – д-р техн. наук, профессор, Советник РААСН, директор института информационных технологий, естественных и гуманитарных наук ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» (Россия, г. Иваново)

Сырбу Светлана Александровна – д-р хим. наук, профессор, первый проректор – проректор по научной работе и международным отношениям, заведующий кафедрой неорганической и аналитической химии ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет» (Россия, г. Иваново)

Теличенко Валерий Иванович – д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, академик РААСН, президент Национального исследовательского университета «Московский государственный строительный университет» (Россия, г. Москва)

Федосеев Вадим Николаевич – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой организации производства и городского хозяйства ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» (Россия, г. Иваново)

Хафизов Ильдар Фанильевич – д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры пожарной и промышленной безопасности ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (Россия, г. Уфа)

Циркина Ольга Германовна – д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры пожарной безопасности объектов защиты (в составе УНК «Государственный надзор») ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, г. Иваново)

Шарнина Любовь Викторовна – д-р техн. наук, профессор кафедры химических технологий волокнистых и красящих веществ ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет» (Россия, г. Иваново)

Шевцов Сергей Александрович – д-р техн. наук, профессор кафедры пожарной безопасности объектов защиты Воронежского института – филиала ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Россия, г. Воронеж)

Редактор: *Дьякова Юлия Михайловна*

Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» – 94015.

Подписано в печать __. __. 2018. Усл. печ. л. 3,25 Тираж 500 экз. Заказ №70.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-73129 от 22.06.2018.

Адрес редакции: 153040, г. Иваново, проспект Строителей, д. 33;
тел.: (4932) 34-38-18; e-mail: journal@edufire37.ru

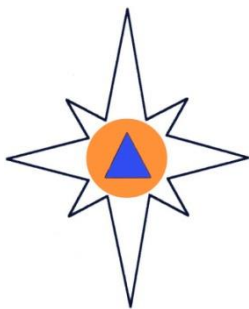
© ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия
ГПС МЧС России, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Безопасность веществ и материалов.....	5
Температуры вспышки бинарных (1-деканол – н-декан) и тройных (1-деканол – н-декан - бутилацетат) смесей <i>Батов Д.В., Мочалова Т.А., Сторонкина О.Е.....</i>	5
Анализ возможностей детерминистического метода оценки пожарной опасности электроустановок <i>Никифоров А.Л., Малашенков Г.Н., Ульева С.Н., Карасев Е.В.....</i>	12
Пожарная техника.....	16
Инверсный функционально-стоимостной анализ выбора аварийно-спасательной техники для малообъемных и рассредоточенных объектов <i>Масаев С.Н., Масаев В.Н., Минкин А.Н., Едимичев Д.А., Мочалов Д.Ю....</i>	16
Совершенствование информационно-аналитической модели принятия решений по переоснащению пожарной техники <i>Зайченко Ю.С., Шкунов С.А.....</i>	23
Механизмы конвертпланов <i>Яцун С.Ф., Ефимов С.В., Чуйков А.М.....</i>	29
Повышение надежности пуска пожарных автомобилей и мотоприводов пожарной и аварийно-спасательной техники <i>Годлевский В.А., Колбашов М.А., Моисеев Ю.Н., Бубнов А.Г.....</i>	36
Повышение надежности применяемых в пожарно-спасательном оборудовании узлов с магнитными наноматериалами <i>Сизов А.П., Комельков В.А., Гусев Л.А., Винокуров М.В.....</i>	41
Экономические и организационно-управленческие проблемы безопасности.....	45
Инновационные решения безопасных и экологичных систем теплоснабжения производственных зданий как фактор снижения энергоёмкости российской экономики <i>Румянцев Е.В., Федосов С.В., Федосеев В.Н., Петрухин А.Б., Опарина Л.А., Чистякова Ю.А.....</i>	45
Правила для авторов.....	51

CONTENTS

Safety of substances and materials.....	5
Binary flash (1-decanol – h-decan) and triple temperatures (1-decanol – h-decan – butyl acetate) <i>Batov D.V., Mochalova T.A., Storonkina O.E.....</i>	5
The analysis of possibilities of deterministic method of assessing the fire hazard of electrical installations <i>Nikiforov A.L., Malashenkov G.N., Ulyeva S.N., Karasev E.V.....</i>	12
Fire technology.....	16
The inverse functional cost analysis of the choice of emergency rescue equipment for low-volume and dispersed objects <i>Masaev S.N., Masaev V.N., Minkin A.N., Edimichev D.A., Mochalov D.Yu.....</i>	16
Improvement of information-analytical decision model for retrofitting fire equipment <i>Zajchenko Yu.S., Shkunov S.A.....</i>	23
Convert planing mechanisms <i>Yatsun S.F., Efimov S.V., Chuikov A.M.....</i>	29
Reliability increasing of fire engines and motor-drives of fire and rescue technique <i>Godlevskiy V.A., Kolbashov M.A., Moiseev J.N., Bubnov A.G.....</i>	36
Improving the reliability of nodes with magnetic nano-materials, used in fire and rescue equipment <i>Sizov A.P., Komelkov V.A., Gusev L.A., Vinokurov M.V.....</i>	41
Economic and organizational and management problems of security.....	45
Innovative solutions for safe and environmental systems of heat supply for industrial buildings in textile industry as a factor to reduce the energy capacity of the russian economy <i>Rumyantsev E.V., Fedosov S.V., Fedoseev V.N., Petrukhin A.B., Oparina L.A., Chistyakova Yu.A.....</i>	45
GUIDELINES FOR AUTHORS.....	51



БЕЗОПАСНОСТЬ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

УДК 544.355 – 122: 532.00

ТЕМПЕРАТУРЫ ВСПЫШКИ БИНАРНЫХ (1-ДЕКАНОЛ – Н-ДЕКАН) И ТРОЙНЫХ (1-ДЕКАНОЛ – Н-ДЕКАН - БУТИЛАЦЕТАТ) СМЕСЕЙ

Д.В. Батов, Т.А. Мочалова, О.Е. Сторонкина

В статье приведены результаты измерений температуры вспышки бинарных (1-деканол – н-декан) и тройных (1-деканол – н-декан – бутилацетат) смесей различного состава. Установлено, что температура вспышки смеси деканол-1 – н-декан в интервале составов 0.5 – 1 мольной доли легколетучего компонента (декана) близка к его температуре вспышки. Для тройных смесей, в которых мольное отношение деканол-1/н-декан равно 1, добавка третьего легколетучего компонента вызывает плавное уменьшение температуры вспышки. На основе полученных данных апробированы имеющиеся методики и предложен новый метод расчета температуры вспышки смесей в растворе, близком к идеальному.

Ключевые слова: показатель пожарной опасности, температура вспышки, смешанный растворитель, 1-деканол, н-декан, бутилацетат.

Введение. Температура вспышки относится к основным показателям пожарной опасности веществ, так как характеризует пожаро- и взрывоопасность паровоздушных смесей над поверхностью жидкостей.

Проведенный анализ литературных данных [1, 2], посвященных исследованиям температур вспышки смешанных растворителей, показал, что для неидеальных растворов на зависимостях температуры вспышки от состава могут существовать минимумы и максимумы. В точке минимума температура вспышки может быть на несколько градусов ниже температуры вспышки легколетучего компонента. Как справедливо замечено в работе [3], такая ситуация увеличивает риск взрыва. Примерами таких смесей являются системы с положительным отклонением от закона Рауля [4, 5, 6]. Максимум на кривой поведения точки вспышки связан с отрицательным отклонением от закона Рауля равновесия жидкость-пар, что связано с уменьшением риска взрыва [7].

Экспериментальных данных, иллюстрирующих прогнозируемые закономерности, известно мало. Поэтому целью настоящей работы явилось экспериментальное определение температуры вспышки следующих бинарных [1-деканол (1) – н-декан (2)] и тройных [1-деканол (1) – н-декан (2) – бутилацетат (3)] смесей различного состава, апробация известных методик расчета температуры вспышки смешанных растворителей и разработка нового метода.

Экспериментальная часть. В работе использовали следующие вещества:

- н-декан квалификации «хч» без дополнительной очистки;
- деканол-1 квалификации «хч» без дополнительной очистки;
- бутилацетат квалификации «хч» без дополнительной очистки.

Некоторые физико-химические и пожароопасные свойства исследованных растворителей представлены в табл. 1.

Таблица 1

Физико-химические и пожароопасные свойства исследованных растворителей

Жидкость	A	B	C	Лит	$\varphi_n, \%$	$t_{всп}, ^\circ\text{C}$	M, г/моль	$\Delta_{исп}H^0, \text{кДж/моль}$
Деканол-1	4.53321	1742.392	-115.236	[8]	0.7 [9]	110	158.3	82.0 [10]
н-Декан	4.07857	1501.268	-78.67	[11]	0.7	47	142.3	51.3 [12]
Бутилацетат	4.26803	1440.231	-61.362	[13]	1.7 [14, 15] 1.35	29 27 [16] 22 22.2	116.2	43.0 [17]

Примечание. А, В и С – константы уравнения Антуана (1); φ_n – нижний концентрационный предел распространения пламени (НКПП); $t_{всп}$ – температура вспышки в закрытом тигле, М – молярная масса, $\Delta_{исп}H^0$ – энтальпия испарения.

$$\lg P = A - B/(T + C). \quad (1)$$

Здесь Р – давление насыщенного пара (бар), Т – температура (К), А, В и С – константы уравнения.

Приготовление смесей проводили весовым методом.

Измерения температуры вспышки смесей выполняли с помощью автоматического

регистратора температуры вспышки нефтепродуктов «Вспышка-А» в режиме закрытого тигля. За температуру вспышки смеси принимали среднее значение 3 измерений. Расхождение экспериментальных результатов не превышало $\pm 1^\circ\text{C}$. Полученные результаты измерений температуры вспышки исследованных систем представлены в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Температуры вспышки в закрытом тигле ($^\circ\text{C}$) смесей деканол-1 (1) – н-декан (2)

X_2	$t_{всп,1}$	$t_{всп,2}$	$t_{всп,3}$	$t_{всп}$
0.00	110	110	110	110 \pm 0
0.20	61	61	61	61 \pm 0
0.40	53	52	50	52 \pm 1
0.50	49	49	49	49 \pm 0
0.60	51	51	51	51 \pm 0
0.80	49	49	49	49 \pm 0
1.00	47	46	47	47 \pm 1

Примечание. Здесь и в табл. 4 $t_{всп,1}$, $t_{всп,2}$, $t_{всп,3}$ и $t_{всп}$ – экспериментальные результаты и среднее значение температуры вспышки.

Таблица 3

Температуры вспышки в закрытом тигле ($^\circ\text{C}$) смесей деканол-1 (1) – н-декан (2) – бутилацетат (3)

X_1	X_2	X_3	$t_{всп,1}$	$t_{всп,2}$	$t_{всп,3}$	$t_{всп}$
0	0	1	26	27	27	27 \pm 1
0.25	0.25	0.5	28	28	27	28 \pm 1
0.3	0.3	0.4	30	30	31	30 \pm 1
0.35	0.35	0.3	32	32	32	32 \pm 0
0.4	0.4	0.2	35	34	34	34 \pm 1
0.45	0.45	0.1	37	36	37	37 \pm 1
0.5	0.5	0	49	49	49	49 \pm 0

Измеренные температуры вспышки компонентов смесей (табл. 2, 3) хорошо согласуются со справочными величинами из табл. 1.

Результаты и обсуждение.

Полученные экспериментальные результаты по температуре вспышки свидетельствуют, что в исследованной системе деканол-1 – н-декан (табл. 2) в интервале 0.5 ÷ 1 мольной доли легколетучего компонента (н-декана) температура вспышки смеси изменяется не значительно и близка к его температуре вспышки. Однако минимума на зависимости температуры вспышки от состава смеси не наблюдается. Такое изменение, по-видимому, характерно для смесей алканол – алкан и наблюдалось нами для смеси 2-метилпропанол-1

– н-пентадекан [18].

Для тройных смесей (табл. 3), в которых мольное отношение деканол-1/н-декан равно 1, добавка третьего легколетучего компонента вызывает плавное уменьшение температуры вспышки.

Полученные результаты были использованы для оценки известных методик [19, 20] расчета температуры вспышки для растворов, близких к идеальному. При использовании первых двух методов расчета требуется знание температур вспышки, а в первом случае – еще энтальпии испарения. В третьей методике

исходными данными являются сведения о парожидкостном равновесии и НКПР компонентов смеси.

Расчет температуры вспышки смешанного растворителя по методике из работы состоит в определении температуры, при которой выполняется условие (2).

$$\sum_{i=1}^n X_i \exp \left[\frac{\Delta_{исп} H_i^t}{R(t_{всп,i} + 273.15)} - \frac{\Delta_{исп} H_i^t}{R(t_{всп,см} + 273.15)} \right] = 1. \quad (2)$$

Здесь $\Delta_{исп} H_i^T$ – энтальпия испарения i – компонента при заданной температуре, $t_{всп,i}$ и $t_{всп,см}$ – температуры вспышки i – компонента и смеси. Для расчета были использованы стандартные энтальпии испарения из табл. 1.

По мнению авторов, для расчета температуры вспышки смесей жидких нефтепродуктов и других органических жидкостей может использоваться формула (3).

$$t_{всп} = \frac{\omega_{вк} t_{всп,вк} + \omega_{нк} t_{всп,нк} - f(t_{всп,вк} - t_{всп,нк})}{100}. \quad (3)$$

Здесь ω – массовый проценты высококипящего (вк) и низкокипящего (нк) компонента смеси; f – коэффициент, зависящий от состава смеси, значения которого заимствованы из работы.

При применении уравнения (3) для тройной смеси его сначала использовали для расчета температуры вспышки бинарной смеси деканол-1 – н-декан эквимолярного состава. Затем применили для расчета температуры вспышки смеси, высококипящим компонентом которой являлась эквимолярная смесь деканол-1 – н-декан, а низкокипящим компонентом – бутилацетат.

Определение температуры вспышки смеси жидкостей с использованием сведений о парожидкостном равновесии и НКПРП компонентов из работы заключается в определении температуры t_n (нижнего температурного предела распространения пламени, НТПРП), приблизительно равной $t_{всп}$, при которой выполняется условие (4).

$$P_{см}^t = P_{см}^{t_{н,см}}. \quad (4)$$

Здесь $P_{см}^t$ – давление насыщенного пара смеси при температуре t , которое рассчитывается по формуле (5). $P_{см}^{t_{н,см}}$ – давление насыщенного пара смеси при температуре t_n , которое рассчитывается по формуле (6).

$$P_{см}^t = \sum X_i P_i^t. \quad (5)$$

Здесь X_i – мольная доля компонента i в жидкости, P_i^t – давление насыщенного пара i – компонента при температуре t , рассчитываемое по формуле Антуана (1).

$$P_{см}^{t_{н,см}} = \frac{\varphi_{н,см} P_0}{100}. \quad (6)$$

Здесь $\varphi_{н,см}$ – НКПРП смеси, определяемый по формуле (7), P_0 – общее давление.

$$\varphi_{н,см} = \frac{100}{\sum_{i=1}^n \frac{\varphi_i}{\varphi_{н,i}}}. \quad (7)$$

В формуле (7) $\varphi_{н,i}$ – НКПРП i – го компонента смеси, φ_i – объемный процент i – го компонента смеси в паровой фазе, который, согласно, рассчитывается по формуле (8)

$$\varphi_i = \frac{X_i P_i^t}{\sum_{i=1}^n X_i P_i^t}. \quad (8)$$

Следует отметить, что расчет по соотношению (4) из работы является аналогичным расчету по уравнениям из работ в приближении идеального раствора.

Необходимые для расчетов величины представлены в табл. 1. Расчетные величины t_n деканола-1 (103°C), н-декана (47°C) и бутилацетата (27°C) в среднем на 3°C ниже экспериментальных значений $t_{всп}$ из табл. 2 и 3. Поэтому для расчета температур вспышки индивидуальных и смешанных растворителей расчетное значение t_n увеличивали на 3 градуса (9).

$$t_{всп}(расч) = t_n + 3. \quad (9)$$

В табл. 4 и 5 представлены различия расчетных и экспериментальных температур вспышки $\Delta(t_{всп}) = t_{всп}(расч.) - t_{всп}(эксп.)$ исследованных систем.

Видно, что погрешности расчетов по всем использованным методикам как для бинарной, так и для тройной смесей, велики и достигают 20 градусов. Следует отметить также, что все отклонения расчетных величин от экспериментальных являются положительными. Это означает, что все апробированные методики дают завышенные величины температур вспышки смешанных растворителей. Это опасный результат с практической точки зрения, так как преуменьшает возможность воспламенения и взрыва исследованных смесей жидкостей.

Таблица 4

Отклонение рассчитанных по уравнениям (2), (3), (4), (10) и (13) температур вспышки смеси деканол-1 (1) – н-декан (2) от экспериментальных результатов

Уравнение \ X ₁	(2)	(3)	(4)	(10)	(13)
0.00	0	2	0	2	0
0.20	2	3	4	0	-2
0.40	4	6	8	-1	-3
0.50	10	11	14	2	0
0.60	11	12	16	0	-1
0.80	14	15	20	-1	-2
1.00	0	-5	0	-5	0
Средняя погрешность	8	9	12	0	-1

Таблица 5

Отклонение рассчитанных по уравнениям (2), (3), (4 - 9), (10) и (13) температур вспышки смеси деканол-1 – н-декан – бутилацетат от экспериментальных результатов

Уравнение \ X ₁	(2)	(3)	(4)	(10)	(13)
0.00	0	2	0	2	0
0.20	2	3	4	0	-2
0.40	4	6	8	-1	-3
0.50	10	11	14	2	0
0.60	11	12	16	0	-1
0.80	14	15	20	-1	-2
1.00	0	-5	0	-5	0
Средняя погрешность	6	6	9	-1	-1

В связи с этим в настоящей работе предлагается новая методика расчета температуры вспышки смесей жидкостей. Суть указанной методики заключается в следующем. Для расчета НТПРП смешанного растворителя уравнение Антуана преобразуется к виду (10)

$$t_n = \frac{B_{cm}}{A_{cm} - \lg P_{t_n, cm}} - C_{cm}, \quad (10)$$

где A_{cm} , B_{cm} и C_{cm} – константы уравнения Антуана для смешанного растворителя, которые определяются линейной интерполяцией соответствующих констант компонентов по координате объемной доли в паровой фазе (11).

$$A_{cm} = \sum_{i=1}^n \varphi_i A_i, \quad B_{cm} = \sum_{i=1}^n \varphi_i B_i, \quad C_{cm} = \sum_{i=1}^n \varphi_i C_i \quad (11)$$

Здесь A_i , B_i и C_i – константы уравнения Антуана i -го компонента смешанного растворителя, φ_i – объемная доля i -го компонента смеси в паровой фазе, которая рассчитывается по формуле (8).

Следует обратить внимание, что в данном случае давление насыщенного пара для всех

компонентов ($P_i^{t_{cm}}$) в формуле (8) нужно рассчитывать по уравнению Антуана (1) при температуре t_{cm} , определяемой линейной интерполяцией НТПРП или температуре вспышки компонентов по мольнодолевому составу жидкой смеси (12).

$$t_{cm} = \sum_{i=1}^n X_i t_{всп, i}. \quad (12)$$

Если температуры вспышки компонентов не известны, их с достаточной точностью можно оценить, используя методы, описанные, например, в работе [21].

Необходимая для расчета по формуле (10) величина $P_{cm}^{t_{н, см}}$ определяется по формулам (6) и (7). В настоящей работе при вычислениях пренебрегали температурной зависимостью НКРП веществ.

В случае когда известны экспериментальные данные по температурам вспышки компонентов, данную температуру исследуемой смеси можно рассчитать линейной интерполяцией $t_{всп}$ компонентов по координате объемной доли их в паровой фазе (13).

$$t_{\text{всп,см}} = \sum_{i=1}^n \varphi_i t_{\text{всп},i}. \quad (13)$$

Величины φ_i рассчитываются по формуле (8) с учетом соотношения (12).

Используя приведенные выше соотношения, были рассчитаны температуры вспышки двойной деканол-1 – н-декан и тройной деканол-1 – н-декан – бутилацетат смесей. Результаты расчета в виде различий расчетных и экспериментальных температур вспышки $\Delta(t_{\text{всп}}) = t_{\text{всп}}(\text{расч.}) - t_{\text{всп}}(\text{эксп.})$ представлены в табл. 4 и 5.

Видно, что расчет по предложенным методикам позволяет получать значения температуры вспышки, близкие к экспериментальным.

Следует отметить, что предложенные расчетные методики разработаны в приближении идеального раствора. В их рамках невозможно прогнозировать наличие минимума или максимума температуры вспышки на концентрационной зависимости, что подтверждается литературными данными о таких системах. Для корректного описания температуры вспышки в таких системах необходимо использовать более развитые модели, учитывающие коэффициенты активности компонентов

Библиография

1. Liaw H.-J. The prediction of the flash point for binary aqueous-organic solutions / H.-J. Liaw, Y.-Y. Chiu // *J. Hazard Mater.* – 2003. – V. 101, № 2. – P. 83–106.
2. Есина З.Н. Прогнозирование температуры вспышки бинарных жидких смесей / З.Н. Есина, М.Р. Корчуганова, В.В. Мурашкин // *Проблемы мониторинга окружающей среды (ЕМ-2011): сборник трудов XI Всероссийской конференции с участием иностранных ученых, 24-28 октября 2011.* – Кемерово: КемГУ, 2011. – 338 с.
3. Catoire L. Estimation of closed cup flash points of combustible solvent blends / L. Catoire, S. Paulmier, V. Naudet // *J. Phys. Chem. Ref. Data.* – 2006. – № 35. – Pp. 9–14.
4. Vidal M. Prediction of minimum flash point behaviour for binary mixtures / M. Vidal, W.J. Rogers, M.S. Mannan // *Process Saf. Environ. Prot.* – 2006. – № 84. – Pp. 1 – 9.
5. Liaw H.-J. Binary liquid solutions exhibiting minimum flash-point behavior / H.-J. Liaw, T.-P. Lee, J.-S. Tsai, W.-H. Hsiao, M.-H. Chen, T.-T. Hsu // *J. Loss Prev. Proc. Ind.* – 2003. – № 16. – P. 173–186.
6. Liaw H.-J. Binary mixtures exhibiting maximum flash-point behavior / H.-J. Liaw, S.-C. Lin // *J. Hazard. Mater.* 2007. – V. 140. – № 1-2. – P. 155–164.
7. Ambrose D, Ellender J.H., Sprake C.H.S. Thermodynamic properties of organic oxygen compounds XXXV. Vapour pressures of aliphatic alcohols. *J. Chem. Thermodyn.* – 1974. – Vol. 6. – N

Итоги работы и выводы.

Экспериментально измерены температуры вспышки бинарной деканол-1 – н-декан и тройной деканол-1 – н-декан – бутилацетат смесей.

В системе деканол-1 – н-декан в интервале 1 ÷ 0.5 мольной доли легколетучего компонента температура вспышки смеси мало изменяется и близка к его температуре вспышки.

В тройных смесях деканол-1 – н-декан – бутилацетат, в которых мольное отношение деканол-1/н-декан равно 1, добавка третьего легколетучего компонента вызывает монотонное уменьшение температуры вспышки.

Все апробированные известные методики, разработанные в приближении идеального раствора, дают завышенные величины температур вспышки смешанных растворителей. Это опасный результат с практической точки зрения, так как преуменьшает возможность воспламенения и взрыва исследованных смесей жидкостей.

Предложены новые методики расчета температуры вспышки смесей органических растворителей, позволяющие получать результаты, приближенные к экспериментальным данным.

References

1. Liaw H.-J. The prediction of the flash point for binary aqueous-organic solutions / H.-J. Liaw, Y.-Y. Chiu // *J. Hazard Mater.* – 2003. – V. 101, № 2. – P. 83–106.
2. Esina Z.N. Prognozirovanie temperatury vspyshki binarnykh zhidkikh smesey / Z.N. Esina, M.R. Korchuganova, V.V. Murashkin // *Problemy monitoringa okruzhayushchej sredy (EM-2011): sbornik trudov XI Vserossijskoj konferencii s uchastiem inostrannykh uchenykh, 24-28 oktyabrya 2011.* – Kemerovo: KemGU, 2011. – 338 s.
3. Catoire L. Estimation of closed cup flash points of combustible solvent blends / L. Catoire, S. Paulmier, V. Naudet // *J. Phys. Chem. Ref. Data.* – 2006. – № 35. – Pr. 9–14.
4. Vidal M. Prediction of minimum flash point behaviour for binary mixtures / M. Vidal, W.J. Rogers, M.S. Mannan // *Process Saf. Environ. Prot.* – 2006. – № 84. – Pr. 1 – 9.
5. Liaw H.-J. Binary liquid solutions exhibiting minimum flash-point behavior / H.-J. Liaw, T.-P. Lee, J.-S. Tsai, W.-H. Hsiao, M.-H. Chen, T.-T. Hsu // *J. Loss Prev. Proc. Ind.* – 2003. – № 16. – P. 173–186.
6. Liaw H.-J. Binary mixtures exhibiting maximum flash-point behavior / H.-J. Liaw, S.-C. Lin // *J. Hazard. Mater.* 2007. – V. 140. – № 1-2. – P. 155–164.
7. Ambrose D, Ellender J.H., Sprake C.H.S. Thermodynamic properties of organic oxygen compounds XXXV. Vapour pressures of aliphatic

9. Pp. 909 - 914. [doi:10.1016/0021-9614(74)90235-3].
8. Корольченко А.Я. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. / А.Я. Корольченко, Д.А. Корольченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Асс. «Пожнаука», 2004. – Ч. 1. – 713 с.
9. <https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C112301&Units=SI&Mask=4#Thermo-Phase>.
10. Williamham C.B., Taylor W.J., Pignocco J.M., Rossini F.D. Vapor Pressures and Boiling Points of Some Paraffin, Alkylcyclopentane, Alkylcyclohexane, and Alkylbenzene Hydrocarbons, *J. Res. Natl. Bur. Stand. (U.S.)*. – 1945. – Vol. 35. – N 3. – Pp. 219-244. [doi:10.6028/jres.035.009].
11. <https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C124185&Units=SI&Mask=4#Thermo-Phase>.
12. Kliment V., Fried V., Pick J., Gleichgewichtflüssigkeit-dampf XXXIII. Systemebutylacetat-phenol und wasser-phenol, *Collect. Czech. Chem. Commun.* – 1964. – Vol. 29, N 9. – Pp. 2008-2015. [doi:10.1135/cccc19642008].
13. <https://www.msds.com/view/1255978/8833022>.
14. <https://www.msds.com/view/1547881/2559005>.
15. <https://www.msds.com/view/3949872/9751820>
16. <https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?Name=n-butyl+acetate&Units=SI&cTP=on>
17. Мочалов А.В. Температуры вспышки смесей 2-метилпропанола с n-пентадеканом / А.В. Мочалов, Ф.Ф. Шакуров, Т.А. Мочалова, Д.В. Батов // VI Конференция молодых ученых «Теоретическая и экспериментальная химия жидкофазных систем» (Крестовские чтения)». 8 – 12 ноября 2011. Тезисы докладов. – Иваново, 2011. – С. 96.
18. Расчет основных показателей пожаровзрывоопасности веществ и материалов / Ю.Н. Шебеко, В.Ю. Навценя, С.Н. Копылов, В.И. Горшков, И.А. Корольченко, А.Н. Поletaев, Н.Л. Поletaев, О.В. Васина, В.Н. Веревкин, С.Г. Белов.
19. Бронисhevский Б.П. Специальная химия: учеб. пособие / Б.П. Бронисhevский, В.А. Шандыба. – М.: Учебно-методический кабинет, 1979. – 117 с.
20. Батов Д.В. Использование аддитивно-группового метода для анализа, систематизации и прогнозирования показателей пожарной опасности горючих жидкостей. // *Рос. хим. журн.* – 2014. – Т. LVIII. – № 2. – С. 80 – 91.
- alcohols. *J. Chem. Thermodyn.* – 1974. – Vol. 6. – N 9. Pp. 909 - 914. [doi:10.1016/0021-9614(74)90235-3].
8. Korol'chenko A.YA. *Pozharovzryvoopasnost' veshchestv i materialov i sredstva ih tusheniya. Spravochnik: v 2-h ch.* / A.YA. Korol'chenko, D.A. Korol'chenko. – 2-e izd., pererab. i dop. – M.: Ass. «Pozhnauka», 2004. – CH. 1. – 713 s.
9. <https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C112301&Units=SI&Mask=4#Thermo-Phase>.
10. Williamham C.B., Taylor W.J., Pignocco J.M., Rossini F.D. Vapor Pressures and Boiling Points of Some Paraffin, Alkylcyclopentane, Alkylcyclohexane, and Alkylbenzene Hydrocarbons, *J. Res. Natl. Bur. Stand. (U.S.)*. – 1945. – Vol. 35. – N 3. – Pr. 219-244. [doi:10.6028/jres.035.009].
11. <https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C124185&Units=SI&Mask=4#Thermo-Phase>.
12. Kliment V., Fried V., Pick J., Gleichgewichtflüssigkeit-dampf XXXIII. Systemebutylacetat-phenol und wasser-phenol, *Collect. Czech. Chem. Commun.* – 1964. – Vol. 29, N 9. – Pr. 2008-2015. [doi:10.1135/cccc19642008].
13. <https://www.msds.com/view/1255978/8833022>.
14. <https://www.msds.com/view/1547881/2559005>.
15. <https://www.msds.com/view/3949872/9751820>
16. <https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?Name=n-butyl+acetate&Units=SI&cTP=on>
17. Mochalov A.V. *Temperatury vspyshki smesey 2-metilpropanola s n-pentadekanom* / A.V. Mochalov, F.F. SHakurov, T.A. Mochalova, D.V. Batov // VI Konferenciya molodyh uchenykh «Teoreticheskaya i ehksperimental'naya himiya zhidkofaznyh sistem» (Krestovskie chteniya)». 8 – 12 noyabrya 2011. Tezisy dokladov. – Ivanovo, 2011. – S. 96.
18. Raschet osnovnykh pokazatelej pozharovzryvoopasnosti veshchestv i materialov / YU.N. SHEbeko, V.YU. Navceniya, S.N. Kopylov, V.I. Gorshkov, I.A. Korol'chenko, A.N. Poletaev, N.L. Poletaev, O.V. Vasina, V.N. Verevkin, S.G. Belov.
19. Bronishevskij B.P. *Special'naya himiya: ucheb. posobie* / B.P. Bronishevskij, V.A. SHandyba. – M.: Uchebno-metodicheskij kabinet, 1979. – 117 s.
20. Batov D.V. *Ispol'zovanie additivno-grupppovogo metoda dlya analiza, sistematizacii i prognozirovaniya pokazatelej pozharnoj opasnosti goryuchih zhidkostej.* // *Ros. him. zhurn.* – 2014. – T. LVIII. – № 2. – S. 80 – 91.

BINARY FLASH (1-DECANOL – H-DECAN) AND TRIPLE TEMPERATURES (1-DECANOL – H-DECAN – BUTYL ACETATE)

The article reports the results of measurements of the flash point of binary (1-decanol – n-decane) and ternary (1-decanol – n-decane – butylacetate) mixtures of different composition. It was found that the flash point of the decanol-1 – n-decane mixture in the composition range 0.5–1 molar fraction of the volatile component (decane) is close to its flash point. For ternary mixtures in which the decanol-1 / n-decane molar ratio is 1, the addition of the third volatile component causes a monotonic decrease in flash point. On the basis of the obtained data, the existing methods were tested and a new method was proposed for calculating the flash point of mixtures in the ideal solution approximation.

Keywords: *fire hazard indicator, flash point, mixed solvent, 1-decanol, n-decane, butylacetone.*

Батов Дмитрий Вячеславович,

доктор химических наук,

Объединенный физико-химический центр растворов Института химии растворов им. Г.А. Крестова РАН и Ивановского государственного химико-технологического университета, ФГБУН Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, ФГБОУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет,

Россия, г. Иваново,

e-mail: bat21dv@yandex.ru,

Batov D.V.,

Doctor of Chemical Sciences,

G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the RAS

Russia, Ivanovo.

Мочалова Татьяна Александровна,

кандидат биологических наук,

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Россия, г. Иваново,

e-mail: mihailmochalov@mail.ru,

Mochalova T.A.,

Candidate of Biological Sciences

Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,

Russia, Ivanovo.

Сторонкина Ольга Евгеньевна,

кандидат химических наук,

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Россия, г. Иваново,

e-mail: oleg1968@mail.ru,

Storonkina O.E.,

Candidate of Chemical Sciences,

Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,

Russia, Ivanovo.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДЕТЕРМИНИСТИЧЕСКОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

А.Л. Никифоров, Г.Н. Малащенко, С.Н. Ульева, Е.В. Карасев

Изучение многолетних статистических данных о пожарах показывает, что многие причины загорания электроустановок являются общими, зависят от теплового проявления электрического тока и определяются, в основном, горючестью используемых электроизоляционных материалов.

Снижение пожарной опасности электроустановок возможно за счет постоянного мониторинга электрических сетей в реальном режиме их эксплуатации. Цель работы заключалась в проведении сравнительного анализа основных методов оценки пожарной опасности электротехнических изделий, что впоследствии предполагается использовать при разработке межгосударственных стандартов по направлению пожарной безопасности электротехнической продукции.

Ключевые слова: *пожарная опасность, электроустановки, методы оценки, предаварийные режимы работы, перегрузки, короткие замыкания, большие переходные сопротивления.*

Многолетняя статистика пожаров в экономически развитых странах показывает, что общая доля пожаров от электрических устройств ежегодно составляет от 15 до 25% [1, 2, 11]. При этом отмечается, что более 50% всех пожаров от электротехнических устройств происходит в связи с нарушениями эксплуатации электропроводок [2,5 – 8,12]. Материальный ущерб от загорания электропроводок превышает материальные потери от других пожаров. Этот факт можно объяснить тем, что кабельные коммуникации оборудуются в сооружениях (каналах, шахтах, коллекторах, тоннелях и т.д.), где обычно отсутствует визуальный контроль, позволяющий обнаружить наличие и местонахождение очага горения еще на этапе его возникновения или развития. Отличительной особенностью кабельных коммуникаций является большое количество горючей изоляции электрических кабелей и их значительная протяженность. При данных обстоятельствах возрастает вероятность возникновения и распространения пожара.

Основными причинами, приводящими к возгоранию электропроводок и электрических кабелей [3,4,8], являются:

– различные комбинации коротких замыканий в токоведущих, заземляющих и зануляющих жилах по причине повреждения изоляции коммутационным или грозовым перенапряжением, вследствие воздействия агрессивной среды или высокой влажности, внутреннего или внешнего, локального, теплового и механического воздействия или старения;

– избыточный нагрев и воспламенение изоляции токоведущих жил от перегрузки в

результате наличия потребителей завышенной мощности, либо снижения теплоотвода, при неисправностях вентиляции;

– перегрев участков переходных соединений по причине ослабления контактов токоведущих жил или окисления соединенных проводов.

Необходимо отметить, что загорания электроустановок происходят по ряду типовых причин, которые зависят от тепловой энергии электрического тока и определяются в основном горючестью используемых электроизоляционных материалов. Практически во всех случаях причиной вторичных коротких замыканий в электрических сетях является воспламенение горючей изоляции.

Обеспечение требуемого уровня пожарной безопасности электроустановок возможно за счет постоянного мониторинга электрических сетей в реальном режиме их эксплуатации. При этом необходимого уровня защиты электрических сетей от возгораний можно достичь, имея необходимую информацию о режимах их работы и условиях эксплуатации, предшествующих пожароопасному режиму, а задача предотвращения последующего воспламенения изоляции электропроводки при переходе к аварийному режиму работы может быть решена с помощью методов оценки пожарной опасности предаварийных режимов работы электрических сетей.

Цель нашей работы заключалась в проведении сравнительного анализа основных методов оценки пожарной опасности электротехнических изделий, что впоследствии предполагается использовать при разработке межгосударственных стандартов по направлению

пожарной безопасности электротехнической продукции.

В процессе проведения анализа методов определения пожарной опасности электроустановок был выявлен ряд подходов к оценке их пожарной опасности. Условно эти методы можно разделить на:

- детерминистические;
- вероятностно-статистические;
- статистические;
- вероятностные.

Для проведения анализа перечисленных выше методов и последующего выбора наиболее точного и адекватного подхода к оценке безопасной эксплуатации электротехнической продукции необходимо было рассмотреть основные вопросы, связанные с возможностью реализации этих методов на практике, оценить их сложность и трудоемкость, а также достоверность конечных результатов.

На первом этапе работы нами был рассмотрен детерминистический метод оценки пожарной опасности электроустановок.

Детерминистический метод оценки пожарной опасности – это классический метод, основанный на определении пожароопасных свойств материалов. Материалы, которые в силу присущих им свойств благоприятствуют возникновению пожара, относятся к пожароопасным. Разработка специальных профилактических противопожарных мероприятий определяется на основе оценки свойств данных материалов. При таком подходе объем противопожарных мероприятий определяется в настоящее время категорированием объектов, которое, в свою очередь, определяется пожароопасными свойствами применяемых материалов. Так, при оценке всех твердых веществ и материалов определяют группу горючести (возгораемости) и температуру воспламенения. Согласно [10] при определении параметра пожарной опасности вычисляется характеристика надежности, под которой, в данном случае, понимается коэффициент безопасности – K_B . Этот коэффициент показывает кратность изменения экспериментального значения параметра пожарной опасности – Φ , чтобы получить величину $\Phi_{опр}$, удовлетворяющую условию:

$$P(\Phi_{опр} < \Phi_{ист}) = P_{ном}, \quad (1)$$

где $\Phi_{опр}$ – определяемое значение параметра пожарной опасности;

$\Phi_{ист}$ – истинное значение параметра пожарной опасности.

На основании этого условия можно утверждать, что под понятием надежности понимается вероятность того, что определяемое экспериментальное или расчетное значение параметра пожарной опасности $\Phi_{опр}$ будет более безопасно в пожарном отношении, чем истинное значение параметра $\Phi_{ист}$. Значение коэффициента безопасности K_B для экспериментального значения соответствующего параметра пожарной опасности Φ рассчитывается по формуле (2) [9]:

$$K_B = K_n (1 - \alpha \cdot \delta_9), \quad (2)$$

где K_n – коэффициент, учитывающий погрешность метода определения параметра;

δ_9 – оценка среднего квадратичного отклонения отдельного результата определения параметра от среднего арифметического;

α – коэффициент запаса, зависящий от вероятности невоспламеняемости смеси $P_{см}$.

Значение вероятности невоспламеняемости $P_{см}$ рассчитывают по формуле (3) [9]:

$$P_{см} = 1 - (1 - P_{без}) / (1 - P_{ист}), \quad (3)$$

где $P_{без}$ – нормативный уровень пожарной безопасности;

$P_{ист}$ – фактическая величина вероятности отсутствия источника зажигания.

Из приведенных формул видно, что основное внимание уделяется точности определения пожароопасных свойств материалов как физических величин. При этом точность оценки пожарной опасности в основном определяется надежностью проводимых измерений. При этом сама вероятность появления источника зажигания (в случае возможности его появления) определяется вполне однозначно.

Исходя из анализа детерминистического метода оценки пожарной опасности, можно сделать следующие выводы:

– при использовании рассмотренного метода не учитывается один из основных факторов оценки пожарной опасности;

– данный подход к оценке пожарной опасности является упрощенным и не предусматривает требований к мерам защиты от возможных источников зажигания;

– детерминистический метод оценки позволяет оптимизировать только профилактические мероприятия, связанные с обеспечением пожарной безопасности электроустановок.

Библиография

1. Анализ обстановки с пожарами и последствий от них на территории Российской Федерации. – Департамент надзорной деятельности и профилактической работы МЧС России, Москва. www.mchs.gov.ru.
2. Брушлинский Н.Н., Соколов С.В., Вагнер П. Мировая пожарная статистика в конце XX века / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов, П. Вагнер. – М.: Академия ГПС МВД России, 2000. – 80 с.
3. Быков Е.В., Веселовский С.Б., Дудкевич А.Н. Надежность кабелей и проводов для радиоэлектронной аппаратуры / Е.В. Быков, С.Б. Веселовский, А.Н. Дудкевич. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 200 с.
4. Иванников В.Л. Теоретические аспекты пожарной опасности кабельных коммуникаций / В.Л. Иванников. – Кишинев: Картя Молдавеныяскэ, 1989. – 285 с.
5. Зыков В.И., Анисимов Ю.Н., Малащенко Г.Н. Противопожарная защита электрических сетей от токов утечки / В.И. Зыков, Ю.Н. Анисимов, Г.Н. Малащенко // Снижение риска гибели людей при пожарах: Материалы XVIII науч.-практ. конф., Ч.1. – М.: ВНИИПО, 2003. – С. 182-185.
6. Зыков В.И., Малащенко Г.Н. Обеспечение пожарной безопасности электропроводки / В.И. Зыков, Г.Н. Малащенко // Материалы двенадцатой научно-технической конференции «Системы безопасности» – СБ-2003 Международного форума информатизации. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2003. – С. 240-241.
7. Малащенко Г.Н. Статистические данные о пожарной опасности электрооборудования / Г.Н. Малащенко // Материалы девятой научно-технической конференции «Системы безопасности» – СБ-2000 Международного форума информатизации. – М.: Академия ГПС МВД России, 2000. – С. 73-74.
8. Малащенко Г.Н. Пожарная опасность проводов и кабелей в предаварийных режимах работы электрических сетей / Г.Н. Малащенко. Дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – М., 2007. – 162 с.
9. Монахов В.Т. Методы исследования пожарной опасности веществ / В.Т. Монахов. – М.: Химия, 1972. – 414 с.
10. Монахов В.Т. Методика определения вероятности возникновения пожара в пожароопасном узле (элементе) объекта / В.Т. Монахов. – М.: ВНИИПО МВД СССР, 1979. – 6 с.
11. Пожары и пожарная безопасность в 2014 году: Статистический сборник / Под общей редакцией А.В. Матюшина. – М.: ВНИИПО, 2015, – 124 с.: ил. 40.
12. Смелков Г.И. Пожарная безопасность электропроводок / Г.И. Смелков. – М.: ООО «Кабель», 2009. – 328 с.

References

1. Analiz obstanovki s pozharami i posledstvij ot nih na territorii Rossijskoj Federacii. – Departament nadzornoj deyatelnosti i profilakticheskoj raboty MCHS Rossii, Moskva. www.mchs.gov.ru.
2. Brushlinskij N.N., Sokolov S.V., Vagner P. Mirovaya pozharnaya statistika v konce XX veka / N.N. Brushlinskij, S.V. Sokolov, P. Vagner. – M.: Akademiya GPS MVD Rossii, 2000. – 80 s.
3. Bykov E.V., Veselovskij S.B., Dudkevich A.N. Nadezhnost' kabelej i provodov dlya radioehlektronnoj apparatury / E.V. Bykov, S.B. Veselovskij, A.N. Dudkevich. – M.: EHnergoatomizdat, 1982. – 200 s.
4. Ivannikov V.L. Teoreticheskie aspekty pozharnoj opasnosti kabel'nyh kommunikacij / V.L. Ivannikov. – Kishinev: Kartya Moldavenyaskah, 1989. – 285 s.
5. Zykov V.I., Anisimov YU.N., Malashenkov G.N. Protivopozharnaya zashchita ehlektricheskikh setej ot tokov utechki / V.I. Zykov, YU.N. Anisimov, G.N. Malashenkov // Snizhenie riska gibeli lyudej pri pozharah: Materialy XVIII nauch.-prakt. konf., CH.1. – M.: VNIPO, 2003. – S. 182-185.
6. Zykov V.I., Malashenkov G.N. Obespechenie pozharnoj bezopasnosti ehlektroprovodki / V.I. Zykov, G.N. Malashenkov // Materialy dvenadcatoy nauchno-tekhnichejskoj konferencii «Sistemy bezopasnosti» – SB-2003 Mezhdunarodnogo foruma informatizacii. – M.: Akademiya GPS MCHS Rossii, 2003. – S. 240-241.
7. Malashenkov G.N. Statisticheskie dannye o pozharnoj opasnosti ehlektrooborudovaniya / G.N. Malashenkov // Materialy devyatoj nauchno-tekhnichejskoj konferencii «Sistemy bezopasnosti» – SB-2000 Mezhdunarodnogo foruma informatizacii. – M.: Akademiya GPS MVD Rossii, 2000. – S. 73-74.
8. Malashenkov G.N. Pozharnaya opasnost' provodov i kabelej v predavarijnyh rezhimah raboty ehlektricheskikh setej / G.N. Malashenkov. Dis. na soisk. uch. step. kand. tekhn. nauk. – M., 2007. – 162 s.
9. Monahov V.T. Metody issledovaniya pozharnoj opasnosti veshchestv / V.T. Monahov. – M.: Himiya, 1972. – 414 s.
10. Monahov V.T. Metodika opredeleniya veroyatnosti vozniknoveniya pozhara v pozharoopasnom uzle (ehlemente) ob"ekta / V.T. Monahov. – M.: VIPO MVD SSSR, 1979. – 6 s.
11. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2014 godu: Statisticheskij sbornik / Pod obshej redakciej A.V. Matyushina. – M.: VNIPO, 2015, – 124 s.: il. 40.
12. Smelkov G.I. Pozharnaya bezopasnost' ehlektroprovodok / G.I. Smelkov. – M.: ООО «Kabel'», 2009. – 328 s.

THE ANALYSIS OF POSSIBILITIES OF DETERMINISTIC METHOD OF ASSESSING THE FIRE HAZARD OF ELECTRICAL INSTALLATIONS

The study of long-term statistical data on fires shows that many causes of fire of electrical installations are general, depend on the thermal manifestations of electric current and are determined primarily by the flammability of electrical insulating materials.

The reduction of fire hazard of electrical installations is possible due to continuous monitoring of electrical networks in the real mode of operation. The aim of our work is to conduct a comparative analysis of main methods for assessing fire hazard of electrotechnical products that will eventually be used in the development of interstate standards in the direction of the fire safety of electrical products.

Keywords: *fire danger, electrical installations, evaluation methods, pre-emergency modes of operation, overload, short circuit, large transient resistance.*

Никифоров Александр Леонидович,

доктор технических наук,

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Россия, г. Иваново,

E-mail: anikiforoff@list.ru,

Nikiforov A.L.,

doctor of technical sciences,

Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,

Russia, Ivanovo.

Малашенков Георгий Николаевич,

кандидат технических наук,

Академии Государственной противопожарной службы МЧС России,

Россия, г. Москва,

E-mail: georg-agps@inbox.ru,

Malashenkov G.N.,

Candidate of Technical Sciences,

Fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,

Russia, Moscow.

Ульева Светлана Николаевна,

кандидат химических наук,

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Россия, г. Иваново,

E-mail: Jivotjagina@mail.ru,

Ulyeva S.N.,

PhD in Chemistry,

Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,

Russia, Ivanovo.

Карасев Евгений Викторович,

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

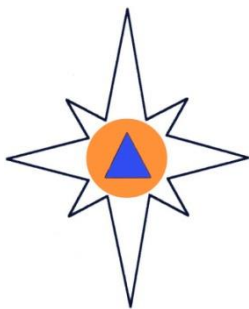
Россия, г. Иваново,

E-mail: evkar75@mail.ru,

Karasev E.V.,

Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,

Russia, Ivanovo.



ПОЖАРНАЯ ТЕХНИКА

УДК 614.8.084

ИНВЕРСНЫЙ ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОЙ АНАЛИЗ ВЫБОРА АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ МАЛООБЪЕМНЫХ И РАССРЕДОТОЧЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

С.Н. Масаев, В.Н. Масаев, А.Н. Минкин, Д.А. Едимичев, Д.Ю. Мочалов

Статья посвящена возможности использования функционально-стоимостного анализа как одного из методов эвристического анализа, цель которого заключается в выборе оптимального варианта аварийно-спасательной техники для выполнения задач по назначению на рассредоточенных и малообъемных объектах при минимальных затратах.

Ключевые слова: *выбор оптимального варианта, аварийно-спасательная техника, аварийно-спасательные и другие неотложные работы, малообъемные и рассредоточенные объекты, функционально-стоимостный анализ.*

Анализ современного состояния специализированной техники, используемой в качестве аварийно-спасательной, показывает, что при ликвидации последствий многих чрезвычайных ситуаций достигнуты значительные результаты в развитии технологии процессов проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ (далее – АСДНР). Сроки выполнения АСДНР зависят от характера разрушений, типов сооружений, объемов, а также ряда других факторов и, безусловно, определяют количество и вид АСТ. Целью проводимой работы является выбор оптимального варианта АСТ для комплексной механизации АСДНР, позволяющего успешно решать первоочередную задачу, требующую минимальных временных затрат. В одном случае – это оказание помощи и спасение жизни пострадавших людей, находящихся под обломками объектов. В другом – предотвращение возможного развития ЧС (возникновения новых очагов пожаров, взрывов и разрушений и т.п.).

Важно отметить, что разборка завалов на объектах малоэтажного строительства и т.п. характеризуется выполнением малообъемных и рассредоточенных АСДНР, которые имеют определенный удельный вес в различных видах АСДНР и в значительной мере зависят от правильного решения вопросов механизации.

Показатели завалов зданий являются

определяющими при выборе технологии АСДНР и подразделяются непосредственно на показатели, характеризующие завал (дальность разлета обломков, высота завала, объемно-массовые характеристики завалов, структура завала по весу обломков, строительных элементов и арматуры), и показатели, характеризующие обломки завала (вес обломков, геометрические размеры, структура и содержание арматуры).

Четкого определения понятия «малообъемности» и «рассредоточенности» аварийно-спасательных работ пока еще нет. Определяем эти термины исходя из характеристик объектов: «рассредоточенный» и «малообъемный».

Рассредоточенный и малообъемный объект – это тип здания и сооружения, связанный с характером:

нахождения отдельных однотипных и разнотипных объектов;

отдельно стоящих, но расположенных на относительно небольшом расстоянии друг от друга объектов (автодорог, железных дорог, трубопроводов и т.п.);

однотипные повторяющиеся объекты (жилые малоэтажные поселки, и т.д.).

Специфика условий выполнения АСДНР на малообъемных и рассредоточенных объектах имеет много общего, независимо от конкретных конструктивных решений, конфигураций,

габаритов и др., что определяется:

технологической организацией производства АСДНР, не требующей сооружения временных баз для стоянки, хранения и обслуживания;

преимущественным использованием универсальной АСТ с широкой номенклатурой и многофункциональностью рабочих органов;

применением мобильной или легко транспортируемой АСТ;

использованием широкой номенклатуры малогабаритной АСТ;

комплектацией АСТ по показателям надежности, эффективности и энергосбережения.

АСДНР являются одним из направлений деятельности, подчиняются общим законам и направлениям технического развития. Несмотря на серийную концепцию специализированной техники (по назначению, инструктивному исполнению и др.), существуют общие принципы, подходы, методы и закономерности, которые могут быть применены при выборе любой единицы техники в качестве АСТ.

Процесс выбора аварийно-спасательной техники происходит в условиях межвидовой и внутривидовой борьбы, конкуренции между типами, моделями. Практика отвергает все неэффективное. Новые идеи, удачные решения постепенно побеждают в естественной конкуренции и распространяются в определенной сфере деятельности, имеющей определенную специфику.

Учет и прогнозирование этих тенденций дает возможность выбрать перспективные направления разработок, оценить целесообразность их реализации в данный период времени, установить влияние изменений в конструкции АСТ на основные технико-экономические параметры выбираемой техники, спрогнозировать темпы технического прогресса. По мере возрастания требований к специальной технике производители гибко меняют свою стратегию, учитывая многообразие факторов, в том числе возможность использования в смежных направлениях.

Существующие методы оценок эффективности использования АСТ рассматривают варианты технических решений с позиций экономики труда и всех других видов ресурсов, обусловленных эксплуатацией АСТ.

Количественный анализ сравнительной экономичности состоит в расчете и сравнении по вариантам технических решений, соответствующих частных и обобщающих показателей затрат. Анализ, соответствующий технической литературе, показал, что предлагались следующие критерии: минимум приведенных затрат, максимум роста производительности и др.

Впервые детальный анализ экономической эффективности применения

специальной техники дается в работе С.Е. Контонера [3]. С учетом обобщений основных направлений повышения эффективности использования АСТ при ликвидации ЧС могут быть сведены к достижению экономического эффекта за счет:

– снижения затрат на эксплуатацию АСТ в установленный промежуток времени:

$$\mathcal{E}_{\text{эо.з}} = K_n \left[\frac{H_{ам} C_{б} \chi_m K_{зо}}{100} \left(1 - \frac{1}{K_{зв}} \right) + (C_{р.о} + \rho C_{тсм.о}) (K_{ср.ч} - 1) \right], \quad (1)$$

– сокращения продолжительности работ на объекте:

$$\mathcal{E}_n = H_p q_{y-n} (1 - 1/K_{зв}), \quad (2)$$

где: K'_n – коэффициент накладных расходов на затраты по эксплуатации АСТ; $H_{ам}$ – нормативы в % амортизационных отчислений на затрачиваемый временной промежуток; $C_{б}$ – балансовая стоимость АСТ; χ_m – число АСТ; $K_{зо}$ – степень увеличения объемов работ; $K_{зв}$ – коэффициент, учитывающий увеличение нормативной выработки АСТ; $K_{ср.ч}$ – коэффициент увеличения среднечасовой выработки АСТ; $C_{р.о}$ – стоимость замены сменной оснастки; $C_{тсм.о}$ – стоимость топлива, смазочных и обтирочных материалов, израсходованных за фактический промежуток времени при проведении АСДНР; H_p – размер накладных расходов; q_{y-n} – условно-постоянная часть накладных расходов.

В общем случае сопоставимость АСТ производится по результатам их применения, т.е. по объему и характеру выполненной работы:

$$Z_y = Z / \Pi_y, \text{ руб/ед. выработки} \quad (3)$$

где: t – фактический промежуток времени проведения АСДНР; Z – приведенные затраты, руб/т; Π_y – эксплуатационная производительность АСТ.

Приведенные затраты рекомендуется определять по зависимости

$$Z = U + K(P + E_n) + E_n K_z, \quad (4)$$

где: U – текущие затраты на эксплуатацию АСТ без учета отчислений на реновацию, руб/т; K – капитальные затраты, связанные с вводом в

эксплуатацию АСТ; P – доля отчислений от суммы капитальных затрат на реновацию; $E_n = 0,15$ – нормативный коэффициент эффективности; K_3 – сопутствующие капитальные вложения, связанные с созданием нормальных условий эксплуатации АСТ.

Зависимость (4) не учитывает время работы АСТ на конкретном объекте, затраты, связанные с перебазировкой и др. Детальный анализ эффективности эксплуатации специальной техники с учетом указанных факторов дан в работе Е.М. Кудрявцева [4-6]. Приведенные затраты рекомендуется определять:

$$Z = C_o + E_n K T_o / T_n, \quad (5)$$

где: C_o – себестоимость механизированных работ на конкретном объекте ЧС; T_o и T_n – соответственно время работы на объекте и время работы АСТ в течение требуемого промежутка времени.

В работах Е.М. Кудрявцева решены многие экономические задачи: формирование оптимальных комплектов и комплексов специальной техники, оптимальное использование сменного рабочего оборудования, прогнозирование эффективности комплексной механизации работ и др.

Экономический эффект от применения новой или модернизированной АСТ, находящейся в эксплуатации, составит

$$\Delta_2 = (Z'_y - Z''_y) \cdot P''_3, \quad (6)$$

где: Z'_y и Z''_y – соответственно удельные приведенные затраты по базовой и новой АСТ; P''_3 – эксплуатационная производительность модернизированной АСТ.

Входящие в состав критериального уравнения величины C_o и K рекомендуется определять решением следующих равенств:

$$C_o = (C_{мч} \cdot \chi_{мч} + C_{мд}) \cdot K_1 + P_m \cdot \chi_{мч} \cdot K_2, \quad (7)$$

$$C_{мч} = C_{мп} \cdot H_{ам} \cdot (T_{зч} \cdot 100) + C'_{мэ} + 3, \quad (8)$$

$$K = (C_{мп} / T_{зч}) \cdot \chi_{мч}, \quad (9)$$

$$T_{зч} = \frac{T_{ф} \beta t_{см} \chi_{мч}}{\chi_{мч} (1 + \beta t_{см} t_p) + t (1 + \beta t_{см} t'_p)}, \quad (10)$$

где: $C_{мч}$ – себестоимость 1 раб.-ч. работы АСТ

без учета единовременных затрат, руб; $\chi_{мч}$ – число раб.-ч. работы АСТ на объекте; $C_{мд}$ – единовременные затраты на монтаж и демонтаж АСТ, руб; K_1 – коэффициент, учитывающий размер накладных расходов на зарплату персонала, занятого управлением АСТ; P_m – часовая заработная плата вспомогательного персонала, участвующего в механизированном процессе; K_2 – коэффициент, учитывающий прямые расходы на эксплуатацию АСТ; $C_{мп}$ – инвентарно-расчетная стоимость АСТ, руб; $H_{ам}$ – норма амортизационных отчислений от стоимости АСТ; $T_{зч}$ – число часов работы АСТ в фактический промежуток времени проведения АСДНР; β – коэффициент интенсивности работы АСТ;

$C'_{мэ}$ – эксплуатационные затраты на 1 час работы АСТ без учета зарплаты персонала, руб; 3 – зарплата персонала, занятого управлением АСТ и ежедневным ее обслуживанием, руб/ч; $T_{ф}$ – фактический промежуток рабочего времени проведения АСДНР; $t_{пер}$ – время перебазировки АСТ с объекта на объект, ч.; t_p и t'_p – количество времени нахождения АСТ в техническом обслуживании и ремонте в течение работы на объекте и на 1 ч перебазировки АСТ своим ходом, ч.

Расчет режима работы АСТ в условиях проведения АСДНР. Необходимо учитывать особенности технического обслуживания и ремонта [7]. Техническое обслуживание и ремонт на объекте ЧС, как правило, включает в себя заправку горюче-смазочными материалами, необходимую замену рабочих органов, мелкосрочный ремонт и др.

Время нахождения АСТ в техническом обслуживании и ремонте в сутки определяется, час:

$$t_p = \frac{(24 - T_{п}) K_{см} \cdot \Pi_{см} \cdot P_{ч}}{1 + K_{см} \cdot \Pi_{см} \cdot P_{ч}}, \quad (11)$$

где: $T_{п}$ – перерывы в работе АСТ в сутки по всем причинам, кроме перерывов для технического обслуживания и ремонта, ч; $K_{см}$ – количество смен работы в сутки; $\Pi_{см}$ – продолжительность смены, ч; $P_{ч}$ – количество часов нахождения АСТ в техническом обслуживании и ремонте в расчете на 1 ч сменного рабочего времени машины. Величина $P_{ч}$ принимается на основании показателей, содержащихся в эксплуатационной

документации, по ГОСТ 2.601, заводо-изготовителей и фактических сведений по аналогичным машинам.

Если эти данные отсутствуют, то $P_{\text{ч}}$ определяется по формуле

$$P_{\text{ч}} = \frac{\sum K_{\text{тор}} \cdot P_{\text{р}}}{\Pi_{\text{м}}} \cdot K_{\text{п}}, \quad (12)$$

где: $K_{\text{тор}}$ – количество технических обслуживаний и ремонтов АСТ за один ремонтный цикл; $P_{\text{р}}$ – продолжительность одного технического обслуживания и ремонта соответствующего вида машин в рабочих сутках; $\Pi_{\text{м}}$ – продолжительность ремонтного цикла в моточасах.

При наличии счетчика моточасов время нахождения АСТ в техническом обслуживании и ремонте в сутках можно определить:

$$t_{\text{р}} = \frac{T_{\text{мч}} \cdot P_{\text{ч}}}{K_{\text{п}}}, \quad (13)$$

где: $T_{\text{мч}}$ – наработка машины в моточасах; $K_{\text{п}}$ – коэффициент отношения наработки машины в моточасах к сменному рабочему времени, за которое она получена.

В основе количественного анализа чаще всего используется критерий минимума приведенных затрат, а методика анализа предусматривает решение следующих вопросов:

составление комплектов или отдельных АСТ для выполнения заданного технологического процесса;

определение временного режима работ комплекта АСТ;

расчет капитальных затрат;

расчет текущих издержек;

расчет приведенных затрат по всем вариантам;

расчет сравнительного временного экономического эффекта.

С увеличением объема АСР на объектах расширяется область эффективного применения АСТ, так как затраты времени сокращаются $t_{\text{пер}} \rightarrow 0$, а, следовательно, $T_{\text{сч}} \rightarrow \max$, $T_{\text{о}} \rightarrow T_{\text{сч}}$ и $Z \rightarrow \min$.

Для получения максимальной эффективности необходимо произвести их оптимальное распределение по объектам ЧС, а также привести оптимальную эксплуатацию.

Изменившиеся условия проведения АСДНР (характер и объем работ на объектах, дальности их расположения друг от друга), а также имеющаяся номенклатура АСТ и их состояния требует технико-экономического анализа, получившего название «функционально-стоимостного анализа» (далее – ФСА).

Разработкой теоретической базы применения ФСА занимались ученые М.Г. Карпунин, Н.К. Моисеева, Ю.М. Соболев и др. [8 – 10]. При проведении ФСА необходимо четкое разграничение понятий «цель», «результат», «действие», «элемент», «связь», «функция», «свойство».

В зависимости от специфических особенностей рассматриваемого объекта исследования методики ФСА отличаются друг от друга способом оценки и анализа решений, но основные положения остаются в каждой из этих методик.

На рисунке 1 приведена схема проведения ФСА при выборе оптимального варианта АСТ для малообъемных и рассредоточенных объектов.

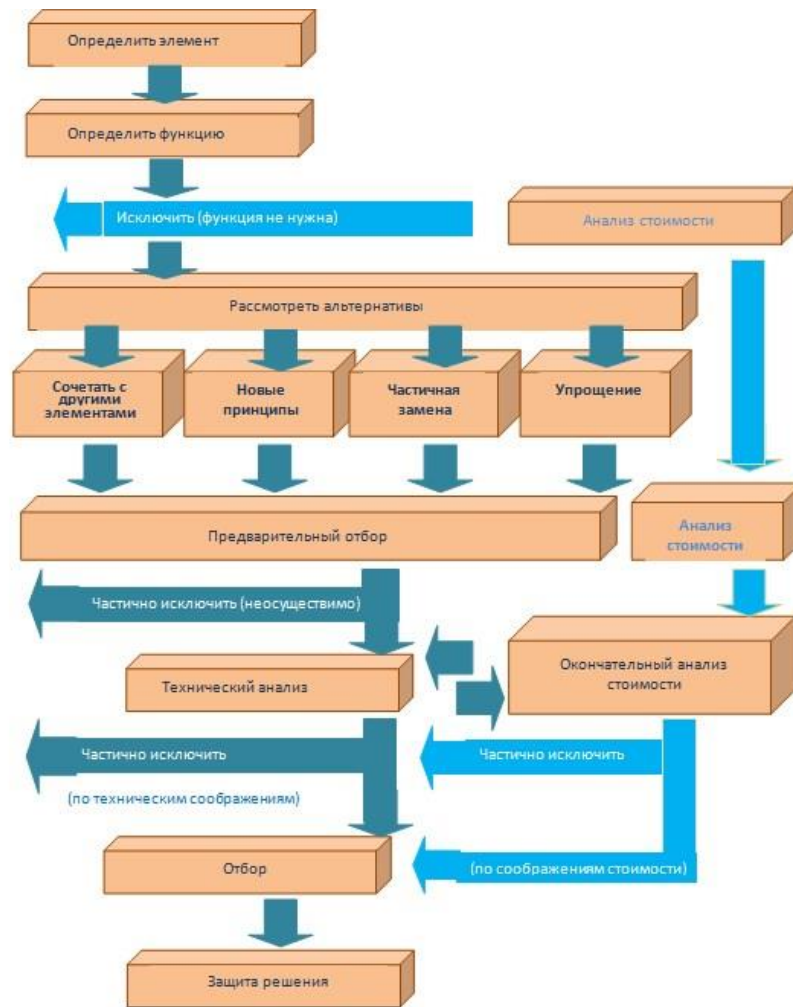


Рис. 1. Схема проведения функционально-стоимостного анализа

В соответствии [11] весь процесс условно может быть разбит на этапы, табл. 1:

Таблица 1

Этапы выбора оптимального варианта АСТ для проведения АСДНР на малообъемных и рассредоточенных объектов

Этап	Проводимые действия
Подготовительный	Рассматриваются вопросы, связанные с состоянием и перспективами применения.
Информационный	Сбор, систематизация и всестороннее изучение имеющихся сведений.
Аналитический	Ставится задача выявить причины возникновения высоких затрат и недостаточного уровня качества исполнения функций.
Творческий	С помощью различных методов проводится поиск эффективных технических и организационных решений по улучшению исполнения функций.
Исследовательский	Проводится комплексная оценка существующего варианта исполнения и варианта, полученного с учетом предложений, возникших в ходе реализации анализа.
Рекомендательный	Разработка и согласование рекомендаций по результатам анализа.
Внедрения	Проведение анализа планов–графиков внедрения этих рекомендаций.

Анализ результатов ФСА показал, что инверсная форма может быть применена для выбора АСТ при проведении АСДНР решением следующих задач:

поиск и выбор областей применения, расширение направлений деятельности;

поиск и выбор новых областей применения;

поиск и выбор сфер использования новых средств;

поиск и выбор частных технических решений для получения решения при унификации

конструкций изделия, оснастки или оборудования.

В качестве вывода необходимо отметить, что применение ФСА при выборе оптимального варианта АСТ целесообразно выполнять с помощью особой инверсной формы.

В задачах, решаемых с применением

ФСА, пока еще отсутствуют вопросы повышения эффективности эксплуатации АСТ. В условиях ликвидации ЧС эта задача весьма актуальна. ФСА как один из наиболее результативных инструментов экономии ресурсов позволит решать задачи эффективной эксплуатации АСТ.

Библиография

1. Масаев В.Н. Аварийно-спасательная техника для проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ на малообъемных и рассредоточенных объектах / Масаев В.Н., Минкин А.Н., Сергеев И.Ю. // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2018. – №1. – С.23-26. – Режим доступа: http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2018/v8/N8_23-26.pdf, свободный. – Загл. с экрана. — Яз. рус., англ.
2. Масаев В.Н., Бушуев Р.С. Определение критерия выбора аварийно-спасательного инструмента для проведения аварийно-спасательных работ при дорожно-транспортных происшествиях / В.Н. Масаев, Р.С. Бушуев // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2017. – №2. – С.14-19. – Режим доступа: http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2017/v5/N5_14-19.pdf, свободный. – (Дата обращения: 28.06.2018).
3. Методы обоснования эффективности применения машин в строительстве / С.Е. Конторер. – М.: Стройиздат, 1969.
4. Е.М. Кудрявцев. Строительные машины и оборудование: Учебник. – М.: Издательство АСВ, 2012. – 328 с.
5. Е.М. Кудрявцев. Комплексная механизация строительства: учебник. – Издание третье, перераб. и доп. – М.: Издательство АСВ, 2010. – 464 с.
6. Кудрявцев Е.М. GPSSWorld. Основы имитационного моделирования различных систем / Е.М. Кудрявцев. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 332 с.
7. МДС 12-13.2003. Механизация строительства. Годовые режимы работы строительных машин.
8. Справочник по функционально-стоимостному анализу / Ковалев А.П., Моисеева Н.К., Сысун В.В. [и др.] под ред. Карпунина М.Г., Майданчик Б.И. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 432 с.
9. Соболев Ю.М. Конструктор и экономика: ФСА для конструктора / Ю.М. Соболев. – Пермь, 1987. – 102 с.
10. Куликов Я.В., Особенности развития функционально-стоимостного анализа в России // Вестник Пермского университета. – 2011. – Экономика. – Вып. №4(11). – С.57-63.
11. Система функционально-стоимостного анализа. Основные положения. (РД 16 60.001-85. – Отраслевая система функционально-стоимостного анализа). – 40 с.

References

1. Masaev V.N. Avarijno-spasatel'naya tekhnika dlya provedeniya avarijno-spasatel'nyh i drugih neotlozhnyh rabot na maloob'emnyh i rassredotochennyh ob'ektah / Masaev V.N., Minkin A.N., Sergeev I.YU. // Sibirskij požarno-spasatel'nyj vestnik. – 2018. – №1. – С.23-26. – Rezhim dostupa: http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2018/v8/N8_23-26.pdf, svobodnyj. – Zagl. s ehkrana. — YAz. rus., angl.
2. Masaev V.N., Bushuev R.S. Opredelenie kriteriya vybora avarijno-spasatel'nogo instrumenta dlya provedeniya avarijno-spasatel'nyh rabot pri dorozhno-transportnyh proisshestviyah / V.N. Masaev, R.S. Bushuev // Sibirskij požarno-spasatel'nyj vestnik. – 2017. – №2. – С.14-19. – Rezhim dostupa: http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2017/v5/N5_14-19.pdf, svobodnyj. – (Data obrashcheniya: 28.06.2018).
3. Metody obosnovaniya ehffektivnosti primeneniya mashin v stroitel'stve / S.E. Kontorer. – M.: Strojizdat, 1969.
4. Е.М. Kudryavcev. Stroitel'nye mashiny i oborudovanie: Uchebnik. – M.: Izdatel'stvo ASV, 2012. – 328 s.
5. Е.М. Kudryavcev. Kompleksnaya mekhanizaciya stroitel'stva: uchebnik. – Izdanie tret'e, pererab. i dop. – M.: Izdatel'stvo ASV, 2010. – 464 s.
6. Kudryavcev E.M. GPSSWorld. Osnovy imitacionnogo modelirovaniya razlichnyh sistem / E.M. Kudryavcev. – M.: DMK Press, 2004. – 332 s.
7. MDS 12-13.2003. Mekhanizaciya stroitel'stva. Godovye rezhimy raboty stroitel'nyh mashin.
8. Spravochnik po funkcional'no-stoimostnomu analizu / Kovalev A.P., Moiseeva N.K., Sysun V.V. [i dr.] pod red. Karpunina M.G., Majdanchik B.I. – M.: Finansy i statistika, 1988. – 432 s.
9. Sobolev YU.M. Konstruktor i ehkonomika: FSA dlya konstruktora / YU.M. Sobolev. – Perm', 1987. – 102 s.
10. Kulikov YA.V., Osobennosti razvitiya funkcional'no-stoimostnogo analiza v Rossii // Vestnik Permskogo universiteta. – 2011. – EHkonomika. – Vyp. №4(11). – С.57-63.
11. Sistema funkcional'no-stoimostnogo analiza. Osnovnye polozheniya. (RD 16 60.001-85. – Otrasleyaya sistema funkcional'no-stoimostnogo analiza). – 40 s.

THE INVERSE FUNCTIONAL COST ANALYSIS OF THE CHOICE OF EMERGENCY RESCUE EQUIPMENT FOR LOW-VOLUME AND DISPERSED OBJECTS

The article is devoted to the possibility of using functional-cost analysis as one of the methods of heuristic analysis, the purpose of which is to select the optimal version of emergency rescue equipment for performing tasks for the intended use in dispersed and low-volume facilities at minimum costs.

Key words: *choosing the best option, emergency rescue equipment, emergency rescue and other urgent work, small-volume and dispersed objects, functional and cost analysis.*

Масаев Сергей Николаевич,
*кандидат технических наук, доцент,
ФГАОУ ВО Сибирский федеральный университет, Институт Нефти и Газа,
Россия, г. Красноярск,
faberi@list.ru,
Masaev S.N.,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
FSAEI HE Siberian Federal University, Institute of Oil and Gas,
Russia, Krasnoyarsk.*

Масаев Виктор Николаевич,
*кандидат педагогических наук,
ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Россия, г. Железногорск,
masaev.ru@mail.ru,
Masaev V.N.,
Candidate of Pedagogical Sciences,
FGBOU IN Siberia fire and rescue academy of State Firefighting Service of
EMERCOM of Russia,
Russia, Zheleznogorsk.*

Минкин Андрей Николаевич,
*кандидат технических наук, доцент,
ФГАОУ ВО Сибирский федеральный университет, Институт Нефти и Газа,
Россия, г. Красноярск,
minkin.1962@mail.ru,
Minkin A.N.,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
FSAEI HE Siberian Federal University, Institute of Oil and Gas,
Russia, Krasnoyarsk.*

Едимичев Дмитрий Александрович,
*кандидат технических наук, доцент,
ФГАОУ ВО Сибирский федеральный университет, Институт Нефти и Газа,
Россия, г. Красноярск,
edimichev@inbox.ru,
Edimichev D.A.,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
FSAEI HE Siberian Federal University, Institute of Oil and Gas,
Russia, Krasnoyarsk.*

Мочалов Дмитрий Юрьевич,
*Главное управление МЧС России по Красноярскому краю,
Россия, г. Красноярск,
dimasic1977@ya.ru,
Mochalov D.Yu.,
Main Directorate of the Ministry for Emergency Situations of Russia for the
Krasnoyarsk Territory,
Russia, Krasnoyarsk.*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ПЕРЕОСНАЩЕНИЮ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ

Ю.С. Зайченко, С.А. Шкунов

В настоящей работе было произведено совершенствование информационно-аналитической модели поддержки принятия решений по переоснащению и оснащению парка основной пожарной техники в социотехнической системе территориальных пожарно-спасательных гарнизонов Российской Федерации. Для решения этой задачи выявлена необходимость использования комплексного показателя, характеризующего рациональный выбор территориальных подразделений, в первую очередь нуждающихся в переоснащении, которое в свою очередь влияет на развитие страны в целом. В процессе изучения был рассмотрен основной критерий принятия решений, такой как оперативная готовность, а также изучены методы анализа его вероятностной оценки. Использование методов теории принятия решений в условиях риска и неопределенности дает возможность произвести практический расчет и ранжирование в порядке предпочтительности при принятии решений по проведению переоснащения в некоторых субъектах, расположенных на территории Российской Федерации.

Результатом работы являются предложенные направления в развитии теоретической основы управления переоснащением основной пожарной техники в социотехнической системе пожарно-спасательных гарнизонов, что позволит перевести на качественно новый уровень механизм защищенности не только страны, но и общества от некоторых деструктивных событий.

Ключевые слова: *принятие решений, риск, оснащение, ранжирование, пожарная техника.*

Введение

Обеспечение безопасности на территории Российской Федерации является одной из наиважнейших государственных задач. При этом безопасность как состояние защищенности от угроз, различных по структуре и характеру, рассматривается в единой системе на общественном и национальном уровне. В свою очередь реализация угроз определяет возникновение и развитие деструктивных событий, в том числе крупных пожаров и чрезвычайных ситуации (далее – ЧС), наносящих существенный ущерб государству и препятствующих его устойчивому социально-экономическому развитию.

В настоящий момент обстановка с количеством пожаров в субъектах Российской Федерации определяет необходимость поддержания на качественно высоком уровне процесса решения задач пожаротушения с использованием оперативных отделений пожарной охраны [1 – 3]. Борьба с крупными пожарами и ЧС основывается на эффективной реализации системы мероприятий, направленных на их профилактику и снижение социального, экономического и экологического ущерба от

них^{1,2}. Поэтому управление безопасностью определяет необходимость снижения рисков возникновения пожаров и ЧС и последствий от них. Не умаляя важности задач принятия организационных решений, направленных на снижение рисков возникновения пожаров и ЧС, в настоящей работе ограничимся анализом задач управления, реализация которых на практике приведет к снижению ущерба от крупных пожаров и вызванных ими ЧС. Одним из приоритетных направлений исследований задач управления безопасностью является совершенствование социотехнической системы пожарно-спасательных гарнизонов, функционирующей в противоречии между технологическим детерминизмом взаимодействия человека и пожарной техники с учетом специфики реализации трудовых процессов, связанных с тушением крупных пожаров и ликвидацией ЧС.

В анализируемой социотехнической системе потребность в современных видах пожарной техники, повышающих качество работ

¹ Концепция общественной безопасности в Российской Федерации (утв. Президентом РФ 14.11.2013 N Пр-2685)

² Указ Президента РФ от 31 декабря 2015 г. № 683 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации»

по тушению пожаров, и ограничений необходимого ее количества для возможности эффективного взаимодействия человека с техникой играет определяющую роль в успехе тушения крупных пожаров и ликвидации ЧС.

Важность вопросов совершенствования социотехнической системы пожарно-спасательных гарнизонов при решении государственных задач обеспечения безопасности определяется требованиями общественной и национальной безопасности в Российской Федерации. Так, с одной стороны, управление безопасностью должно быть направлено на совершенствование социотехнической системы пожарно-спасательных подразделений до уровня, обеспечивающего устойчивое снижение основных показателей риска пожаров, с другой стороны, минимизация ущерба от пожаров и ЧС в том числе достигается поддержанием на должном уровне технической оснащенности и, как следствие, готовности пожарно-спасательных подразделений для решения задач по предназначению.

Таким образом, побудительным мотивом совершенствования информационно-аналитической модели переоснащения пожарной техники пожарно-спасательного гарнизона при управлении безопасностью является отсутствие комплексного инструментария для рационального выбора территориальных подразделений, нуждающихся в развитии их социотехнической системы.

Основная часть

Одна из ведущих стратегических функций управления пожарно-спасательными подразделениями – это техническое планирование переоснащения парка основных пожарных автомобилей, которые помогают решать 90 – 95 % задач, возложенных на пожарную охрану [4]. Планирование совершенствования социотехнической системы пожарно-спасательных гарнизонов субъектов Российской Федерации с учетом финансовых ограничений реализуется поэтапно. Поэтому важной составляющей данного процесса является определение тех субъектов Российской Федерации, которые в первую очередь нуждаются в переоснащении парка пожарной техники [5]. При этом сам процесс переоснащения не возможен без дополнительного комплекса аналитических работ, связанных с анализом системы технического обеспечения органов управления пожарно-спасательных гарнизонов. Важную роль играет и анализ структуры и количества выездов дежурных караулов, позволяющий оценить объем работы, выполняемой оперативными подразделениями ФПС ГПС МЧС России за отчетный период, на основе чего в последствии осуществляется разработка управленческих решений по формированию путей совершенствования деятельности подразделений и органов

управления МЧС России федерального и регионального уровней [6]. Необходимо также учитывать и анализ других различных по структуре факторов, влияющих на состояние пожарной техники.

Высокая информационная нагрузка на лиц, принимающих решение, реализующих на практике управление в системотехнике при распределении пожарной техники между территориальными пожарно-спасательными гарнизонами, определила необходимость разработки информационной системы поддержки управления. Теоретическая основа информационной системы представляет собой информационно-аналитический анализ интервальных данных по занятости пожарной техники при решении задач обеспечения безопасности в субъектах Российской Федерации.

Совершенствование социотехнической системы пожарно-спасательных гарнизонов, как и переоснащение парка пожарной техники, осуществляется на основе критерия оперативной готовности [5, 7]. Данный критерий количественно характеризует *оперативную готовность* как потенциальную возможность пожарной техники выполнять за исследуемый интервал времени задачи по предназначению, включая оценку степени занятости пожарной техники при выполнении аналогичных задач [5]. Таким образом, критерий оперативной готовности представляет собой выражение:

$$K = \left(1 - \frac{\sum_{j=0}^{j=k} (n_i \square t)_j}{N \square T} \right), \quad (1)$$

где n_i – количество единиц техники, занятых обслуживанием одного вызова, imt ; Δt – промежуток времени, определяющий занятость i -ой единицы пожарной техники при обслуживании одного вызова, min ; ΔT – промежуток времени, определяющий максимально возможную занятость одной единицы пожарной техники, min ; N – общее количество технических единиц в рассматриваемом гарнизоне пожарной охраны, imt .

В свою очередь для удобства ранжирования субъектов Российской Федерации в порядке переоснащения в работе [8] критерий (1) представлен в виде линейной комбинации и реализован в модели многокритериального анализа для поддержки управления. Модель принятия решений по выбору вариантов переоснащения включала в себя [8,9]:

– множество вариантов $x_i \in X$,
 $i = 1, 2, \dots, n$;

– значения критерия оперативной готовности $K_s \in K$, $s = 1, 2, \dots, m$.

– множество векторных оценок вариантов переоснащения:

$$K(X) = K_1(X) \times K_2(X) \times \dots \times K_m(X), \quad (2)$$

где $K_i(X)$ – множество значений критериев с номером i на множестве альтернатив $x_i \in X$; $K(x_i) = (K_1(x_i), K_2(x_i), \dots, K_m(x_i))$ – векторная оценка варианта x_i .

Поиск варианта переоснащения x во множестве векторных оценок всех имеющихся вариантов (2) производится с использованием включения:

$$R(X) \subset \arg \max_{x \in X} K(X). \quad (3)$$

В свою очередь, критерий оперативной готовности здесь представлен линейной комбинацией в аддитивном виде:

$$K = \sum_{k=1}^m \omega_k K_k, \quad (4)$$

где ω_k – весовые коэффициенты важности компонент векторной функции K .

Тогда в рассматриваемой постановке задачи анализа оперативной готовности необходимо определить коэффициенты важности функции для субъектов Российской Федерации при решении задачи их ранжирования в порядке переоснащения.

Занятость пожарной техники представляет собой временной интервал, на протяжении которого техника используется по предназначению в решении задач борьбы с пожарами и вызванными ими ЧС. Аналогично критерию оперативной готовности занятость исчисляется в интервальном виде и представляет собой знаменатель критерия оперативной готовности, т.е. дроби (1). Исходя из специфики реализации угроз безопасности, связанных с возникновением крупных пожаров, занятость пожарной техники в социотехнической системе пожарно-спасательного гарнизона имеет вероятностную природу.

При расчете интервальных значений занятости пожарной техники в территориальных пожарно-спасательных гарнизонах используются методы теории принятия решений в условиях риска и неопределенности. Рассматривается вероятность события, при котором расчетное значение фактической занятости S превысит заданное (расчетное) значение S^* . Данная вероятность определяет понятие степени риска $\varepsilon = 1 - p$ [8].

В соответствии с классическими понятиями теории вероятностей и

математической статистики известно, что степень риска представляет собой соотношение:

$$\Phi(S) = P\{S > S^*\} = 1 - p = \varepsilon, \quad (5)$$

где $\Phi(S)$ – интегральная функция вероятности случайной величины.

Тогда для определения расчетного значения занятости пожарной техники в социотехнической системе пожарно-спасательного гарнизона будет рассчитана по формуле:

$$\varepsilon = 1 - p = \exp\left(-\frac{S}{S_{cp}}\right) \rightarrow S = S_{cp} \ln\left(\frac{1}{1-p}\right), \text{ мин} \quad (6)$$

где S_{cp} – среднее значение интервала фактической занятости, мин.

В работе [10] при ранжировании отдельных субъектов Российской Федерации в порядке переоснащения парка основных пожарных автомобилей был произведен расчет средних значений занятости и с использованием выражения (6) получено расчетное значение занятости при величине риска $\varepsilon=0,1$. Результаты анализа занятости представлены на рисунке 1.



Рис. 1. Анализ занятости основной пожарной техники некоторых субъектов Российской Федерации

Анализируя данные, представленные на рисунке 1, не трудно определить субъект Российской Федерации, в котором занятость пожарной техники имеет максимальное значение. Однако в некоторых случаях, связанных в основном с необходимостью более детального анализа процедур принятия решений в практике управления переоснащением, используются динамические показатели занятости пожарной техники в зависимости от величины риска ε . Результаты подобного анализа представлены на рисунке 2.

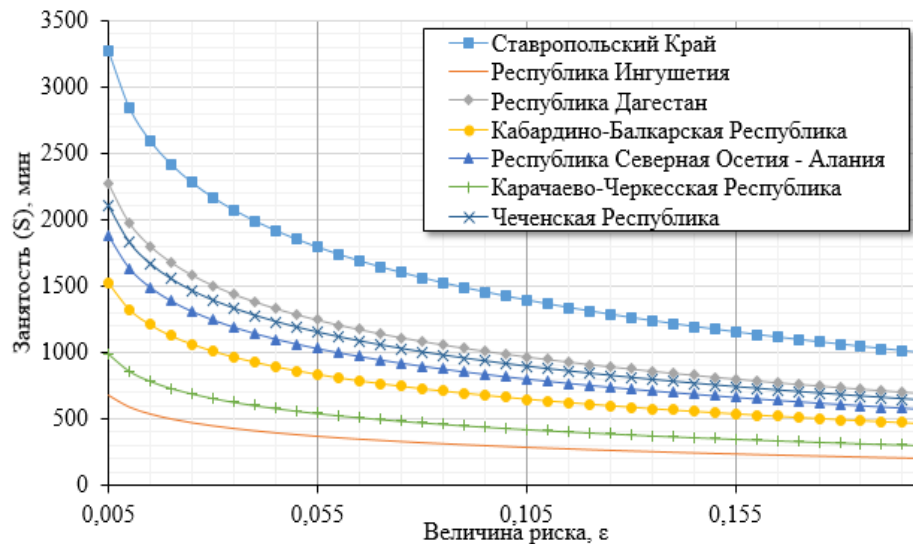


Рис. 2. Динамика занятости пожарной техники некоторых субъектов Российской Федерации в зависимости от величины риска

Данные, иллюстрируемые на рисунке 2, используются для определения величины риска, при котором различие между субъектами в порядке предпочтительности для переоснащения являются существенными. Так, при меньших значениях риска наблюдается более существенное отличие субъектов по критерию занятости пожарной техники. Таким образом, занятость пожарной техники как количественный вероятностный критерий является удобным инструментарием для ранжирования субъектов в порядке реализации мероприятий по совершенствованию социотехнической системы пожарно-спасательных гарнизонов.

Заключение

Принятие решений по наращиванию количества пожарной техники, ее обновлению, расширению функциональных и эксплуатационных характеристик в общем случае принято считать мероприятиями, предшествующими оснащению и переоснащению парков пожарной техники пожарно-спасательных гарнизонов. Однако последние тенденции реализации на практике задач управления переоснащением определили процедуры

принятия решений по выбору территориальных пожарно-спасательных гарнизонов, нуждающихся в оснащении, в отдельный этап многопланового процесса, реализуемого одновременно с мероприятиями по оснащению и переоснащению пожарной техники. Поэтому в соответствии с результатами данного исследования принятие решений по выбору пожарно-спасательных гарнизонов, нуждающихся в совершенствовании социотехнической системы, принято считать отдельным этапом оснащения, но не отдельным видом деятельности.

В свою очередь при управлении безопасностью в условиях современных угроз общественному и национальному уровню особую важность приобрели практические задачи разработки, внедрения и совершенствования инструментариев анализа технической оснащенности и готовности пожарно-спасательных подразделений. Решение данных практических задач позволит обеспечить качественно новую степень защищенности государства и общества от крупных пожаров и вызванных ими ЧС.

Библиография

1. Кузнецов Е.С. Управление технической эксплуатацией автомобилей / Е.С. Кузнецов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1990. – 272 с.
2. Брушлинский Н.Н. Системный анализ деятельности Государственной противопожарной службы: учебник / Н.Н. Брушлинский. – М.: МИПБ МВД России, 1998. – 255 с.
3. Данилов Д.Л. Главные компоненты временных рядов: Метод «Гусеница» [Текст] / Д.Л. Данилов, А.А. Жиглявский. – СПб.: СПбГУ, 1997. – 308 с.
4. Разработка региональной системы оснащения территориальных органов, учреждений и

References

1. Kuznecov E.S. Upravlenie tekhnicheskoy ehkspluataciej avtomobilej / E.S. Kuznecov. – 2-e izd., pererab. i dop. – M.: Transport, 1990. – 272 s.
2. Brushlinskij N.N. Sistemnyj analiz deyatel'nosti Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby: uchebnik / N.N. Brushlinskij. – M.: MIPB MVD Rossii, 1998. – 255 s.
3. Danilov D.L. Glavnye komponenty vremennyh ryadov: Metod «Gusenica» [Tekst] / D.L. Danilov, A.A. Zhiglyavskij. – SPb.: SPbGU, 1997. – 308 s.
4. Razrabotka regional'noj sistemy osnashcheniya territorial'nyh organov, uchrezhdenij i organizacij

организаций МЧС России с учетом специфики деятельности подразделений и характеристики природных и техногенных опасностей в зоне ответственности Северо-Кавказского федерального округа МЧС России / под общ. ред. М.В. Алешкова // Отчет о научно-исследовательской работе. – В 2-х ч. – Ч. 2. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. – 270 с.

5. Роечко В.В., Тараканов Д.В., Шкунов С.А. Методика оценки уровня переоснащения подразделений МЧС России на примере субъектов Северо-кавказского регионального центра МЧС России / В.В. Роечко, Д.В. Тараканов, С.А. Шкунов // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2015. – № 3. – С. 31-35.

6. Анализ выездов пожарной охраны / А.П. Чуприян, А.В. Матюшин, А.А. Порошин [и др.] // Актуальные проблемы пожарной безопасности материалы XXVII Международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию МЧС России в 3 частях. – М., 2015. – С. 174-183.

7. Роечко В.В., Тараканов Д.В., Шкунов С.А. Критерии оценки вариантов переоснащения подразделений МЧС России / В.В. Роечко, Д.В. Тараканов, С.А. Шкунов // Технологии техносферной безопасности. – 2014. – № 5 (57). – С. 12.

8. Тараканов Д.В., Шкунов С.А., Роечко В.В., Соколов С.В., Арутюнян Д.А. Ранжирование вариантов переоснащения парка основных пожарных автомобилей на основе критерия оперативной готовности / Д.В. Тараканов, С.А. Шкунов [и др.] // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2018. – № 2. – С. 49-54.

9. Тараканов Д.В. Многокритериальная модель управления пожарно-спасательными подразделениями / Д.В. Тараканов // Технологии техносферной безопасности. – 2017. – № 4 (74). – С. 148 – 154.

10. Зайченко Ю.С., Шкунов С.А., Тараканов Д.В. Исследование информационно-аналитической модели принятия решений по переоснащению парка основных пожарных автомобилей в территориальных пожарно-спасательных гарнизонах / Ю.С. Зайченко, С.А. Шкунов, Д.В. Тараканов // В книге: XXIX Международная научно-практическая конференция, посвященная 80-летию ФГБУ ВНИИПО МЧС России. Материалы конференции. – В 2-х частях. – 2017. – С. 465-469.

MCHS Rossii s uchytom specifiki deyatel'nosti podrazdelenij i harakteristiki prirodnyh i tekhnogennyh opasnostej v zone otvetstvennosti Severo-Kavkazskogo federal'nogo okruga MCHS Rossii / pod obshch. red. M.V. Aleshkova // Otchyot o nauchno-issledovatel'skoj rabote. – V 2-h ch. – CH. 2. – M.: Akademiya GPS MCHS Rossii, 2015. – 270 s.

5. Roenko V.V., Tarakanov D.V., SHkunov S.A. Metodika ocenki urovnya pereosnashcheniya podrazdelenij MCHS Rossii na primere sub"ektov Severo-kavkazskogo regional'nogo centra MCHS Rossii / V.V. Roenko, D.V. Tarakanov, S.A. SHkunov // Pozhary i chrezvychajnye situacii: predotvrashchenie, likvidaciya. – 2015. – № 3. – S. 31-35.

6. Analiz vyezdov pozharnoj ohrany / A.P. CHupriyan, A.V. Matyushin, A.A. Poroshin [i dr.] // Aktual'nye problemy pozharnoj bezopasnosti materialy XXVII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvyashchennoj 25-letiyu MCHS Rossii v 3 chastyah. – M., 2015. – S. 174-183.

7. Roenko V.V., Tarakanov D.V., SHkunov S.A. Kriterii ocenki variantov pereosnashcheniya podrazdelenij MCHS Rossii / V.V. Roenko, D.V. Tarakanov, S.A. SHkunov // Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti. – 2014. – № 5 (57). – S. 12.

8. Tarakanov D.V., SHkunov S.A., Roenko V.V., Sokolov S.V., Arutyunyan D.A. Ranzhирование variantov pereosnashcheniya parka osnovnyh pozharnyh avtomobilej na osnove kriteriya operativnoj gotovnosti / D.V. Tarakanov, S.A. SHkunov [i dr.] // Pozhary i chrezvychajnye situacii: predotvrashchenie, likvidaciya. – 2018. – № 2. – S. 49-54.

9. Tarakanov D.V. Mnogokriterial'naya model' upravleniya pozharno-spatel'nyimi podrazdeleniyami / D.V. Tarakanov // Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti. – 2017. – № 4 (74). – S. 148 – 154.

10. Zajchenko YU.S., SHkunov S.A., Tarakanov D.V. Issledovanie informacionno-analiticheskoj modeli prinyatiya reshenij po pereosnashcheniyu parka osnovnyh pozharnyh avtomobilej v territorial'nyh pozharno-spatel'nyh garnizonah / YU.S. Zajchenko, S.A. SHkunov, D.V. Tarakanov // V knige: XXIX Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya, posvyashchennaya 80-letiyu FGBU VNIIPPO MCHS Rossii Materialy konferencii. – V 2-h chastyah. – 2017. – S. 465-469.

IMPROVEMENT OF INFORMATION-ANALYTICAL DECISION MODEL FOR RETROFITTING FIRE EQUIPMENT

In the present work, the information-analytical model of decision-making support for the re-equipment and equipping of the main firefighting equipment park in the socio-technical system of territorial fire and rescue garrisons of the Russian Federation was improved. To solve this problem, the need to use a comprehensive indicator that characterizes a rational choice of territorial units, primarily those in need of re-equipment, which in turn affects the development of the country as a whole, has been revealed. In the process of the study, the main decision criterion, such as operational readiness, was examined, and methods for analyzing its probabilistic assessment were also studied. Using the methods of decision theory under conditions of risk and uncertainty makes it possible to make practical calculations and rankings in order of preference when making decisions on re-equipping in some subjects located in the territory of the Russian Federation.

The result of the work is the proposed directions in the development of the theoretical basis for managing the re-equipment of the main fire equipment in the sociotechnical system of fire rescue garrisons, which will bring to a qualitatively new level the protection mechanism of not only the country, but also society from some destructive events.

Key words: *decision making, risk, equipment, ranking, fire equipment.*

Зайченко Ю.С.,

ФГБОУ ВО Академия ГПС МЧС России,

Россия, г. Москва,

E-mail: entrenger@gmail.com,

Zajchenko Yu.S.,

Academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,

Russia, Moscow.

Шкунов С.А.,

ФГБОУ ВО Академия ГПС МЧС России,

Россия, г. Москва,

s-schkuinov-71@yandex.ru,

Shkunov S.A.,

Academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,

Russia, Moscow.

МЕХАНИЗМЫ КОНВЕРТПЛАНОВ

С.Ф. Яцун, С.В. Ефимов, А.М. Чуйков

В статье рассмотрена конструкция летающего робота-конвертоплана трикоптерного типа, изучены основные закономерности его движения, алгоритмы управления. Предложены инструментальные средства проектирования, разработан и изготовлен прототип конвертоплана трикоптерного типа.

Ключевые слова: конвертоплан, аэродинамика, кинематика.

Последние годы широкое распространение получили мультироторные беспилотные летательные аппараты (БЛА) [1 – 3, 6, 9 – 10]. В то же время, как показали экспериментальные исследования, для эффективного использования таких устройств важно обеспечить достаточную длительность нахождения БЛА в воздухе. Одним из путей повышения этого важного показателя является переход к конвертопланам, которые позволяют использовать как вертолетный режим движения при взлете и зависании, так и самолетный – при полете в горизонтальной плоскости. Такие устройства отличаются повышенной маневренностью и скоростными характеристиками, а также пониженным энергопотреблением в горизонтальном полете, что позволяет осуществлять выполнение разведывательных операций, транспортных работ и мониторинга окружающей среды на удаленных и труднодоступных территориях. Также преимуществом конвертоплана являются скоростные характеристики, получаемые за счет того, что во время горизонтального полета в режимах максимальных скоростей несущие винты развернуты по направлению движения

аппарата, что улучшает аэродинамические характеристики, обеспечивая низкое энергопотребление, достигаемое за счет применения летающего крыла.

Кинематический анализ конвертоплана

Схема конвертоплана приведена на рисунке 1. В соответствии с этой схемой рассмотрим движение БЛА в неподвижной декартовой системе координат $Ox_0y_0z_0$, тогда $Cx_1y_1z_1$, $A_i x_i y_i z_i$ ($i=1-3$) – подвижные системы координат, проходящие через центр масс корпуса аппарата C и центры масс A_i i -го электропривода с винтами, называемого в дальнейшем ротором. Ориентацию корпуса конвертоплана в пространстве задают самолетные углы рысканья ψ , тангажа θ и крена φ . Конвертоплан состоит из трех пар управляемых винтов $1 - 3$ с изменяемыми векторами тяги, электроприводы которых реализованы на основе бесколлекторных электродвигателей, а также фюзеляжа 4 , на котором закреплены блок питания и плата управления, электрически связанные с приводами вращения винтов [12 – 13].

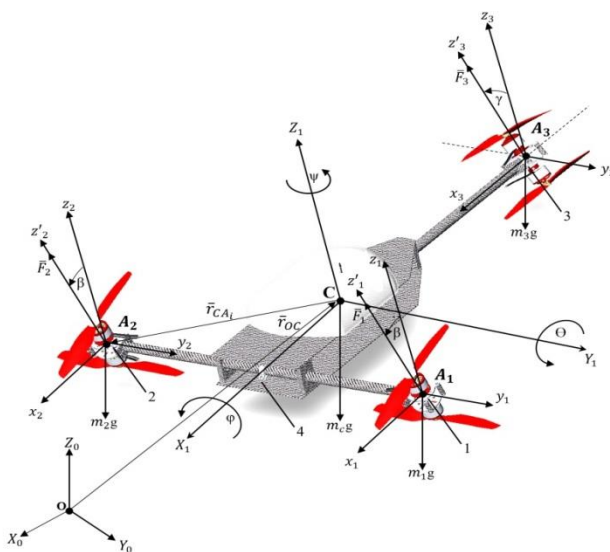


Рис. 1. Расчетная схема конвертоплана (без учета подъемной силы и сил сопротивления)

Отклонение векторов тяги поворотных приводов 1, 2 на угол β осуществляется в плоскостях $A_1x_1z_1$, $A_2x_2z_2$, которые параллельны плоскости CX_1Z_1 . Угол β может изменяться от 0 до 90° . Привод 3 может поворачиваться на угол $\gamma = \pm 90^\circ$ в плоскости $A_3y_3z_3$, параллельной CY_1Z_1 .

Далее будем обозначать символами $^{(0)}$ и $^{(1)}$ векторы, определенные в системах координат $OX_0Y_0Z_0$ и $CX_1Y_1Z_1$, соответственно. Положение центра масс конвертоплана задается вектором $\vec{r}_{OC}^{(0)} = [x_C, y_C, z_C]^T$, а ориентация конвертоплана в пространстве вектором $\vec{\alpha} = [\varphi, \psi, \theta]^T$ [14].

Абсолютную угловую скорость вращения роторов определяем как:

$$\vec{\Omega}_i = \vec{\omega}_C + \vec{\omega}_i,$$

где $\vec{\Omega}_i$ – абсолютная угловая скорость вращения i -ого ротора в подвижной системе координат; $\vec{\omega}_C, \vec{\omega}_i$ – векторы угловых скоростей вращения корпуса конвертоплана и i -ого ротора имеют вид:

$$\vec{\omega}_C^{(1)} = \begin{vmatrix} \omega_{X_1} \\ \omega_{Y_1} \\ \omega_{Z_1} \end{vmatrix}, \quad \vec{\omega}_1^{(1)} = \begin{vmatrix} \omega_1 \sin(\beta) \\ 0 \\ \omega_1 \cos(\beta) \end{vmatrix}, \quad \vec{\omega}_2^{(1)} = \begin{vmatrix} \omega_2 \sin(\beta) \\ 0 \\ \omega_2 \cos(\beta) \end{vmatrix},$$

$$\vec{\omega}_3^{(1)} = \begin{vmatrix} 0 \\ \omega_3 \sin(\gamma) \\ \omega_3 \cos(\gamma) \end{vmatrix},$$

тогда:

$$\vec{\Omega}_i = \begin{vmatrix} \omega_{ix} \\ \omega_{iy} \\ \omega_{iz} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \omega_{X_1} \\ \omega_{Y_1} \\ \omega_{Z_1} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \omega_{ix} + \omega_{X_1} \\ \omega_{iy} + \omega_{Y_1} \\ \omega_{iz} + \omega_{Z_1} \end{vmatrix}.$$

Если $\vec{\omega}_C \ll \vec{\omega}_i$, то $\vec{\Omega}_i \cong \vec{\omega}_i$.

Из кинематических уравнений Эйлера следует:

$$\begin{cases} \dot{\varphi} = \omega_{X_1} - \psi \sin \theta \\ \dot{\theta} = \omega_{Y_1} \cos \varphi - \omega_{Z_1} \sin \varphi \\ \dot{\psi} = \frac{1}{\cos \theta} (\omega_{Z_1} \cos \varphi + \omega_{Y_1} \sin \varphi) \end{cases}.$$

Будем считать, исходя из условий эксплуатации конвертоплана, что углы тангажа θ и крена φ находятся в пределах:

$$-15^\circ < \theta < 15^\circ, \quad -15^\circ < \varphi < 15^\circ.$$

Рассмотрев расчетную схему, запишем равенство [14]:

$$\vec{r}_{OA_i}^{(0)} = \vec{r}_{OC}^{(0)} + \vec{r}_{CA_i}^{(0)},$$

где $\vec{r}_{CA_i}^{(0)} = T_{10} \cdot \vec{r}_{CA_i}^{(1)}$, T_{10} – матрица вращения.

Скорости точек A_i в абсолютной системе координат определим, продифференцировав предыдущее равенство по времени:

$$\vec{v}_{A_i}^{(0)} = \frac{d\vec{r}_{OA_i}^{(0)}}{dt} = \frac{d\vec{r}_{OC}^{(0)}}{dt} + \frac{d\vec{r}_{CA_i}^{(0)}}{dt},$$

где $\frac{d\vec{r}_{OC}^{(0)}}{dt} = \vec{v}_C^{(0)}$ – скорость центра масс C .

Скорости точек A_i относительно центра масс C определим как:

$$\frac{d\vec{r}_{CA_i}^{(0)}}{dt} = \vec{v}_{CA_i}^{(0)} = \dot{T}_{10} \cdot \vec{r}_{CA_i}^{(1)}.$$

Таким образом, абсолютные скорости A_i можно представить как:

$$\vec{v}_{A_i}^{(0)} = \vec{v}_C^{(0)} + \dot{T}_{10} \cdot \vec{r}_{CA_i}^{(1)},$$

где векторы $\vec{r}_{CA_i}^{(1)}$ для точек A_i имеют вид (рис.2):

$$\vec{r}_{CA_1}^{(1)} = \begin{vmatrix} c \\ a/2 \\ h \end{vmatrix}, \quad \vec{r}_{CA_2}^{(1)} = \begin{vmatrix} c \\ -a/2 \\ h \end{vmatrix}, \quad \vec{r}_{CA_3}^{(1)} = \begin{vmatrix} -d \\ 0 \\ h \end{vmatrix}.$$

Здесь a, b, c, d, h – геометрические размеры конвертоплана.

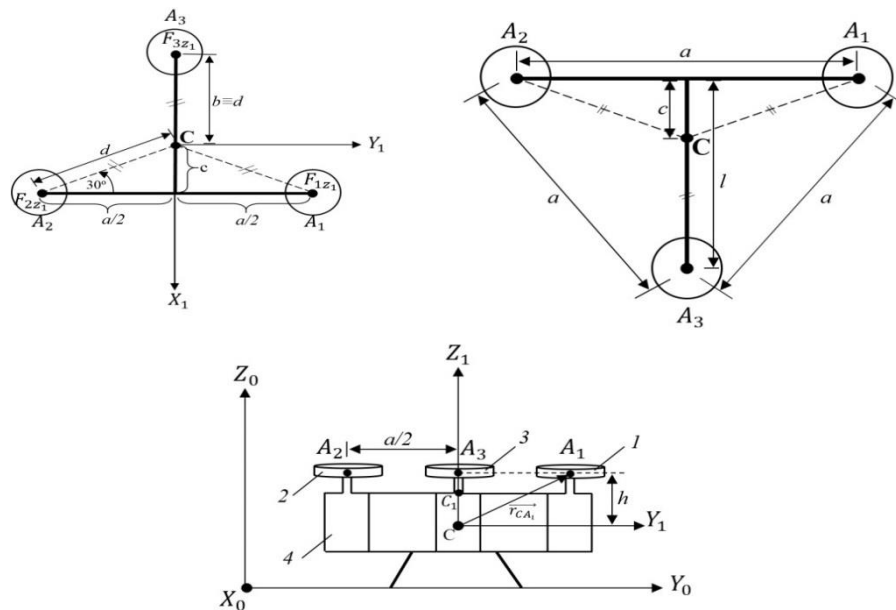


Рис. 2. Геометрические параметры конвертоплана, определяющие расположение центров масс корпуса конвертоплана С и роторов A_i ; 1,2,3 – несущий винты; 4 – фюзеляж

Определение сил, действующих на конвертоплан

Теперь рассмотрим силы, приложенные к конвертоплану (рис.3), которые можно разделить на силы, задаваемые в абсолютной системе координат $OX_0Y_0Z_0$: сила тяжести \vec{G} , приложенная в центре масс C и силы, определенные в подвижной системе координат $CX_1Y_1Z_1$: силы, создаваемые винтами \vec{F}_i ,

приложенные в центре масс роторов \vec{A}_i ; аэродинамические силы, действующие на поверхность крыла ($i=1-3$), называемые силой лобового сопротивления \vec{Q}_j , направленной в сторону противоположную оси CX_1 , и действующие на фюзеляж \vec{Q}_ϕ , а также подъемные силы крыла – \vec{P}_j и фюзеляжа \vec{P}_ϕ ($j=1,2$).

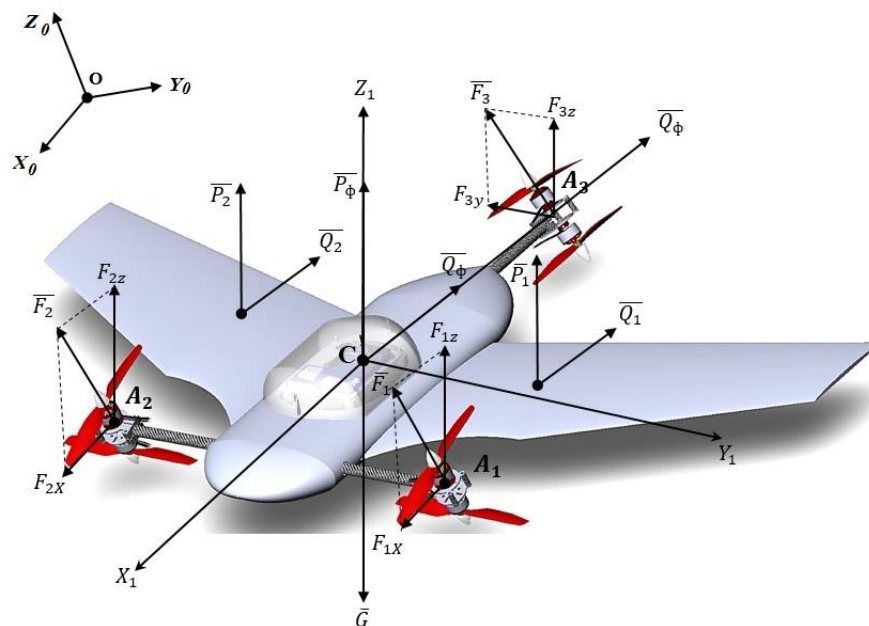


Рис.3. Схема сил, действующих на конвертоплан в полете (без учета сил тяжести)

Компенсация крутящего момента в каждом приводе происходит за счет оппозитно установленных винтов, вращающихся в

противоположные стороны. Возможность поворота хвостового привода позволяет получить горизонтальную составляющую силы тяги

хвостового привода, что обеспечивает поворот конвертоплана вокруг вертикальной оси CZ_i на заданный угол ψ .

Рассмотрим модель аэродинамических сил несущих винтов [8 – 10]. Определение результирующей подъемной силы винтов проводится в соответствии с рисунком 4.

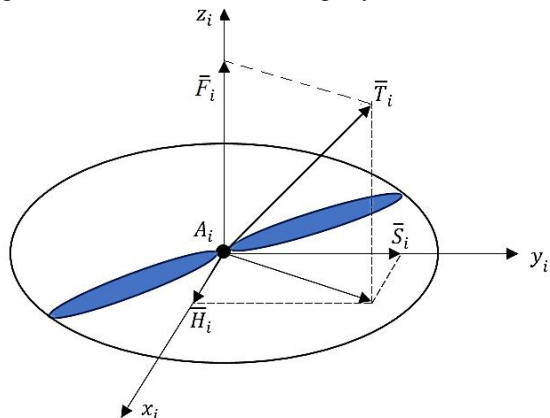


Рис. 4. Схема определения главного вектора аэродинамических сил: \bar{H}_i , \bar{S}_i , \bar{F}_i , \bar{T}_i – продольная, поперечная, подъемная и результирующая силы

Аэродинамические силы \bar{H}_i , \bar{S}_i , \bar{F}_i зависят от частоты вращения несущего винта и определяются в соответствии со следующей формулой [7,8]:

$$\begin{bmatrix} H_i^1 \\ S_i^1 \\ F_i^1 \end{bmatrix} = \frac{\rho S_H (\omega_i R)^2}{2} \begin{bmatrix} c_H \\ c_S \\ c_T \end{bmatrix},$$

где c_H , c_S , c_T – коэффициенты продольной, поперечной и тяговой сил, которые зависят от геометрических параметров винта; ρ – плотность воздуха; R – приведенный радиус несущего винта; ω_i – угловая скорость винта; $S_H = 0,9\pi R^2$ – площадь, отмечаемая несущим винтом.

Для большинства винтов коэффициенты c_H , c_S (продольной и поперечной сил) очень малы по сравнению с коэффициентом c_T [7, 8], тогда приближенно модуль силы тяги винта определим как:

$$T_i = F_i = b\omega_i^2,$$

где $b = \frac{c_T \rho S_H R^2}{2}$ – аэродинамическая составляющая.

Векторы силы тяги винтов в нулевой системе координат можно определить в соответствии со следующей формулой [13 – 13, 19 – 21]:

$$F_i^{(0)} = T_{i0} \cdot F_i^{(1)},$$

Подъемная сила крыла $P_j^{(1)}$ рассчитывается по следующей формуле [7,8]:

$$P_j^{(1)} = \frac{c_L \rho S V^2}{2} = k V^2,$$

где c_L – коэффициент подъемной силы, S – площадь крыла, V – скорость набегающего воздушного потока.

Кроме того, на крыло действует сила сопротивления $\bar{Q}_j^{(1)}$, которая препятствует движению летательного аппарата и рассчитывается по формуле [7, 8]:

$$\bar{Q}_j^{(1)} = \frac{c_D \rho S V^2}{2} = \mu_x V^2,$$

где c_D – коэффициент сопротивления, зависящий от геометрии крыла.

В результате действия подъемной силы \bar{P}_j и силы сопротивления \bar{Q}_j на крыло формируется результирующая сила \bar{R} :

$$\bar{R}_j^{(1)} = \bar{Q}_j^{(1)} + \bar{P}_j^{(1)}.$$

В абсолютной системе координат эти силы определим по формулам:

$$\bar{P}_j^{(0)} = T_{j0} \cdot P_j^{(1)}, \quad \bar{Q}_j^{(0)} = T_{j0} \cdot \bar{Q}_j^{(1)}.$$

С учетом основных рассчитанных аэродинамических характеристик крыльев летательного аппарата в среде XFLR5 [9,10], устойчивости и управляемости было спроектировано крыло и составлена схема сил, действующих на конвертоплан в полете (рис. 5).

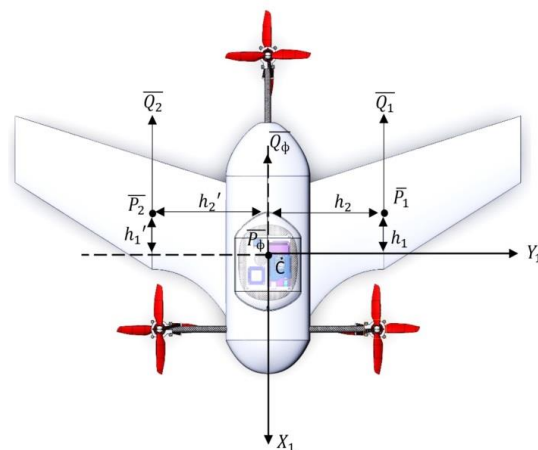


Рис. 5. Схема аэродинамических сил, действующих на поверхность крыла

Векторы сил тяги поворотных винтов определим в соответствии со схемами рисунка 6

а, б:

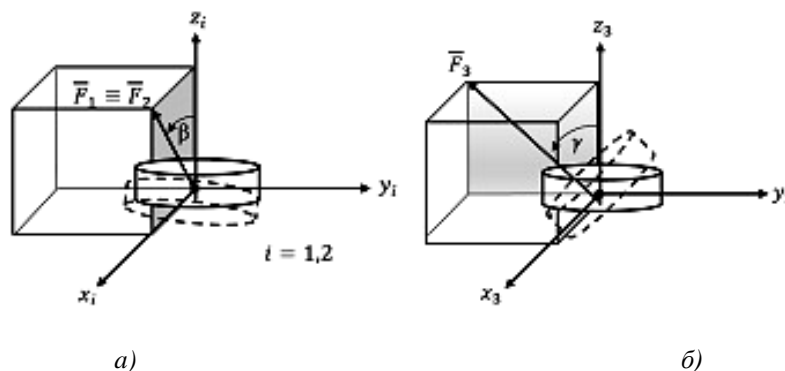


Рис. 6. Отклонение векторов тяги поворотных приводов: а – поворот электродвигателей 1, 2; б – поворот электродвигателя 3

$$\bar{F}_1^{(1)} = \begin{pmatrix} F_1 \sin(\beta) \\ 0 \\ F_1 \cos(\beta) \end{pmatrix}, \bar{F}_2^{(1)} = \begin{pmatrix} F_2 \sin(\beta) \\ 0 \\ F_2 \cos(\beta) \end{pmatrix}, \bar{F}_3^{(1)} = \begin{pmatrix} 0 \\ F_3 \sin(\gamma) \\ F_3 \cos(\gamma) \end{pmatrix}.$$

Тогда сумма всех сил в подвижной системе координат представим в виде:

$$\sum \bar{F}_i^{(1)} = \begin{pmatrix} F_1 \sin(\beta) + F_2 \sin(\beta) - Q_1 - Q_2 - Q_\phi \\ F_3 \sin(\gamma) \\ F_1 \cos(\beta) + F_2 \cos(\beta) + F_3 \cos(\gamma) + P_1 + P_2 + P_\phi \end{pmatrix}$$

Библиография

1. Salazar-Cruz, S., Kendoul, F., Lozano, R., & Fantoni, I. (2008). Real-time stabilization of a small three-rotor aircraft. *IEEE Transactions on aerospace and electronic systems*, 44(2).
2. Atsushi Oosedo, Satok o Abiko, Shota Narasaki, Atsushi Kuno, Atsushi Konno, Masaru Uchiyama. Flight control systems of a quad tilt rotor unmanned aerial vehicle for a large attitude change. *Robotics and Automation (ICRA)*. – 2015 IEEE International Conference on. – P. 2326-2331.
3. Emelyanova O.V., Kazaryan G.K., Martinez Leon A.S., Jatsun S.F. The synthesis of electric drives characteristics of the UAV of «convertiplane – tricopter» type/MATEC Web Conf. Volume 99. – 2017 2016 Workshop on Contemporary Materials and Technologies in the Aviation Industry (CMTAI2016) DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/mateconf/20179902002>.
4. Jatsyn S.F., Pavlovsky V.E., Emelyanova O.V., Savitsky A.S. Mathematical model of the quadrotor type unmanned aerial vehicle with neurocontroller / Jatsyn S.F., Pavlovsky V.E., Emelyanova O.V., Savitsky A.S. // *Advances in Robotics, Mechatronics and Circuits: proceedings of the 18th International Conference on Circuits (CSCC'14) and proceedings of the 2014 International Conference on Mechatronics and Robotics, Structural Analysis (MEROSTA 2014)*, Santorini Island, Greece, 2014. – P. 46-50.
5. Афанасьев П.П. Голубев И.С. Новиков В.Н. Беспилотные летательные аппараты / П.П.

Выводы

В статье проведен кинематический и динамический анализы конвертоплана. Разработан и изготовлен прототип, на котором проведены экспериментальные исследования, подтвердившие работоспособность математической модели.

References

1. Salazar-Cruz, S., Kendoul, F., Lozano, R., & Fantoni, I. (2008). Real-time stabilization of a small three-rotor aircraft. *IEEE Transactions on aerospace and electronic systems*, 44(2).
2. Atsushi Oosedo, Satok o Abiko, Shota Narasaki, Atsushi Kuno, Atsushi Konno, Masaru Uchiyama. Flight control systems of a quad tilt rotor unmanned aerial vehicle for a large attitude change. *Robotics and Automation (ICRA)*. – 2015 IEEE International Conference on. □ P. 2326-2331.
3. Emelyanova O.V., Kazaryan G.K., Martinez Leon A.S., Jatsun S.F. The synthesis of electric drives characteristics of the UAV of «convertiplane – tricopter» type/MATEC Web Conf. Volume 99. – 2017 2016 Workshop on Contemporary Materials and Technologies in the Aviation Industry (CMTAI2016) DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/mateconf/20179902002>.
4. Jatsyn S.F., Pavlovsky V.E., Emelyanova O.V., Savitsky A.S. Mathematical model of the quadrotor type unmanned aerial vehicle with neurocontroller / Jatsyn S.F., Pavlovsky V.E., Emelyanova O.V., Savitsky A.S. // *Advances in Robotics, Mechatronics and Circuits: proceedings of the 18th International Conference on Circuits (CSCC'14) and proceedings of the 2014 International Conference on Mechatronics and Robotics, Structural Analysis (MEROSTA 2014)*, Santorini Island, Greece, 2014. – P. 46-50.
5. Afanas'ev P.P. Golubev I.S. Novikov V.N.

- Афанасьев, И.С. Голубев. – М.: МАИ, 2008. – 650 с.
6. Емельянова О.В. Синтез параметров электроприводов БПЛА типа конвертоплан–трикоптер / Г.К. Казарян, А.С. Мартинез Леон, С.Ф. Яцун, С.П. Стуканева // IV Международная школа-конференция молодых ученых «Нелинейная динамика машин» – School-NDM 2017: Сборник трудов. – М.: ИМАШ РАН, 2017. – С. 239-249.
7. Ефремов А.В., Захарченко В.Ф., Овчаренко В.Н. Динамика полета: учебник для студентов высших учебных заведений / под ред. Г.С. Бюшгенса. – М.: Машиностроение, 2011. – 776 с.
8. Краснов Н.Ф. Аэродинамика профиля и крыла / Н.Ф. Краснов // Основы теории аэродинамики. – Москва, 1976.
9. Мартинез Леон А.С. Оценка аэродинамических параметров крыла БПЛА несущей формы / А.С. Мартинез Леон, А.С. Стуканева // Молодежь и наука: шаг к успеху: сборник научных статей Всероссийской научной конференции перспективных разработок молодых ученых, в 2-х томах, том 3, Юго-Зап. гос. ун-т. Курск: Из-во ЗАО «Университетская книга», 2017 – С. 206 – 211.
10. Мартинез Леон А.С. Разработка конструкции конвертоплана / А.С. Мартинез Леон // Сборник научных трудов 2-й Международной научно-практической конференции в 2-х томах, том 2, Юго-Западный гос. ун-т. Курск: Из-во ЗАО «Университетская книга», 2015 – С. 265-268.
11. Миль М.Л. Вертолеты / М.Л. Миль. – Т.1, 2. – М.: Машиностроение, 1967.
12. Павловский В.Е. Моделирование движения квадранотационного летающего робота Моделирование и исследование процессов управления квадрокоптером / Павловский В.Е., Яцун С.Ф., Емельянова О.В., Савицкий А.В // Робототехника и техническая кибернетика. – Санкт-Петербург, 2014. – №4(5). – С.49-57.
13. Павловский М.А., Акинфеева Л.Ю., Бойчук О.Ф. Теоретическая механика. Статика. Кинематика / М.А. Павловский, Л.Ю. Акинфеева, О.Ф. Бойчук. – К.: Выща шк., 1989. – 351 с.
14. Попов Н.И., Емельянова О.В., Яцун С.Ф., Савин А.И. Исследование колебаний квадрокоптера при внешних периодических воздействиях / Н.И. Попов, О.В. Емельянова, С.Ф. Яцун, А.И. Савин // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 1. – С. 28-32.
15. Яцун С.Ф. Алгоритм управления беспилотным летательным аппаратом типа конвертоплан / С.Ф. Яцун, О.В. Емельянова, К.Г. Казарян // Беспилотные транспортные средства с элементами искусственного интеллекта (БТС-ИИ-2016): труды третьего Всероссийского научно-практического семинара. – Иннополис: Изд-во «Перо», 2016. – С. 147-157.
- Bespilotnye letatel'nye apparaty / P.P. Afanas'ev, I.S. Golubev. – М.: МАИ, 2008. – 650 s.
6. Emel'yanova O.V. Sintez parametrov ehlektroprivodov BPLA tipa konvertoplan □ trikopter / G.K. Kazaryan, A.S. Martinez Leon, S.F. YAcun, S.P. Stukaneva // IV Mezhdunarodnaya shkola-konferenciya molodyh uchenykh «Nelinejnaya dinamika mashin» – School-NDM 2017: Sbornik trudov. – М.: IMASH RAN, 2017. – S. 239-249.
7. Efremov A.V., Zaharchenko V.F., Ovcharenko V.N. Dinamika poleta: uchebnik dlya studentov vysshih uchebnykh zavedenij / pod red. G.S. Byushgensa. – М.: Mashinostroenie, 2011. – 776 s.
8. Krasnov N.F. Aehroodinamika profil'ya i kryla / N.F. Krasnov // Osnovy teorii aehroodinamiki. – Moskva, 1976.
9. Martinez Leon A.S. Ocenka aehrodinamicheskikh parametrov kryla BPLA nesushchej formy / A.S. Martinez Leon, A.S. Stukaneva // Molodezh' i nauka: shag k uspekhу: sbornik nauchnykh statej Vserossijskoj nauchnoj konferencii perspektivnykh razrabotok molodyh uchenykh, v 2-h tomah, tom 3, YUgo-Zap. gos. un-t. Kursk: Iz-vo ZAO «Universitetskaya kniga», 2017 – С. 206 – 211.
10. Martinez Leon A.S. Razrabotka konstrukcii konvertoplana / A.S. Martinez Leon // Sbornik nauchnykh trudov 2-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii v 2-h tomah, tom 2, YUgo-Zapadnyj gos. un-t. Kursk: Iz-vo ZAO «Universitetskaya kniga», 2015 – S. 265-268.
11. Mil' M.L. Vertolety / M.L. Mil'. – Т.1, 2. – М.: Mashinostroenie, 1967.
12. Pavlovskij V.E. Modelirovanie dvizheniya kvadrorotacionnogo letayushchego robota Modelirovanie i issledovanie processov upravleniya kvadrokopterom / Pavlovskij V.E., YAcun S.F., Emel'yanova O.V., Savickij A.V // Robototekhnika i tekhnicheskaya kibernetika. – Sankt-Peterburg, 2014. – №4(5). – S.49-57.
13. Pavlovskij M.A., Akinfeeva L.YU., Bojchuk O.F. Teoreticheskaya mekhanika. Statika. Kinematika / M.A. Pavlovskij, L.YU. Akinfeeva, O.F. Bojchuk. □ K.: Vyshcha shk., 1989. – 351 s.
14. Popov N.I., Emel'yanova O.V., YAcun S.F., Savin A.I. Issledovanie kolebanij kvadrokoptera pri vneshnih periodicheskikh vozdeystviyah / N.I. Popov, O.V. Emel'yanova, S.F. YAcun, A.I. Savin // Fundamental'nye issledovaniya. – 2014. – № 1. – S. 28-32.
15. YAcun S.F. Algoritm upravleniya bespilotnym letatel'nyim apparatom tipa konvertoplan / S.F. YAcun, O.V. Emel'yanova, K.G. Kazaryan // Bespilotnye transportnye sredstva s ehlementami iskusstvennogo intellekta (BTS-II-2016): trudy tret'ego Vserossijskogo nauchno-prakticheskogo seminara. – Innopolis: Izd-vo «Pero», 2016. – S. 147-157.

CONVERT PLANING MECHANISMS

The paper deals with the design of a flying robot конвер of a tricopter type tiltrotor, the basic laws of its motion, control algorithms. The design tools are proposed, a prototype of a tricopter-type tiltrotor is developed and manufactured.

Key words: *affect tiltrotor, aerodynamics, kinematics.*

Яцун Сергей Федорович,
*доктор технических наук, профессор,
Юго-Западный государственный университет,
Россия, г. Курск,
(4712) 523807,
teormeh@inbox.ru,*

Yatsun S.F.,
*doctor of technical sciences, professor,
Southwest state University,
Russia, Kursk.*

Ефимов Сергей Венедитович,
*кандидат технических наук, доцент,
Воронежский институт – филиал ФГБОУ ВО Ивановской
пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России,
Россия, г. Воронеж,
sclione@yandex.ru*

Efimov S.V.,
*candidate of technical Sciences, associate Professor,
Voronezh Institute – a branch of FGBOU in the Ivanovo fire and rescue academy of
State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, Voronezh.*

Чуйков Александр Митрофанович,
*Кандидат технических наук, доцент,
Воронежский институт – филиал ФГБОУ ВО Ивановской
пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России,
Россия, г. Воронеж,
kratos_1987@mail.ru,*

Chuikov A.M.,
*candidate of technical Sciences, associate Professor,
Voronezh Institute – a branch of FGBOU in the Ivanovo fire and rescue academy of
State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, Voronezh.*

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПУСКА ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ И МОТОПРИВОДОВ ПОЖАРНОЙ И АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

В.А. Годлевский, М.А. Колбашов, Ю.Н. Моисеев, А.Г. Бубнов

В статье рассмотрены факторы, снижающие надежность пуска ДВС в условиях использования техники при пожарно-спасательных работах. Дана современная классификация пускозарядных устройств, обеспечивающих надежный пуск в сложных условиях эксплуатации (низкая температура, неудовлетворительное состояние АКБ). Описаны возможности новых конструкций пусковых устройств на базе портативных аккумуляторных батарей нового поколения. Сформулированы рекомендации по оснащению пожарно-спасательных подразделений такими устройствами, которые могут служить в полевых условиях резервными источниками электроэнергии как для пуска ДВС автомобилей и мотоприводов, так и для подзарядки устройств связи.

Ключевые слова: надежность пуска, пускозарядное устройство, пожарная и аварийно-спасательная техника, аккумуляторные батареи.

Введение. В процессе эксплуатации пожарной и аварийно-спасательной техники важным является существенное сокращение временных интервалов, требуемых для подготовки расчетов к выезду. Это решается проведением как организационных, так и технических мероприятий. В частности, важно обеспечить быстрый и бесперебойный пуск двигателя. Этому могут препятствовать ряд неисправностей, связанных, например, с системой топливоподачи с электрическими цепями зажигания, стартером. Задача обеспечения надежного пуска двигателя аварийно-спасательной техники становится особенно актуальной, когда пуск приходится производить не в гараже, а на выезде, например, при тушении тяжелых пожаров, вдали от стационарных источников электроснабжения.

Факторы ненадежного пуска двигателя внутреннего сгорания (ДВС). Слабым местом, чаще всего создающим отказы при пуске двигателя, как правило, являются аккумуляторные батареи (АКБ). Несмотря на очевидный прогресс, связанный в последние десятилетия с развитием конструкций АКБ, на уменьшение требований к их проверкам и обслуживанию (большинство современных АКБ маркируются как «необслуживаемые»), эти накопители энергии часто не выдерживают тяжелого режима эксплуатации аварийно-спасательной техники, особенно в условиях влажного, морского и холодного климата.

Пагубно могут влиять на состояние АКБ следующие факторы. Так, в морских прибрежных районах, которым свойственно наличие в воздухе мелкодисперсных гидрозолей морской воды, на поверхности АКБ быстро формируется токопроводящая пленка, ведущая к быстрому саморазряду батареи и ухудшению ее пусковых

свойств.

Конструкция современного аварийно-спасательного автомобиля становится все более перегружена устройствами электроподогрева различных элементов кабины и специальной надстройки. Электрическими нагревательными системами могут быть снабжены: лобовое и заднее стекло, зеркала заднего вида, подушки сидений, рулевое колесо, форсунки стеклоомывателей и другие элементы конструкций. При частом пользовании этими устройствами, тем более в условиях низких оборотов двигателя (например, преимущественно при городской езде), АКБ не успевает полностью восстанавливать заряд от бортового генератора, отчего снижается надежность последующих пусков.

Низкая температура окружающей среды не только снижает остаточную электрическую емкость АКБ, но и существенно повышает сопротивление движению в цилиндропоршневой системе и подшипниках ДВС, что иногда не позволяет при отрицательных температурах обеспечить двигателю вращение, достаточное для осуществления пуска. Реальный срок службы современных свинцово-кислотных аккумуляторов составляет 5 – 7 лет [1], а в данных условиях обеспечить с требуемой регулярностью своевременное обновление парка АКБ затруднительно. При таких обстоятельствах недорогие, мощные и надежные вспомогательные пусковые устройства могли бы существенно снизить риски возникновения задержек при развертывании пожарно-спасательных команд, следовании их к месту пожарно-спасательных работ, запуске автономных мотоприводов вывозимой техники.

Известны меры, которые предпринимались традиционно при трудностях с

запуском холодного двигателя: заливали в двигатель горячую воду, обдували горячим воздухом, пытались запустить при буксировке или подавали напряжение от стоящего рядом другого автомобиля. Если позволяло время, для обеспечения можно было применять обычные зарядные устройства, позволяющие в течение одного-двух часов интенсивной зарядки обеспечить условия для пуска двигателя. Однако экстренный характер работы подразделений пожарной охраны и спасательных служб делает длительную задержку выезда недопустимой.

Наилучшим решением до последних лет было, если пуск выполняли в пределах стационарного гаража с применением специальных пусковых устройств. Это поначалу были стационарные, крупногабаритные, тяжелые, работающие от сети, мощные выпрямители, способные, помимо аккумулятора, самостоятельно обеспечить большую пусковую электрическую мощность и быстро решить проблему.

Одним из путей решения рассматриваемой проблемы надежного запуска автомобиля оказались электрические конденсаторы большой емкости, способные при небольшой массе и габаритах накапливать энергию, достаточную для нескольких последовательных пусков двигателя без подзарядки батареи конденсаторов. Недавно разработанные импульсные конденсаторы нового типа оказались пригодными для хранения электроэнергии на борту автомобиля. Такие конденсаторы повышенной емкости иногда называют «ионисторами» [2].

Главное преимущество такого устройства состоит в большей накопительной возможности (примерно на порядок) по сравнению с обычными конденсаторами. Это обеспечило мощность, выдаваемую кратковременно, и достаточную для «раскрутки» и запуска холодного двигателя. Такое техническое решение, впрочем, не обладало достаточной компактностью, предлагалось его использование не в носимом варианте, а путем монтажа на борту транспортного средства.

В последние годы техника, создаваемая для задач аварийного пуска двигателя при неисправной АКБ, существенно обновилась, и цель настоящей статьи – дать краткий обзор и характеристики этих новых устройств, показать перспективы их использования в условиях борьбы с пожарами и последствиями ЧС. Существует несколько критериев классификации зарядных устройств (ЗУ) [3].

1) По типу источника питания. Устройства могут быть автономными (со встроенной аккумуляторной батареей) и с питанием от электрической сети. Несмотря на автономность и мобильность аккумуляторных батарей, в отличие от приборов сетевого питания,

они требуют периодической подзарядки и техобслуживания.

2) По типу преобразователя напряжения. Бывают устройства трансформаторные и импульсные. Трансформаторные ЗУ построены на базе трансформатора напряжения, оснащаются выпрямителем. Трансформаторные установки тяжелы, имеют значительные габариты, их непросто транспортировать. Среди систем, генерирующих большие токи, большее распространение получили импульсные преобразователи (инверторы). Такие приборы гораздо легче, оснащены системами защиты от неверного включения и короткого замыкания. Кроме того, они намного легче и компактнее.

3) Метод зарядки. На практике применяются ЗУ постоянного тока, переменного, комбинированные. Чтобы не допускать перезарядки АКБ, применяют «умные» зарядные системы, которые, в зависимости от состояния батареи, применяют тот или иной алгоритм зарядки. В этом случае заряд может протекать в несколько стадий, с вариацией силы тока и его пульсаций. Пульсации, по сведению некоторых источников, способны предотвращать сульфатацию аккумуляторных пластин или снимать ее последствия. «Умные» ЗУ способны также производить «тренировку» батарей путем последовательного цикла зарядов – разрядов, что обычно способствует повышению срока службы АКБ. Современные ЗУ главным образом выпускаются как устройства комбинированного типа.

4) Время зарядки. Приборы поддержки системы пуска делят на собственно зарядные (ЗУ), и пускозарядные (ПЗУ). Стандартные устройства используются для зарядки/подзарядки автоаккумулятора, чтобы восстановить емкость практически до номинальной. ПЗУ обладают способностью запустить двигатель при полностью разряженном (или даже отключенном) аккумуляторе.

Современные автомобильные пускозарядные устройства иногда называют «бустерами». Эти внешние ПЗУ – компактные и легкие аккумуляторы – «бустеры», способны дать пусковой импульс автомобилю с разряженной батареей. Многие модели позволяют использовать их и в режиме малого тока – для простой подзарядки АКБ. До недавнего времени ПЗУ представляли собой довольно тяжелые и объемные приборы, содержащие внутри корпуса классический свинцовый аккумулятор не очень большой емкости, однако обеспечивающий достаточной величины пусковой ток.

Но главное – эти устройства были автономны, ими можно было пользоваться вне гаража, поскольку они обладали запасом электроэнергии. Однако широкого распространения такие устройства не получили

ввиду большого объема и веса, что делало проблематичным включать их в список вывозимого оборудования, тем более, что частота их использования незначительна [3]. К тому же эти приборы тоже разряжаются с прошествием времени, снижают заряд под воздействием холода, так что периодическая зарядка в стационарных условиях от электрической сети для них необходима.

Пусковые устройства на базе аккумуляторов нового поколения

Однако после освоения нового типа электрических аккумуляторов – литий-полимерных (LiPo) – было получено новое техническое решение, обеспечивающее многократный пуск двигателя с помощью легкого и малогабаритного (переносного) пускового устройства [4, 5]. Ряд моделей этих устройств, помимо задач аварийного пуска, получил также способность к зарядке одновременно нескольких мобильных устройств связи, что придало этим приборам дополнительные полезные возможности, особенно при эксплуатации в полевых условиях.

Электрическая емкость портативных пусковых устройств ограничена количеством перезаряжаемых элементов питания в их корпусе (обычно их количество 4 – 6). Каждый элемент, в зависимости от модификации, выдает напряжение порядка 3,6 В. Для того чтобы заряжать от бустера мобильные устройства, они соединяются попарно, а для запуска двигателя через коммутационное устройство подключаются все элементы сборки одновременно.

Фактически получается, что реальная емкость пускового устройства примерно на порядок меньше, чем штатного автомобильного аккумулятора (соответственно примерно 5 и 50 Ач в случае легкового автомобиля). Однако практика показывает достаточность такого объема хранимой энергии для нескольких надежных пусков автомобиля на холоде. В качестве примера на рис. 1. представлен вариант компактного ПЗУ, выпускаемого серийно.



Рис. 1. Общий вид компактного автономного ПЗУ, обеспечивающего пуск двигателя автомобиля («стартовый бустер»)

Стоимость устройства – 7400 руб. (2017 г.). Характеристики: емкость – 5 Ач, имеется пятивольтовый выход USB типа для зарядки гаджетов, «силовой» выход на 12 В (вариант – 24В) для пуска ДВС, максимальный стартовый ток 200 – 500 А.

На корпусе ПЗУ четыре кнопки управления режимами работы, индикатор уровня заряда (светодиодный, разноцветный, 4-секционный), два индикатора режима работы, светодиодный фонарь, вход для подпитки внутреннего аккумулятора и два выхода: один стандарта USB (5 В, 2 А) и силовой разъем под автомобильные зажимы типа «крокодил» (12 В, 202,5/405 А).

Размеры 192x122x47 мм. В комплекте – зарядные устройства для внутреннего аккумулятора (220 В и 12 В) и силовые провода с зажимами типа «крокодил». Прибор помещен сумку-органайзер размером 290x160x100 мм. Схема прибора обеспечивает защиту от короткого замыкания силового выхода. Производитель представленного на рис. 1. прибора объявляет о том, что полностью заряженный прибор способен произвести до 15 – 17 пусков холодного двигателя рабочим объемом до 4 л [6].

В производственных программах ряда фирм производителей фигурируют и более мощные компактные модели ПЗУ, ориентированные на грузовые модели автомобилей, имеющие бортовую сеть 24 В и с пусковым током до 1100 А. Как правило, производителем предусмотрены защитные системы от коротких замыканий, неправильного подключения и других случайных ошибок эксплуатации. Есть функции автоматической регулировки зарядного тока, реверсивного заряда, стабилизации напряжения.

Заключение

Таким образом, в настоящей статье дана характеристика современных тенденций в области новых конструкций ЗУ и ПЗУ, способных обеспечить эффективную подзарядку АКБ и пуск двигателя в условиях низких температур и даже при полностью разряженной АКБ.

1) Современные мощные ПЗУ на базе литий-ионных и литий-полимерных аккумуляторов приобрели малый вес и компактность, что позволяет применять их в пожарно-спасательных подразделениях, в особенности они могут быть полезны при пожарно-спасательных работах на выезде.

2) Эффективность вывозимых ПЗУ, по нашему мнению, была бы более выраженной при длительных работах на выезде, например, в условиях тушения больших многодневных пожаров или ликвидации последствий больших катастроф, в местностях, где нарушено стационарное электроснабжение.

3) Возможность обеспечения этими

приборами зарядки мобильных устройств связи является полезной функцией, в особенности в описанных выше экспедиционных рабочих условиях.

4) Портативными аккумуляторными системами пуска, по нашему мнению, должны оснащаться как пожарно-спасательные подразделения, так и отдельные транспортные средства этих служб.

5) Полагаем, что пожарно-спасательные подразделения преимущественно должны

оснащаться 12-вольтовыми ПЗУ повышенной емкости, для обеспечения пуска двигателей разной мощности: автомобилей, мотоциклов, мотопомп и мотоинструмента.

6) Оснащение пожарных и спасательных подразделений описанными выше компактными пусковыми устройствами не должны приводить к большим материальным затратам, так как таким оборудованием может оснащаться лишь один автомобиль из нескольких, участвующих в тушении пожара или ликвидации последствий ЧС.

Библиография

1. Розанов Д. Вся правда про аккумуляторы / Д. Розанов // <https://www.drive2.com/b/1642625/>
2. Годлевский В.А., Моисеев Ю.Н., Назаров Г.Е., Федотов Е.В. Проблема пуска двигателей аварийно-спасательной техники / В.А. Годлевский // Надежность и долговечность машин и механизмов. Сб. мат-лов II межвузовского научно-практич. семинара аспирантов, студентов, курсантов и слушателей. Ивановский ин-т гос. противопож. службы Иваново, 25 апреля 2012. – ИВИГПС МЧС. – С. 157–160.
3. Классификация зарядных устройств для аккумуляторов // <https://ukrenergy.dp.ua/2014/08/18/klassifikaciya-zaryadnyx-ustrojstv-dlya-avtomobilnyx-akkumulyatorov.html>
4. Садовников А.В., Макаrchук В.В. Литий-ионные аккумуляторы / А.В. Садовников, В.В. Макаrchук // Молодой ученый. – 2016. – №23. – С. 84-89.
5. Современные Li-ion аккумуляторы. Типы и конструкция // Компоненты и технологии. – 2013. – № 11. – С. 67–74.
6. Тестируем автомобильные пуско-зарядные устройства (стартовые бустеры) // http://www.autodela.ru/main/top/test/pusko_zarid_test_berkut_carku_d-lex_neoline

References

1. Rozanov D. Vsyaya pravda pro akkumulyatory / D. Rozanov // <https://www.drive2.com/b/1642625/>
2. Godlevskij V.A., Moiseev YU.N., Nazarov G.E., Fedotov E.V. Problema puska dvigatelej avarijno-spasatel'noj tekhniki / V.A. Godlevskij // Nadezhnost' i dolgovechnost' mashin i mekhanizmov. Sb. mat-lov II mezhvuzovskogo nauchno-praktich. seminaraspasantov, studentov, kursantov i slushatelej. Ivanovskij in-t gos. protivopozh. sluzhby Ivanovo, 25 aprelya 2012. – IviGIPS MCHS. – S. 157–160.
3. Klassifikaciya zaryadnyh ustrojstv dlya akkumulyatorov // <https://ukrenergy.dp.ua/2014/08/18/klassifikaciya-zaryadnyx-ustrojstv-dlya-avtomobilnyx-akkumulyatorov.html>
4. Sadovnikov A.V., Makarchuk V.V. Litij-ionnye akkumulyatory / A.V. Sadovnikov, V.V. Makarchuk // Molodoj uchenyj. – 2016. – №23. – S. 84-89.
5. Sovremennye Li-ion akkumulyatory. Tipy i konstrukciya // Komponenty i tekhnologii. – 2013. – № 11. – S. 67–74.
6. Testiruem avtomobil'nye pusko-zaryadnye ustrojstva (startovye bustery) // http://www.autodela.ru/main/top/test/pusko_zarid_test_berkut_carku_d-lex_neoline

RELIABILITY INCREASING OF FIRE ENGINES AND MOTOR-DRIVES OF FIRE AND RESCUE TECHNIQUE

In the article the factors reducing reliability of ICE start-up in the conditions of technique use at fire-salvage operations are considered. Modern classification of starter-charging devices providing reliable start-up in difficult operation conditions (low temperature, unsatisfactory condition of accumulators) is given. Possibilities of new designs of starting arrangements on the basis of portable storage batteries of new generation are described. Recommendations about equipment of fire-saving divisions by such devices which can serve in field conditions as reserve sources of electric power as for start-up of cars engines and motor-drives, and for additional charge of communication devices are formulated.

Keywords: *reliability of start-up, start-up and charging device, fire and rescue technique, storage batteries.*

Годлевский Владимир Александрович,

доктор технических наук, профессор,

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Россия, г. Иваново,

e-mail: godl@yandex.ru

Godlevskiy V.A.,

Doctor of Technical Sciences, Professor,

*Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, Ivanovo.*

Колбашов Михаил Александрович,

кандидат технических наук, доцент,

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Россия, г. Иваново,

e-mail: kolbashov@mail.ru,

Kolbashov M.A.,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,

*Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, Ivanovo.*

Моисеев Юрий Николаевич,

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Россия, г. Иваново,

e-mail: fireman13@mail.ru,

Moiseev J.N.,

*Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, Ivanovo.*

Бубнов Андрей Германович,

доктор химических наук, доцент,

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Россия, г. Иваново,

e-mail: bubag@mail.ru

Bubnov A.G.,

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,

*Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, Ivanovo.*

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПРИМЕНЯЕМЫХ В ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОМ ОБОРУДОВАНИИ УЗЛОВ С МАГНИТНЫМИ НАНОМАТЕРИАЛАМИ

А.П. Сизов, В.А. Комельков, Л.А. Гусев, М.В. Винокуров

Герметизирующие устройства, в которых используется новый материал в качестве герметизатора, должны работать определенное время до проведения работ, связанных с их ремонтом. В представленной статье рассматриваются вопросы повышения надежности техники, предназначенной для ликвидации чрезвычайных ситуаций. Для увеличения надежности такой техники предлагается использовать в качестве герметизатора магнитный наноматериал. Приведен вариант разработанного комбинированного уплотнения вала водяного насоса, в котором сальниковое уплотнение заменено на магнитожидкостное.

Ключевые слова: надежность, оборудование для пожарной техники, герметизирующие устройства, магнитная жидкость, водяной насос.

Сальниковые уплотнения применяются в различных отраслях техники. От их герметичности зависит работоспособность машин и механизмов, работающих в текстильной, химической, нефтеперерабатывающей и ряде других отраслей промышленности. Недостатки, присущие сальниковым уплотнениям, оказывают значительное влияние на надежность работы машин.

Магнитожидкостные уплотнения валов, совершающих вращательное и возвратно-поступательное движение, нашли применение в различных узлах и агрегатах современных технических систем [1]. Основным элементом таких герметизаторов является магнитная жидкость, применение которой обеспечивает герметичность соединений и существенно снижает собственные потери на трение. Магнитожидкостные уплотнения работоспособны в широком интервале положительных и отрицательных температур, при разделении как газовых, так и жидких сред.

Традиционные уплотнительные устройства, такие как сальники, манжеты, торцовые и лабиринтные уплотнения, используемые для целей герметизации вала водяного насоса (рис. 1), имеют ряд недостатков: низкую герметичность, деформирование и износ сальниковой набивки как при работе, так и при переходе в дежурный режим [2].

Для ликвидации пожаров в качестве огнетушащего вещества может использоваться вода с добавлением пенообразователя или без него. Ее применение объясняется высокой огнетушащей способностью, низким воздействием на человека и окружающую среду, а также доступностью.

К месту возгорания вода доставляется с помощью транспортных средств специального

назначения. Если возгорание возможно в помещении, то в нем устанавливают систему водяного пожаротушения. В эту систему входят источник воды, который должен иметь большой объем, заполняемый для хранения на случай ликвидации ЧС.

На мобильной или стационарной установке пожаротушения устанавливаются насосы для создания в системе пожаротушения определенного давления и расхода воды, необходимых для ликвидации пожаров. В этом случае широкое распространение получили насосы консольного типа. В таких насосах для герметизации вала при его вращении и во время дежурного режима вращающийся и неподвижный вал должны быть герметичны. При вращении вала герметичность его соединений не столь критична. Однако после установки дежурного режима должна быть обеспечена полная герметичность уплотнения.

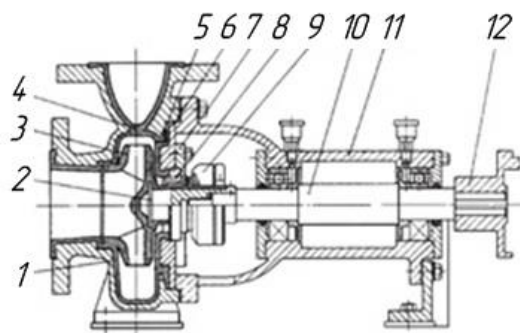


Рис. 1. Общий вид насоса консольного типа:
1 – крышка всасывающая; 2 – гайка рабочего колеса; 3, 6 – бронедиск защитный; 4 – колесо рабочее; 5 – корпус; 7 – втулка сальника; 8 – набивка сальника; 9 – втулка защитная; 10 – крышка сальника; 11 – крышка подшипника; 12 – подшипник

Опыт работы показывает, что после дежурного режима уплотнения в насосах «текут». Это объясняется негерметичностью уплотнительного узла.

Уплотнительный узел на таких насосах консольного типа выполняется с сальниковой набивкой [3], которая имеет остаточную деформацию. Герметичность такого уплотнения должна быть одинаковой как при вращении его, так и после остановки. При потере герметичности насоса будет наблюдаться дополнительный расход огнетушащего вещества и возникновение коррозии деталей, что приведет к потере его работоспособности и необходимости ремонта. Как правило, это приводит к выведению установки пожаротушения из дежурного режима и приостановлению деятельности объекта защиты.

Для исключения указанных недостатков разработано комбинированное уплотнение, состоящее из сальникового, магнитожидкостного и торцового уплотнения, названное комбинированным уплотнением. Каждое из уплотнений функционирует отдельно, но при этом возрастает надежность работы и срок службы оборудования.

Применение магнитожидкостных уплотнений с их высокой герметичностью позволит существенно улучшить работу насосного оборудования, используемого в пожаротушении. Это направление является перспективным для использования предлагаемых уплотнительных устройств в оборудовании установок пожаротушения.

Однако при использовании в качестве уплотняющего элемента магнитной жидкости возникает ряд проблем: ограничение контакта магнитной жидкости с водой; необходимость ограничения воздействия на нее окружающей среды (пыли, влаги, химически активных веществ).

Для повышения герметичности узла магнитожидкостное и традиционное уплотнительные устройства можно объединить в единую конструкцию, в которой элементы отдельных устройств являются общими. Схема данного уплотнения приведена на рисунке 2. В этом случае магнитная жидкость удерживается от выдавливания из рабочего зазора под действием перепада давления за счет магнитных сил, присущих данному уплотнительному устройству.

В комбинированном уплотнении герметизация обеспечивается сальниковой набивкой 11, которая при работе подвергается износу за счет микронеровностей вала и присутствия в уплотняемой среде механических частиц. После остановки вала 10 за счет остаточной деформации увеличивается зазор между валом и сальниковой набивкой и герметичность уплотнения уменьшается. Процесс снижения герметичности предлагается устранить за счет введения в конструкцию дополнительных элементов торцового и магнитожидкостного уплотнения.

Магнитожидкостное уплотнение обеспечивает силовое воздействие на сальниковую набивку по мере ее износа. Это происходит при осевом перемещении подвижного полюса 8 по втулке 9. Торцовое уплотнение, созданное парами трения 5 и 6, предотвращает проникновение воды в магнитную жидкость, что способствует увеличению долговечности магнитной жидкости, находящейся в полости «а» и рабочих зазорах магнитожидкостного уплотнения. Магнитная жидкость, находящаяся в полости «а», оказывает положительное влияние на работу торцового уплотнения. Она выполняет функции смазочной и запирающей жидкости. Это способствует уменьшению момента трения, возникающего при относительном перемещении пар трения уплотнения и, соответственно, долговечности и герметичности торцового уплотнения за счет взаимодействия магнитной жидкости с поверхностью трения, которое возникает за счет магнитной индукции, создаваемой постоянным магнитом.

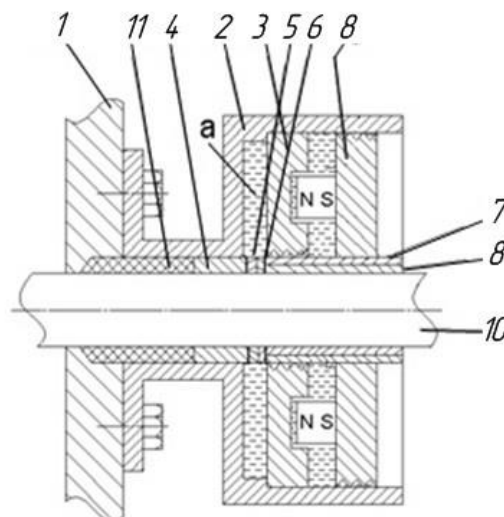


Рис. 2. Комбинированное магнитожидкостное уплотнение: 1 – корпус; 2 – неподвижный корпус магнитожидкостного уплотнения; 3 – магнитопровод магнитожидкостного уплотнения; 4 – нажимная втулка; 5 – кольцо, выполненное из антифрикционного материала; 6 – антифрикционное кольцо; 7 – втулка; 8 – подвижный магнитопровод; 9 – антифрикционная втулка; 10 – вал; 11 – сальниковая набивка; а – полость размещения пары трения торцового уплотнения

При затекании магнитной жидкости в торцовый зазор она удерживается в нем за счет воздействия магнитного поля. На поверхности втулок образуется адгезионный слой из магнитной жидкости с заполнением всех микронеровностей пар трения, чему способствуют силы магнитной индукции. Образованный адгезионный слой позволяет парам трения (втулкам) работать в

режиме жидкостной смазки. Однако в зависимости от величины концентрации феррочастиц возможны режимы полужидкостной смазки, а также и работа без смазки.

Приповерхностные ферромагнитные частицы магнитной жидкости приходят в движение под действием градиента поверхностного натяжения и увлекаются молекулами немагнитной среды, образуя в поверхностном слое разбавленную слабомагнитную эмульсию. Эта эмульсия в дальнейшем может перемешиваться с уплотняемой средой при вращении вала. Все эти процессы будут идти до тех пор, пока не иссякнет запас магнитной жидкости под полюсом. Для предотвращения процесса вымывания магнитной жидкости необходимо ограничивать площадь контакта «магнитная жидкость – уплотняемая среда», уменьшать величину перепада давления, воздействующего на магнитную жидкость.

В разрабатываемом комбинированном уплотнении давление возрастает по мере выработки сальникового уплотнителя за счет увеличения зазора. Между торцевой частью магнита и подвижной полюсной приставкой, по мере уменьшения зазора возрастает давление, компенсируемое магнитожидкостным уплотнением.

Исследования [4] показали, что ресурс работы магнитожидкостного уплотнения зависит от условий эксплуатации, а также от типа разделяемых сред. В том случае если одна из сред – газ, то необходимое условие длительной работы

магнитной жидкости – инертность по отношению к телу уплотнителя.

При герметизации жидких сред необходимо учитывать гидродинамические эффекты, возникающие на границе раздела сред «магнитной жидкости – уплотняемая среда (вода)». Следовательно, необходимо учитывать гидродинамические процессы и диффузию среды в магнитную жидкость, так как это может привести к потере герметичности магнитожидкостного уплотнения. Этот фактор необходимо учитывать также при герметизации жидких сред с целью недопустимости растворения их с телом уплотнителя

Экспериментальные данные показывают, что фенилсилоксановые жидкости ФМ-6 так же, как и фторорганические жидкости типа ПФ-180, устойчивы к воздействию температуры [4], что определяет тип носителя, используемого при получении магнитной жидкости для контакта с водой.

С целью увеличения надежности работы магнитожидкостного уплотнителя целесообразно его совместное использование в комбинации «магнитожидкостное уплотнение – традиционное уплотнение».

Эта комбинация необходима при решении задач повышения надежности работы насосного оборудования, используемого как в системах автоматического пожаротушения, так и в пожарной технике.

Библиография

1. Сизов А.П., Еловский В.С., Колбашов М.А., Комельков В.А., Топоров А.В., Зарубина Е.В. Разработка комбинированного магнитожидкостного уплотнения водяного насоса. В сборнике: 18-я Международная Плесская научная конференция по нанодисперсным магнитным жидкостям. – 2018. – С. 482-488.
2. Сизов А.П., Комельков В.А., Еловский В.С., Топоров А.В., Гусев Л.А. Анализ надежности узлов техники, используемой в чрезвычайных ситуациях при применении в ее узлах уплотнительных устройств с магнитной жидкостью. Материалы II международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны. – 2018. – С. 132-139.
3. Сизов А.П., Никитина С.А., Комельков В.А., Колбашов М.А., Еловский В.С., Салихова А.Х. Физико-технические основы применения нанодисперсных магнитных жидкостей в пожарной и аварийно-спасательной технике. Современные пожаробезопасные материалы и технологии. Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной Году гражданской обороны. – 2017. – С. 342-346.
4. Sizov A.P., Repin D.S., Elovsky V.S., Komelkov V.A., Toporov A.V. Application of magnetic nanoscale

References

1. Sizov A.P., Elovskij V.S., Kolbashov M.A., Komel'kov V.A., Toporov A.V., Zarubina E.V. *Razrabotka kombinirovannogo magnitozhidkostnogo uplotneniya vodyanogo nasosa. V sbornike: 18-ya Mezhdunarodnaya Plesskaya nauchnaya konferenciya po nanodispersnym magnitnym zhidkostyam.* – 2018. – S. 482-488.
2. Sizov A.P., Komel'kov V.A., Elovskij V.S., Toporov A.V., Gusev L.A. *Analiz nadezhnosti uzlov tekhniki, ispol'zujemoj v chrezvychajnyh situacijah pri primenenii v eyo uzlah uplotnitel'nyh ustrojstv s magnitnoj zhidkost'yu. Materialy II mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchyonnoj Vsemirnomu dnyu grazhdanskoj oborony.* – 2018. – S. 132-139.
3. Sizov A.P., Nikitina S.A., Komel'kov V.A., Kolbashov M.A., Elovskij V.S., Salihova A.H. *Fiziko-tekhnicheskie osnovy primeneniya nanodispersnyh magnitnyh zhidkostej v požarnoj i avarijno-spasatel'noj tekhnike. Sovremennye požarobezopasnye materialy i tekhnologii. Sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj Godu grazhdanskoj oborony.* – 2017. – S. 342-346.
4. Sizov A.P., Repin D.S., Elovsky V.S., Komelkov V.A., Toporov A.V. *Application of magnetic*

dispersed systems in electromechanical devices operated at separations of gas and liquid fire extinguishing agents Magnetohydrodynamics. – 2018. – Т. 54, № 1-2. – С. 127-129.

nanoscale dispersed systems in electromechanical devices operated at separations of gas and liquid fire extinguishing agents Magnetohydrodynamics. – 2018. – Т. 54, № 1-2. – S. 127-129.

IMPROVING THE RELIABILITY OF NODES WITH MAGNETIC NANO-MATERIALS, USED IN FIRE AND RESCUE EQUIPMENT

Sealing devices that use the new material as a sealer must be operated for a certain period of time prior to the work associated with their repair. The article deals with the issues of improving the reliability of equipment designed for emergency response. To increase the reliability of such equipment, it is proposed to use magnetic nanomaterial as a sealer. A variant of the developed combined shaft seal of the water pump is presented, in which the use of the gland seal is replaced by the use of a combined magnetic fluid seal.

Keywords: *reliability, equipment for fire equipment, sealing devices, magnetic fluid, water pump.*

Сизов Александр Павлович,

*доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Россия, г. Иваново,
e-mail: szveex@yandex.ru,*

Sizov A.P.,

*doctor of technical Sciences, Professor,
Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, Ivanovo.*

Комельков Вячеслав Алексеевич,

*кандидат технических наук,
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Россия, г. Иваново,
e-mail: komelkov@rambler.ru,*

Komelkov V.A.,

*candidate of technical Sciences,
Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, Ivanovo.*

Гусев Леонид Алексеевич,

*ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Россия, г. Иваново,
e-mail: alex16crown@gmail.com*

Gusev L.A.,

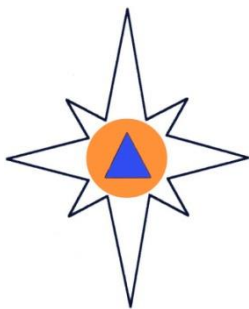
*Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, Ivanovo.*

Винокуров Михаил Владимирович,

*ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Россия, г. Иваново,
e-mail: vimifi@yandex.ru*

Vinokurov M.V.,

*Ivanovo fire and rescue academy of State Firefighting Service of EMERCOM of Russia,
Russia, Ivanovo.*



ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ОРГАНИЗАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 658.26:677

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ БЕЗОПАСНЫХ И ЭКОЛОГИЧНЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ КАК ФАКТОР СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКОСТИ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ

*Е.В. Румянцев, С.В. Федосов, В.Н. Федосеев, А.Б. Петрухин,
Л.А. Опарина, Ю.А. Чистякова*

Проблема энергосбережения и снижения энергоемкости российской экономики остается актуальной. Энергосбережение во всех отраслях должно быть не только экономичным, но и безопасным и экологически продуманным. Общемировой тенденцией является не только снижение энергопотребления и повышение энергоэффективности в зданиях, строениях, сооружениях, технологических производственных процессах, но и использование для этих целей возобновляемых источников энергоресурсов, инновационных решений для теплоснабжения зданий, основанных на принципах экологической безопасности. В статье отражены результаты авторских исследований инновационных безопасных и экологичных энергосберегающих решений, применяемых для теплоснабжения производственных зданий. Реализация данных решений способствует снижению энергопотребления зданиями, снижению энергоемкости различных промышленности и экономики России в целом.

Ключевые слова: энергоемкость, безопасность, экологичность, инновационные энергосберегающие проекты, инновационные материалы.

Энергоэффективность и энергосбережение остаются ключевыми трендами развития всех отраслей промышленности и жилищно-коммунального хозяйства, вопрос энергосбережения на промышленных предприятиях имеет особую актуальность, что обусловлено постоянным ростом цен на электричество, тепло и энергоносители [1].

Общемировой тенденцией является не только снижение энергопотребления и повышение энергоэффективности в зданиях, строениях, сооружениях, технологических производственных процессах, но и использование для этих целей возобновляемых источников энергоресурсов, инновационных решений для теплоснабжения зданий, основанных на принципах экологической безопасности. Это является государственной задачей: энергетическая стратегия России на период до 2030 года содержит сводный план («дорожную карту») мероприятий государственной энергетической политики, обеспечивающих реализацию стратегии, принятой распоряжением

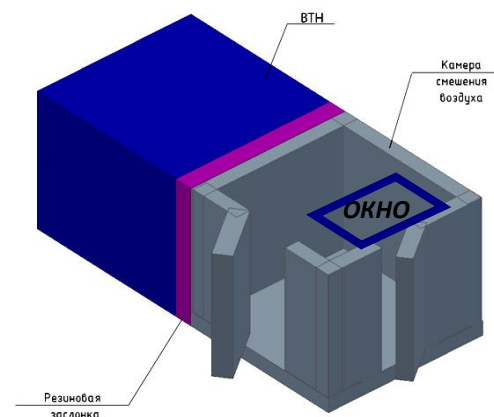
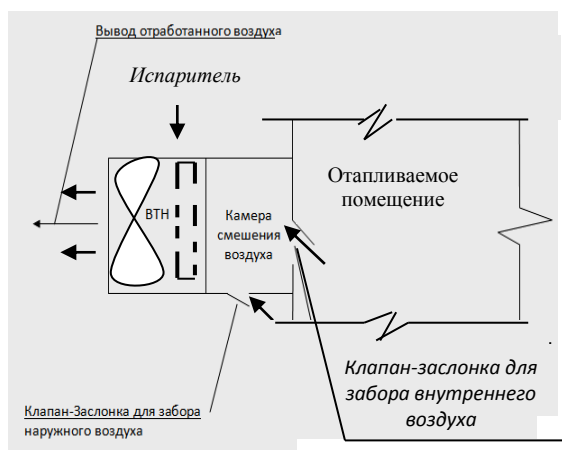
Правительства РФ от 13 ноября 2009 года № 1715-Р. Также распоряжением Правительства РФ от 19 апреля 2018 года №703-р утвержден Комплексный план по повышению энергетической эффективности экономики России, который предусматривает действия по повышению энергетической эффективности при управлении инфраструктурных компаний, предприятий промышленности, организаций бюджетной сферы, многоквартирных домов. Цель плана – модернизация основных фондов, увеличение вклада технологического фактора в снижение энергоемкости валового внутреннего продукта не менее чем до 1,5% в год. Это необходимо, так как энергоемкость ВВП РФ остается на высоком уровне, что негативно сказывается на благосостоянии населения и устойчивости развития всех отраслей деятельности [1].

По данным комплексного плана по повышению энергетической эффективности экономики России, наибольшее увеличение энергоэффективности можно получить в самой

электроэнергетике и в теплоэнергетике. В плане указано, что удельный расход энергии и энергоносителей на единицу произведенной электроэнергии, теплоэнергии в России слишком большой. Планом предусмотрены конкретные действия по эффективной электрогенерации, которые будут осуществляться в рамках нового механизма модернизации электро- и теплогенерации, а также за счет снижения потерь в сетях: энергетических, тепловых и водоснабжения.

Одними из наиболее энергоемких отраслей народного хозяйства являются текстильная и строительная отрасли. Обусловлено это не только энергоемким текстильным производством, но и значительными энергозатратами на строительство, реконструкцию и реновацию текстильных производств, а также заменой инженерного

оборудования и модернизацией производства [3,4]. Учеными ИВГПУ проведен ряд исследований, доказавших, что для теплоснабжения зданий и поддержания необходимого микроклимата производственных помещений (что особенно актуально для текстильных производств) необходимы инновационные решения систем теплоснабжения, в том числе использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ), являющихся безопасными и экологическими. Одним из таких решений является использование воздушных тепловых насосов для теплоснабжения зданий текстильных производств с автоматизированным погодозависимым управлением и специальной воздухообменной системой для поддержания необходимого уровня микроклимата на производстве (рисунок 1 а, б).



а) б)
Рис. 1. (а, б) Воздухообменная система (камера смешения воздуха)

На сегодня воздушные тепловые насосы являются более распространенными за рубежом, чем в России, так как разница перепада температур наружного воздуха в европейских странах ниже, чем в РФ, где часто зимой наружная отрицательная температура не позволяет достаточно эффективно работать традиционным воздушным тепловым насосам. Выходом из этой ситуации являются комбинированные системы отопления при совместной работе воздушного теплового насоса и электрического котла. Инновационной разработкой авторов является разработка и внедрение погодозависимой системы регулирования мощности электрического котла, которая интегрирована с режимом работы воздушного теплового насоса, рис.1(б). Авторами в целях эффективной работы ВТН была разработана и предложена комплексная схема работы данного устройства, совмещенная с системой приточно-вытяжной вентиляции в

режиме рекуперации. Как вариант при таком решении, ВТН устанавливается внутри отдельного помещения (подвал, котельная и т.д.), встроенного в общее строение, из которого забирается необходимое количество воздуха для работы теплового насоса, в том числе учитывая неорганизованную форму воздухообмена (инфильтрацию).

Доказано, что применение воздушных тепловых насосов в сравнении с традиционными источниками отопления позволит экономить тепловую энергию не только на отопление, но и на вентиляцию зданий текстильных производств [5].

К достоинствам предлагаемой системы теплоснабжения можно отнести:

- *экономичность*: низкие затраты на монтаж (для первичного контура, замкнутого на испаритель, не нужны ни земляные работы, ни водоемы). Не нужно подводить газ, использовать твердотопливные котлы и прочие дорогостоящие системы отопления и вентиляции;

- **энергоэффективность:** затрачивая 1 кВт электрической мощности в приводе компрессионной установки, можно получить 3 – 4, а при определенных условиях до 5 – 6 кВт тепловой мощности [6];

- **экологичность:** система использует возобновляемый энергоресурс, а именно, воздух, и совсем немного электрической энергии. Воздух есть везде, а вот земля в личной собственности только за городом, ну а с искусственными или естественными водоемами проблем еще больше, поэтому воздушные тепловые насосы для отопления при определенных условиях можно монтировать даже в городских условиях;

- **безопасность:** наряду с использованием ВИЭ авторами разрабатываются технические решения применения инженерных адаптивных систем рекуперации тепла в зданиях текстильных производств, что позволит не только улучшить качество микроклимата, но и минимизировать условия, создающие вред окружающей среде [7, 8].

- **инновационность:** воздушный насос можно объединить с системой вентиляции любой конфигурации, что особенно эффективно в текстильных одноэтажных производствах, используя мощности агрегата для повышения эффективности воздухообмена в помещении.

ВЫВОДЫ

Основное отличие и преимущество предлагаемого воздушного теплового насоса заключаются в том, что рассматриваемым источником низкопотенциального тепла является наружный воздух с рециркуляцией, то есть тепловой насос работает на смеси наружного и

внутреннего (забираемого из котельной) воздуха, поэтому в данном случае тепловой насос будет работать реально. Внедрение таких инженерных энергосберегающих решений позволит повысить энергоэффективность текстильных производств по сравнению с традиционными электродкотлами [9]. Использование возобновляемых источников энергоресурсов является в настоящее время крайне актуальным, в Энергетической стратегии развития РФ до 2030 года обозначен целевой ориентир – увеличение относительного объема производства и потребления электрической энергии с использованием возобновляемых источников энергии (кроме гидроэлектростанций установленной мощностью более 25 МВт) примерно с 0,5 до 4,5% к 2030 году по сравнению с 2000 годом.

По мнению авторов, внедрение организационно-технических мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности в разных отраслях экономики имеет синергетический эффект, так как, например, повышение энергоэффективности зданий и сооружений приводит не только к экономии энергоресурсов при их строительстве и эксплуатации, но и снижению энергоемкости производства в промышленности, структурным изменениям в экономике, обусловленным созданием новых инновационных строительных материалов и технологий, внедрение которых позволяет достигать экономии энергоресурсов в нескольких отраслях экономики [10]. Энергосбережение в разных отраслях приводит к синергетическому эффекту и оказывает влияние на снижение энергоемкости российской экономики в целом.

Библиография

1. Федосов С.В., Федосеев В.Н., Котлов В.Г., Петрухин А.Б., Опарина Л.А., Мартынов И.А. Теоретические основы и методы повышения энергоэффективных жилых и общественных зданий и зданий текстильной и легкой промышленности / С.В. Федосов, В.Н. Федосеев, В.Г. Котлов [и др.]. – Иваново: ПресСто, 2018. – 320 с.
2. Петрухин А.Б., Опарина Л.А., Чистякова Ю.А. Анализ целевых показателей энергосбережения и ключевых показателей социально-экономического развития РФ / А.Б. Петрухин, Л.А. Опарина // Информационная среда вуза (IX Международная научно – практическая конференция): Сборник статей. Иваново: ИВГПУ, 2017. – С. 83-93.
3. Ларионов А.Н., Викторов М.Ю. Актуальные проблемы энергоэффективного строительства объектов текстильной промышленности / А.Н. Ларионов, М.Ю. Викторов // Технология текстильной промышленности. – 2017. – № 2. – С. 45-49.

References

1. Fedosov S.V., Fedoseev V.N., Kotlov V.G., Petruhin A.B., Oparina L.A., Martynov I.A. Teoreticheskie osnovy i metody povysheniya ehnergoehffektivnyh zhilyh i obshchestvennyh zdaniy i zdaniy tekstil'noj i legkoj promyshlennosti / S.V. Fedosov, V.N. Fedoseev, V.G. Kotlov [i dr.]. – Ivanovo: PresSto, 2018. – 320 s.
2. Petruhin A.B., Oparina L.A., Chistyakova YU.A. Analiz celevyh pokazatelej ehnergoberezheniya i klyuchevykh pokazatelej social'no-ehkonomicheskogo razvitiya RF / A.B. Petruhin, L.A. Oparina // Informacionnaya sreda vuza (IX Mezhdunarodnaya nauchno – prakticheskaya konferenciya): Sbornik statej. Ivanovo: IVGPU, 2017. – S. 83-93.
3. Larionov A.N., Viktorov M.YU. Aktual'nye problemy ehnergoehffektivnogo stroitel'stva ob"ektov tekstil'noj promyshlennosti / A.N. Larionov, M.YU. Viktorov // Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2017. – № 2. – S. 45-49.
4. Aloyan R.M., Fedoseev V.N., Petruhin A.B., Zajceva I.A., Vinogradova N.V., Ostryakova

4. Алоян Р.М., Федосеев В.Н., Петрухин А.Б., Зайцева И.А., Виноградова Н.В., Острякова Ю.Е. Эффективность отопления тепловым насосом автономных текстильных производств в зависимости от уровня термодинамической активности фреонов / Р.М. Алоян, В.Н. Федосеев [и др.] // Технология текстильной промышленности. – 2017. – № 1. – С. 179-184.
5. Алоян Р.М., Федосеев В.Н., Петрухин А.Б. Экономическая эффективность воздушно-тепловых насосов для объектов производственного и непроизводственного назначения / Р.М. Алоян, В.Н. Федосеев [и др.] // Технология текстильной промышленности. – 2016. – № 1. – С. 18-21.
6. Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Виноградова Н.В., Федосеев В.Н. Экологические и энергосберегающие технологии в текстильной и легкой промышленности / Р.М. Алоян, В.Н. Федосеев [и др.] // Технология текстильной промышленности. – 2016. – № 6. – С. 263-265.
7. Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Виноградова Н.В., Федосеев В.Н. Эффективное энерго- и теплоснабжение автономных текстильных производств / Р.М. Алоян, В.Н. Федосеев [и др.] // Технология текстильной промышленности. – 2016. – № 6. – С. 235-237.
8. Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Виноградова Н.В., Федосеев В.Н. Функциональная система для теплообмена автономных текстильных производств воздушным тепловым насосом (ВТН) / Р.М. Алоян, В.Н. Федосеев [и др.] // Технология текстильной промышленности. – 2016. – № 5. – С. 195-198.
9. Алоян Р.М., Федосеев В.Н., Петрухин А.Б., Зайцева И.А., Воронов В.А., Емелин В.А. Анализ энергоэффективности воздушного теплового насоса и электрокотла в условиях текстильного и швейного производства / Р.М. Алоян, В.Н. Федосеев [и др.] // Технология текстильной промышленности. – 2016. – № 4. – С. 195-198.
10. Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Федосеев В.Н., Опарина Л.А., Чистякова Ю.А. Организационно-технические решения снижения энергоемкости российской экономики на примере текстильной и строительной отраслей / Р.М. Алоян, В.Н. Федосеев [и др.] // Технология текстильной промышленности – 2017. – № 4. – С. 301-305.
- YU.E. EHffektivnost' otopleniya teplovym nasosom avtonomnyh tekstil'nyh proizvodstv v zavisimosti ot urovnya termodinamicheskoy aktivnosti freonov / R.M. Aloyan, V.N. Fedoseev [i dr.] // Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2017. – № 1. – S. 179-184.
5. Aloyan R.M., Fedoseev V.N., Petruhin A.B. EHkonomicheskaya ehffektivnost' vozduшно-teplovyyh nasosov dlya ob"ektov proizvodstvennogo i neproizvodstvennogo naznacheniya / R.M. Aloyan, V.N. Fedoseev [i dr.] // Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2016. – № 1. – S. 18-21.
6. Aloyan R.M., Petruhin A.B., Vinogradova N.V., Fedoseev V.N. EHkologicheskie i ehnergoberegayushchie tekhnologii v tekstil'noj i legkoj promyshlennosti / R.M. Aloyan, V.N. Fedoseev [i dr.] // Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2016. – № 6. – S. 263-265.
7. Aloyan R.M., Petruhin A.B., Vinogradova N.V., Fedoseev V.N. EHffektivnoe ehnergo- i teplosnabzhenie avtonomnyh tekstil'nyh proizvodstv / R.M. Aloyan, V.N. Fedoseev [i dr.] // Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2016. – № 6. – S. 235-237.
8. Aloyan R.M., Petruhin A.B., Vinogradova N.V., Fedoseev V.N. Funkcional'naya sistema dlya teploobmena avtonomnyh tekstil'nyh proizvodstv vozdushnym teplovym nasosom (VTN) / R.M. Aloyan, V.N. Fedoseev [i dr.] // Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2016. – № 5. – S. 195-198.
9. Aloyan R.M., Fedoseev V.N., Petruhin A.B., Zajceva I.A., Voronov V.A., Emelin V.A. Analiz ehnergoehffektivnosti vozdushnogo teplovogo nasosa i ehlektrokotla v usloviyah tekstil'nogo i shvejnogo proizvodstva / R.M. Aloyan, V.N. Fedoseev [i dr.] // Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2016. – № 4. – S. 195-198.
10. Aloyan R.M., Petruhin A.B., Fedoseev V.N., Oparina L.A., Chistyakova YU.A. Organizacionno-tekhnicheskie resheniya snizheniya ehnergoemkosti rossijskoj ehkonomiki na primere tekstil'noj i stroitel'noj otraslej / R.M. Aloyan, V.N. Fedoseev [i dr.] // Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti – 2017. – № 4. – S. 301-305.

INNOVATIVE SOLUTIONS FOR SAFE AND ENVIRONMENTAL SYSTEMS OF HEAT SUPPLY FOR INDUSTRIAL BUILDINGS IN TEXTILE INDUSTRY AS A FACTOR TO REDUCE THE ENERGY CAPACITY OF THE RUSSIAN ECONOMY

The article reflects the results of the author's research of innovative, safe and environmentally friendly energy-saving solutions used for heat supply of industrial buildings in the textile industry. The implementation of these solutions contributes to reducing energy consumption by buildings, reducing the energy intensity of the textile industry and the Russian economy as a whole.

Keywords: *energy intensity, textile industry, safety, environmental friendliness, innovative energy-saving projects, innovative materials*

Румянцев Евгений Владимирович,

доктор химических наук, доцент,

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»,

Россия, г. Иваново,

e-mail: rektor@ivgpi.com,

Rumyantsev E. V.,

Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor,

FSBEI of HE «Ivanovo State Polytechnic University»,

Russia, Ivanovo.

Федосов Сергей Викторович,

доктор технических наук, профессор,

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»,

Россия, г. Иваново,

e-mail: fedosov-academic53@mail.ru,

Fedosov S. V.,

Doctor of Technical Sciences, Professor,

FSBEI of HE «Ivanovo State Polytechnic University»,

Russia, Ivanovo.

Федосеев Вадим Николаевич,

доктор технических наук, профессор,

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»,

e-mail: 4932421318@mail.ru,

Fedoseev V. N.,

Doctor of Technical Sciences, Professor,

FSBEI of HE «Ivanovo State Polytechnic University»,

Russia, Ivanovo.

Петрухин Александр Борисович,

доктор экономических наук, профессор,

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»,

Россия, г. Иваново,

e-mail: a.petruhin@mail.ru,

Petrukhin A. B.,

Doctor of Economics, professor,

FSBEI of HE «Ivanovo State Polytechnic University»,

Russia, Ivanovo.

Опарина Людмила Анатольевна,

доктор технических наук, доцент,

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»,

Россия, г. Иваново,

Oparina L. A.,

Doctor of Technical Sciences, associate professor,

FSBEI of HE «Ivanovo State Polytechnic University»,

Russia, Ivanovo.

Чистякова Юлия Александровна,

кандидат экономических наук, доцент,

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»,

Россия, г. Иваново,

e-mail: u.chistykova@mail.ru

Chistyakova Yu.A.,

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,

FSBEI of HE «Ivanovo State Polytechnic University»,

Russia, Ivanovo.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. Статьи в редакцию предоставляются в отпечатанном (1 экземпляр) виде. Отпечатанный экземпляр должен быть подписан всеми авторами; также на первой странице отпечатанного экземпляра просим указывать раздел, в котором должна быть опубликована статья (перечень разделов можно посмотреть на сайте журнала). Файл с электронным вариантом должен быть назван по фамилиям авторов статьи.

2. К статье необходимо приложить рецензию (заверенную печатью) специалиста в данной области исследования с указанием научной степени, звания, места работы и должности рецензента.

3. Рукопись объемом не менее 2-х страниц формата А4, отпечатанных в текстовом редакторе MS Word шрифтом Times New Roman высотой 10 пт. через один интервал. Поля: верхнее и нижнее – 2,5 см, правое и левое – 2 см. Текст рукописи располагают в одну колонку; опция «разрыв раздела» может использоваться исключительно для создания альбомных страниц.

4. Обязательным элементом статьи является индекс УДК (указывается на первой странице).

5. На первой странице приводятся сведения об авторах: фамилия, имя и отчество (полностью), место работы (организация и подразделение), занимаемая должность, ученая степень, ученое звание, телефон и e-mail каждого из соавторов.

6. Важными элементами статьи являются аннотация и ключевые слова. Аннотация (не менее 600 знаков с пробелами) должна в сжатой форме, но достаточно полно отражать содержание статьи, не повторяя при этом ее название. Аннотация может кратко повторять структуру статьи: указывается задача исследования, ее актуальность, описываются полученные результаты и сделанные выводы.

7. В список ключевых слов необходимо включить все понятия, значимые для выражения содержания статьи и для ее поиска.

8. На последнем листе приводятся сведения об авторах, аннотация и ключевые слова на английском языке.

9. Изложение материала должно быть ясным, логически выстроенным. Логические элементы статьи должны быть выделены заголовками: Введение (~0,5 страницы), Выводы (~0,5 страницы), другие элементы – пункты и, возможно, подпункты (например: «Теоретическое обоснование построения анизотропных поверхностей стоимости», «Алгоритм построения анизотропных поверхностей накопленной стоимости», «Анализ характера разрушения опытных образцов», «Расчет прочности тела фундамента»).

10. Графики, рисунки и фотографии монтируются в тексте после первого упоминания о них. Буквы и цифры на рисунке должны быть разборчивы, оси на графиках подписаны. Рисунки и фотографии следует представлять в черно-белом варианте; они должны иметь хороший контраст и разрешение. Избегайте тонких линий в графиках. Рисунки в виде ксерокопий из книг и журналов, а также плохо отсканированные не принимаются. Название иллюстраций дается под ними после слова «Рис.» с порядковым номером. Если рисунок в тексте один, номер не ставится.

11. Подрисуночные подписи не входят в состав рисунка, а располагаются отдельным текстом под иллюстрацией. Если на рисунке вводятся новые (ранее не встречавшиеся в тексте) обозначения, они должны быть расшифрованы в подрисуночной подписи; также здесь поясняются элементы, обозначенные на рисунке цифрами. Рекомендуемая ширина рисунков не более 7,5 см.

12. Слово «Таблица» с порядковым номером размещается по правому краю. На следующей строке приводится название таблицы (выравнивание по центру без отступа) без точки в конце. Единственная в статье таблица не нумеруется.

13. Используемые в работе термины, единицы измерения и условные обозначения должны быть общепринятыми. Все употребляемые авторами обозначения (за исключением общеизвестных констант типа e , h , c и т. п.) и аббревиатуры должны быть пояснены при их первом упоминании в тексте.

14. Все формулы должны быть набраны в редакторе формул MathType шрифтом высотой 10 пт. Пояснения к формулам (экспликация) должны быть набраны в подбор (без использования красной строки). Латинские обозначения набираются курсивом, названия функций (\sin , \cos , \exp) и греческие буквы – обычным (прямым) шрифтом. Формулы нумеруют в круглых скобках – (2).

15. Ссылки на литературные источники в тексте заключаются в квадратные скобки [1]. Библиографический список приводится после текста статьи в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-2003 в алфавитном порядке или по порядку упоминания источников в тексте. Собственные работы авторов должны быть представлены в списке наравне с работами других ученых, внесших вклад в исследование данной темы. Одна позиция в списке должна содержать только один источник, не допускается объединение в одной ссылке нескольких источников. При цитировании зарубежных изданий, не переведившихся на русский язык, ссылка приводится на языке оригинала; категорически не допускается оформление ссылки в виде самостоятельно сделанного перевода.

16. Автор несет ответственность за научное содержание статьи и гарантирует оригинальность представляемого материала.

17. Высылая рукопись, автор гарантирует, что:

- он не публиковал (кроме публикации статьи в виде препринта) и не будет публиковать статью в

объеме более 25 % в других печатных или электронных изданиях;

- статья содержит все предусмотренные действующим законодательством об авторском праве ссылки на цитируемых авторов и издания, а также используемые в статье результаты и факты, полученные другими авторами или организациями;

- статья не включает материалы, не подлежащие опубликованию в открытой печати, в соответствии с действующими нормативными актами.

18. Высылая рукопись, автор соглашается с тем, что редакция журнала имеет право:

- предоставлять материалы научных статей в российские и зарубежные организации, обеспечивающие индексы научного цитирования;

- производить сокращения и редакционные изменения текста рукописи.

19. Автор также соглашается с тем, что рукописи статей авторам не возвращаются и вознаграждение (гонорар) за опубликованные статьи не выплачивается.

20. Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

21. Редакция поддерживает связь с авторами преимущественно через электронную почту – будьте внимательны, указывая адрес для переписки.

**Материалы предоставляются по адресу:
Россия, 153040, Ивановская область, г. Иваново, проспект Строителей, д. 33
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Редакция журнала «Современные проблемы гражданской защиты»,
тел.: (4932) 34-38-18; e-mail: journal@edufire37.ru**