

ВСЕРОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ НАУЧНОЙ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ (ВИНИТИ)

ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Научный информационный сборник

Издается с 1990 г.

№ 1

Москва 2016

Сборник включен в Перечень ведущих научных изданий ВАК Минобрнауки РФ, публикующих статьи по материалам выполняемых научных исследований, в т.ч. на соискание ученой степени кандидатов и докторов наук.

Полнотекстовую электронную версию с отставанием на один год можно посмотреть на сайте ВИНТИ РАН <http://www.viniti.ru>

Библиографии, аннотации и ключевые слова на русском и английском языках размещены на сайте Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU

СОДЕРЖАНИЕ

Правовое регулирование в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций

- Костров А.В.* История семантико-правовой трансформации понятия «гражданская оборона» 3

Научно-теоретические и инженерно-технические разработки

- Душкин А.Л., Ловчинский С.Е., Рязанцев Н.Н.* Первичные средства пожаротушения для Арктики..... 20
- Колесов В.И., Петров А.И.* Модель динамики автомобилизации в задачах прогноза показателей безопасности дорожного движения..... 33
- Саулова Т.А., Бас В.И., Рогов В.А.* Повышение эффективности работы системы воздухоочистки защитных сооружений гражданской обороны 37
- Мутталибова Ш.Ф., Данзиев Р.М.* Оптимальная прогнозная оценка основных показателей паводка по методу линейного программирования 43
- Подрезов Ю.В.* Особенности возникновения и развития лесоторфяных и торфяных пожаров в Российской Федерации 50
- Попов Ю.В., Уваров И.А.* Исследование систем управления воздушным судном в случаях авиационных происшествий..... 55
- Агеев С.В., Подрезов Ю.В., Романов А.С., Виноградов А.В., Тимошенко З.В.* Теоретические исследования и экспериментальные работы отечественных ученых в области физики облаков 71

Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций

- Ситяева С.М., Яремчук С.В., Махова И.Ю.* Ретроспективные переживания населения района, пострадавшего во время наводнения в аспекте проблемы адаптации к экстремальным ситуациям..... 82

CONTENTS

Kostrov A.V. The history of the semantic-legal transformation of the concept of "civil defense"	3
Dushkin A.L., Lovchinskiy S.Ye., Ryazantsev N.N. First-aid fire equipment for Arctic region	20
Kolesov V.I., Petrov A.I. Model of auto mobilization dynamics in tasks of the indicators traffic safety forecast	33
Saulova T., Bas V., Rogov V. Improving the efficiency of the in the air-cleaning system of protective constructions of civil defense	37
Muttalibova Sh.F., Danziyev R.M. Optimum prognostic assessment of flooding major parameters using the linear programming method	43
Podrezov J.V. Features of occurrence and development of forest and peat and peat fires in the Russian Federation.....	50
Popov Yu.V., Uvarov I.A. Research of control systems by an air vessel in case of aviation incidents.....	55
Ageev S.V., Podrezov J.V., Romanov A.S., Vinogradov A.V., Timoshenko Z.V. Theoretical studies and experimental work of Russian scientists in the field of cloud physics	71
Sityaeva S.M., Yaremtchuk S.V., Makhova I.J. Retrospective experiences of the population of the area affected during the flood in the aspect of the problem of adaptation to extreme situations.....	82

Научный редактор – заслуженный деятель науки и техники РФ, академик РАТ,
доктор технических наук, профессор Резер С.М.

Выпускающий редактор: Тимошенко З.В.

Адрес редакции: ВИНТИ: 125190, Россия, г. Москва, ул. Усиевича, 20.

Тел.: (499) 155-44-26

Факс: (495) 943-00-60, **E-mail:** tranbez@viniti.ru

Адрес сайта: www2.viniti.ru

Отдел подписки: Тел: (499) 155-45-25, (499) 155-44-61

УДК 355.58-027.21;351.86-027.21

ИСТОРИЯ СЕМАНТИКО-ПРАВОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПОНЯТИЯ «ГРАЖДАНСКАЯ ОБОРОНА»

Кандидат техн. наук *А.В. Костров*
ФГБУ ВНИИ ГОЧС

Рассмотрены этимология и семантика понятия «гражданская оборона» в хронологическом его развитии. Выявлены основные этапы семантико-правового наполнения и включения этого понятия в нормативные акты, юридически закрепляющие концептуальные воззрения руководящих политических партий, международной общественности, государственных органов, ответственных за защиту гражданского населения в вооружённых конфликтах. Рассмотрение проведено в основном на примере семантико-правовой¹ трансформации понятия «гражданская оборона» в СССР и Российской Федерации.

Ключевые слова: военное время, гражданская защита, гражданское население, гражданская оборона, концепция, мирное время, понятие, семантика понятия, термин.

THE HISTORY OF THE SEMANTIC-LEGAL TRANSFORMATION OF THE CONCEPT OF "CIVIL DEFENSE"

Ph. D. (Tech) *A.V. Kostrov*
FC VNII GOCHS EMERCOM of Russia

The etymology and semantics of the concept of "civil defense" in its chronological development are considered. The main stages of semantic and legal content and the inclusion of this concept in normative acts that legally enshrine a conceptual view of the governing political parties, international community, public authorities responsible for the protection of civilians in armed conflict are identified. The consideration is conducted mainly on the example of the semantic and the legal transformation of the concept of "civil defence" in the Soviet Union and the Russian Federation.

Key words: war time, civil defense, civilian population, civil defense, concept, peace time, concept, semantics of the concept, term.

Сокращения понятий¹ (терминов)

ВНИИГО – Всесоюзный (Всероссийский) научно-исследовательский институт гражданской обороны

ГЗЭ – Гражданская защита. Энциклопедия

ГКЧС - Государственный комитет Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайных ситуаций и ликвидации последствий стихийных бедствий

¹ Понятие – обобщённое мысленное представление о предмете (в данном случае предметом является «гражданская оборона»). Термин – словесное обозначение понятия, имеющее точный и определенный смысл, отличающийся смысловой однозначностью и функциональной устойчивостью. В настоящей статье слово «понятие» используется как базовое, а слово «термин» - как производное, специализированное (допускается взаимное замещение этих слов).

ГО – гражданская оборона

ЗНТЧС – защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций

КПСС – Коммунистическая партия Советского Союза

МВД СССР – Министерство внутренних дел СССР

МККК – Международный Комитет Красного Креста

МО СССР – Министерство обороны СССР

МПВО – местная противовоздушная оборона

МОГО - Международная организация гражданской обороны

НИИЦ - научный исследовательский центр

ОМП – оружие массового поражения

ООН – Организация Объединённых Наций

ПВО – противовоздушная оборона

РСГЗ – Российская система гражданской защиты

РСФСР – Российская Советская Федеративная Социалистическая Республика

РСЧС – единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций

РФ – Российская Федерация

СБ РФ – Совет Безопасности РФ

СНК СССР - Совет Народных Комиссаров СССР

СССР – Союз Советских Социалистических Республик

ФЗ – федеральный закон

ЦК КПСС – Центральный Комитет КПСС

ЧС – чрезвычайная ситуация

Введение

С 2012 года началось оживление в развитии организации и ведения гражданской обороны как общегосударственной функции Российской Федерации, одного из основных стратегических факторов обеспечения обороноспособности и национальной безопасности страны. По нашему мнению, это связано, во-первых, с объективно складывающейся международной обстановкой и, во-вторых, с субъективными воззрениями на перспективу развития ГО политического руководства страны и, в частности, Министра МЧС России, выступление которого на оперативном совещании Совета Безопасности Российской Федерации 22 сентября 2015 года с докладом «О мерах по совершенствованию государственной политики Российской Федерации в области гражданской обороны»² подтверждает сказанное.

Представляется актуальным, в связи с проводимой и предстоящей большой работой органов власти различного уровня, специалистов министерств и ведомств, научных учреждений в части реализации перспективных мероприятий, направленных на дальнейшее развитие ГО, посмотреть на историю развития «гражданской обороны» с различных точек зрения. По нашему мнению, это позволит более объективно представить рациональные направления развития отечественной ГО.

В настоящее время установление этих направлений связано с неопределённостями, обусловленными в немалой степени параллелизмом функционирования ГО и РСЧС, а также совпадением материальных и законодательных сфер обеспечения этого функционирования. И в этом нет надуманности существующей проблемы. В сущности, об этой проблеме говорит один из идеологов и создателей РСЧС первый заместитель Мини-

² Текст доклада опубликован в журнале «Вестник МЧС России, 2015, № 9, с. 21 – 23.

стра МЧС России (01.1994 – 04.2007), а ныне заместитель председателя Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации Ю.Л. Воробьёв в статье [1], написанной по материалам его выступления на Всероссийском совещании с руководителями федеральных органов исполнительной власти и органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации по проблемам гражданской обороны и защиты населения (31 октября – 1 ноября 2014 г., г. Сочи). Выступивший выделяет, можно сказать, по «организационно-функциональному» признаку, *четыре* этапа развития ГО. К четвёртому (по его мнению, им открытому) он относит нынешний этап, обоснование направленности и содержания которого автор возлагает на учёных. Но учёные уже сделали много в направлении обоснования интеграции системы ГО и РСЧС (что будет подтверждено ниже), но эффект их деяний оказался, мягко выражаясь, ничтожным. Из десяти пожеланий, высказанных выступающим - автором статьи [1], второе (по порядку перечисления) гласит: *«Следует предложить сближение системы гражданской обороны и единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (то есть РСЧС), законодательных, нормативных и материальных сфер»*. В этом же втором пожелании относительно будущего МЧС России сказано им следующее: *«...управление кризисами должна постепенно взять на себя система МЧС, система защиты населения в мирное и военное время, которую возглавляет Министерство по чрезвычайным ситуациям. Это моя позиция, я считаю, что должно быть так»*.

Поблагодарив Ю.Л. Воробьёва за выступление, Министр сказал: *«... Я попросил бы специалистов, учёных, экспертов смело высказать самые новаторские идеи и там, где нужно, поспорить. Поспорить, потому что дальнейшее развитие системы гражданской обороны и защиты населения требуют творческого осмысления большой и кропотливой работы, которая проделана на сегодняшний день – и на федеральном уровне, и в субъектах Российской Федерации, и на местах. Нам нужны хорошие прорывные идеи реализации системы защиты населения от опасностей военного времени, от крупномасштабных чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, с применением новейших технологий, с одной стороны, а с другой стороны, с учётом реальных экономических возможностей федерального центра и субъектов Российской Федерации...»*.

Ознакомившись с указанными заявлениями высоких должностных лиц, автор настоящей статьи счёл целесообразным изложить историю развития гражданской обороны как историю семантико-правовой трансформации понятия «гражданская оборона». Эта история расширяет представления о предмете, по сравнению с историей представленной в виде этапов по организационно-функциональному признаку. Такой подход к толкованию трансформации понятия «гражданская оборона» является, по нашему мнению, новым.

Сразу же следует заметить, что в соответствии со статьёй 71 Конституции РФ оборона (в том числе гражданская оборона) и обеспечение безопасности, как функции государства, относятся исключительно к ведению Российской Федерации. Субъекты РФ и муниципальные образования, такими функциями не наделены. Субъекты РФ в рамках совместного ведения наделены, в соответствии со статьёй 72 Конституции, функцией осуществления мер по борьбе с катастрофами, стихийными бедствиями, эпидемиями, мер по ликвидации их последствий, то есть функциями защиты населения и территории от ЧС природного и техногенного характера.

Правила регулирования обороны изложены в ФЗ «Об обороне», а безопасности – в ФЗ «О безопасности». ФЗ «Об обороне» определяет общее понятие «оборона»³, а также понятия «территориальная оборона» и «гражданская оборона». Верно, предметного оп-

³Оборона – система политических, экономических, военных, социальных, правовых и иных мер по подготовке к вооружённой защите государства, целостности и неприкосновенности его территории.

ределения понятия «гражданская оборона» этот закон в действующей редакции не даёт, а отсылает к определению, в сущности содержащемуся в ФЗ «О гражданской обороне».

Термин «гражданская оборона» фигурирует в наименованиях:

министерства – «Министерство РФ по делам гражданской обороны, ...» (МЧС России);
института – Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны ...» (ВНИИ ГОЧС). Ранее ВНИИ ГОЧС именовался как «Всесоюзный научно-исследовательский институт гражданской обороны» (ВНИИ ГО), создан в 1976 г.;
научно-исследовательского центра ВНИИ ГОЧС - «Проблем развития гражданской обороны».

МЧС России в настоящее время имеет «Департамент гражданской обороны и защиты населения» (и одновременно - «Департамент гражданской защиты»).

Действует Международная организация гражданской обороны (МОГО), членом которой является Российская Федерация.

По нашему мнению, если рассматривать историю трансформации понятия «гражданская оборона» по упомянутому выше «функционально-правовому (семантико-правовому)» признаку, то эту историю можно представить состоящей из следующих периодов: зарождения и формирования, гуманизации, интернационализации, централизации, диверсификации, интеграции. Рассмотрим кратко эти периоды.

Зарождение и формирование понятия «гражданская оборона»

Из ряда публикаций, например [3, 20, 25], следует, что понятие «гражданская оборона» начало формироваться во время Первой мировой войны (1914-1918) в Великобритании, столица и другие города которой были подвергнуты воздушным бомбардировкам германской авиации.

Специалистам по обороне стало понятно, что защита гражданского населения и объектов тыла только военными активными способами (с помощью истребительной авиации, зенитной артиллерии, зенитных пулемётов) недостаточна, что необходим дополнительный вид обороны, осуществляемый на основе применения как вооружённых сил, так и широкого привлечения самого гражданского населения. Это содержание в сущности и отражено в семантике появившегося в Великобритании понятия CivilDefense [сивэл-ди:фенс] – гражданская оборона. Организация ГО являлась ответственностью местных властей, создающих подразделения из волонтёров. Руководители (начальники) подразделений ГО отвечали за местную разведку, оповещение, инструктаж гражданского населения, выполнение других мероприятий. Проводились спасательные экспедиции для: эвакуации оставшихся в живых людей из разрушенных зданий, оказания помощи раненым, захоронения мертвых. Специальные подразделения восстанавливали газо-, электро-, и водоснабжение, обрушали аварийные здания. Оказывались медицинские услуги, включая скорую медицинскую помощь, на месте.

Включение в этот термин слова «гражданская» выражает непосредственную защиту граждан, предусматривающую не только организацию деятельности граждан органами власти (в том числе и местными органами), но и самоорганизацию граждан в деле собственной защиты в местах их работы и/или компактного проживания. Опыт Великобритании по организации ГО был в последующем перенят США⁴.

⁴Жинкина И.Ю. Основные этапы и тенденции развития гражданской обороны США/ Автореферат диссертации. – М.: АН СССР, 1988;

Гражданская оборона в ведущих зарубежных странах. [Электронный ресурс]//Режим доступа:

http://studopedia.ru/2_21689_grazhdanskaya-oborona-v-vedushchih-zarubezhnykh-stranah.html; .

<http://ohranatrud-ua.ru/grazhdanskaya-oborona/956-grazhdanskaya-oborona-v-zarubezhnykh-stranakh.html> (дата обращения: 27.10.2015).

Заметим, что в той же Великобритании государственной службой по защите граждан от воздушного нападения до 1940 года оставалась «служба противовоздушной обороны» (Service of Anti-aircraft Defense – се:вэйсэнти э:крэфт ди: фенс), наименование которой в этом же году (в период интенсивных бомбардировок английских городов фашистской авиацией) была заменена на наименование Service Civil Defense [се:вэйссивэлди:фенс] – *служба гражданской обороны*. Об этом сказано премьер-министром Великобритании Уинстоном Черчиллем в его труде «Вторая мировая война» / Сокр. пер. с англ. – М.: Воениздат, 1991, кн. 1 – с. 463.

В отечественной лингвистике, до включения в её ресурс понятия «гражданская оборона», фигурировали такие понятия как «воздушная оборона» (до начала 20-х годов прошлого века, включая период Первой мировой войны), «противовоздушная оборона» (ПВО)⁵, включающая в середине и в конце 20-х годов того же века *активную*, осуществляемую силами и средствами Наркомата обороны СССР и *пассивную*, осуществляемую местными органами власти – исполкомами Советов, а также учреждениями и предприятиями.

ПВО в эти годы имела общегосударственный статус. Пассивная её составляющая не имела служебной самостоятельности, она находилась в прямой зависимости от активной составляющей.

В начале 30-х годов появилось понятие «местная противовоздушная оборона» (МПВО). 4 октября 1932 г. принято постановление СНК СССР, утвердившее «**Положение о противовоздушной обороне территории СССР**» и юридически закрепившее термин «МПВО»⁶. МПВО предназначалась для защиты населения страны от воздушного нападения противника. В соответствии с указанным постановлением МПВО оставалась составной частью общегосударственной системы ПВО страны, то есть частью оборонной структуры СССР⁷. Она прошла настоящие испытания в Великую Отечественную войну, показав высокую эффективность.

Термин «МПВО» обращался в СССР до 1961 года, в котором на смену термину «МПВО» пришло понятие «гражданская оборона».

Гуманизация⁸ понятия «гражданская оборона»

При обсуждении проекта настоящей статьи некоторые специалисты высказали мнение, что уже при возникновении понятия «гражданская оборона» его семантика преду-

⁵ Началом создания ПВО в России является февраль 1918 г., когда Петроград оказался под угрозой удара германской авиации, и для его защиты были развёрнуты зенитные батареи авиационные и прожекторные отряды, открыты пункты выдачи населению защитных масок, противогазовой жидкости и памяток для действий в случае применения противником ядовитых газов. Датой зарождения отечественной системы защиты населения историки считают 8-е марта 1918 г. – день опубликования Реввоенсоветом Петрограда воззвания «К населению Петрограда и его окрестностей», в котором впервые были доведены до населения официальные правила поведения при воздушных налётах противника [3].

⁶ 4 октября 1932 г. принято считать днём рождения МПВО СССР, являющейся основой будущей ГО СССР.

⁷ 7 октября 1940 г. МПВО, с целью повышения эффективности, а также учитывая, местный (территориальный) характер её мероприятий, была выведена из подчинения Наркомата обороны СССР (НКО СССР) и подчинена Наркомату внутренних дел СССР (НКВД СССР), которому уже до этого подчинялись две ведущие службы МПВО – противопожарная, а также охраны порядка и безопасности. В конце октября 1940 г. было образовано Главное управление МПВО (ГУ МПВО НКВД СССР). В оперативном отношении МПВО по-прежнему подчинялась руководству корпусных районов ПВО (подчинённых НКО СССР), в состав которых входили части и соединения зенитной артиллерии, части зенитных пулеметов, прожекторов, ВНОС, аэростатов заграждения и от которых штабы МПВО получали приказы на развёртывание сил и средств, подачу сигнала воздушной тревоги. В подчинении НКВД СССР (в последующем Министерства внутренних дел СССР) МПВО оставалась до 13 января 1960 года – даты передачи её в подчинение Министерства обороны СССР [3].

⁸ Гуманизация — это реализация мировоззрения, в основе которого лежит уважение к людям и вера в них, забота о их правах и безопасности.

смаатривала решение гуманных (защита гражданского населения) и социальных (обеспечение выживания гражданского населения) задач. Документально это не подтверждено. Поэтому будем опираться на исторические факты, подтверждающие существование такого этапа развития рассматриваемого понятия.

В 1931 году французский генерал медицинской службы Жорж Сен-Поль основал в Париже Ассоциацию «Женевских зон» (фр. *Lieux de Genève Association*).

«Женевские зоны» - это нейтральные зоны или открытые города, где в период военного времени могло найти убежище гражданское население. Названы эти зоны женевскими в знак признания родины (г. Женева) основателя гуманитарного МККК Анри Дюнан.

В 1935г. по инициативе Ассоциации «Женевских зон» Парламент Франции принял резолюцию, в которой предложил Лиге Наций (1919- 1946) – предшественнице ООН (1945) изучить возможности определения каждым членом Лиги Наций мест, районов или зон, которые были бы свободны от какой-либо военной активности или становились бы таковыми в период военных конфликтов.

Активная деятельность Ассоциации в период Гражданской войны в Испании в 1936 году и во время военного конфликта между Японией и Китаем в 1937 г. позволила создать нейтральные зоны для гражданского населения в испанских городах - Мадрид и Бильбао, а также в китайских - Шанхай и Нанкин. Появилась надежда на возможную защиту гражданского населения во время войн путём перемещения его в подобные нейтральные (безопасные) зоны. Однако надежды не оправдались. В период Второй мировой войны (1939-1945) не было случаев, чтобы какая-то из воюющих сторон согласилась создать или признать нейтральные зоны в интересах гражданского населения противной стороны.

Эта практика создания нейтральных зон привела к выводу, что наиболее разумной защитой гражданского населения и объектов тыла во время войны является системная (комплексная) - совместная *активная и пассивная гражданская оборона*. Неслучайно, как говорилось выше, в 1940-м году в Великобритании в разгар её «воздушной войны» с Германией, а именно массированных бомбардировок столицы Лондона и других городов, руководство страны заменило довоенное наименование «служба противовоздушной обороны» наименованием «служба гражданской обороны».

Правовым развитием гуманизации ГО явилось принятие Дополнительного протокола к Женевским конвенциям от 12 августа 1949 года, касающегося защиты жертв международных вооруженных конфликтов (Протокол I) от 8 июня 1977 г. (Глава VI. Гражданская оборона).

В протоколе определено, что «гражданской обороной» является выполнение некоторых или всех упомянутых ниже гуманитарных задач, направленных на то, чтобы защитить гражданское население от опасностей и помочь ему устранить непосредственные последствия военных действий или бедствий, а также создать условия, необходимые для его выживания. К этим задачам относятся: 1) оповещение; 2) эвакуация; 3) предоставление убежищ и их устройство; 4) проведение мероприятий по светомаскировке; 5) спасательные работы; 6) медицинское обслуживание, включая первую помощь, а также религиозная помощь; 7) борьба с пожарами; 8) обнаружение и обозначение опасных районов; 9) обеззараживание и другие подобные меры защиты; 10) срочное предоставление крова и снабжение; 11) срочная помощь в восстановлении и поддержании порядка в районах бедствия; 12) срочное восстановление необходимых коммунальных служб; 13) срочное захоронение трупов; 14) помощь в сохранении объектов, существенно необходимых для выживания; 15) дополнительная деятельность, необходимая для осуществления любой из вышеупомянутых задач, включая планирование и организацию, но не ограничивающаяся этим⁹.

⁹ Наименования перечисленных задач близки к наименованиям задач ГО, установленных Федеральным законом РФ «О гражданской обороне», их общие числа равны.

Интернационализация понятия «гражданская оборона»

Интернационализация понятия (термина) – это процесс переноса понятия, утвердившегося в языковой среде одной нации, на языковую среду других наций.

После Второй мировой войны в 1949 году проходившая в Женеве Дипломатическая Конференция обновила первые три Женевские конвенции и одобрила четвертую, касающуюся защиты гражданского населения в военное время [17,18].

В 1958 году Международная Ассоциация «Женевских зон» (которая после смерти Сен-Поля в 1937 году, по его предсмертной просьбе, была переведена в Женеву) переименована в **Международную организацию гражданской обороны (МОГО)**, полномочия и задачи которой были расширены по сравнению с полномочиями и задачами Ассоциации «Женевских зон».

МОГО получила право:

- устанавливать связи между национальными организациями ГО,
- проводить и способствовать проведению исследований в области защиты населения,
- организовывать обмен опытом,
- координировать усилия по предотвращению ЧС, а также по повышению готовности к действиям в ЧС.

На Ассамблее МОГО в 1972 году представители государств - членов этой организации утвердили Устав МОГО со статусом международной конвенции, в соответствии с которым с 1 марта 1972 года МОГО стала международной межправительственной организацией.

Таким образом, термин «гражданская оборона» закрепился в наименовании международной организации, произошла интернационализация понятия «гражданская оборона» [10].

Централизация понятия «гражданская оборона»

Централизация (в данном случае, можно сказать, оборонизация) понятия «гражданская оборона» – это сосредоточение всей деятельности по организации обороны в едином центральном органе, отвечающем за оборону страны (происходила в СССР). Таким органом являлось МО СССР. Концепция централизации функций обороны исходила от ЦК КПСС. Руководство же МО СССР, в первую очередь в лице В.И. Чуйкова, считало целесообразным совершенствовать Гражданскую оборону как самостоятельную государственную службу. Возымела верх концепция ЦК КПСС [3, с. 135]. Согласно этой концепции постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 13 января 1960 года **«О мероприятиях, связанных с упразднением МВД СССР»** МПВО была передана в подчинение МО СССР.

В 1961 году на смену термину «МПВО» пришёл термин **«гражданская оборона» (ГО)**. Произошло это в связи с тем, что политическое руководство СССР поставило цель - разрешить на общегосударственном уровне проблему защиты населения и объектов тыла страны от угроз массового применения эвентуальным противником нового стратегического ракетно-ядерного оружия и значительно возросшей по своим боевым возможностям авиации.

Защита населения и объектов тыла, возложенная на ГО, приобретала в СССР значение стратегического фактора. Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 15 июля 1961 г. было утверждено **«Положение о гражданской обороне»**. Назначенный

¹⁰Российская Федерация вошла в МОГО в 1993г. В соответствии с распоряжением Правительства РФ от 22 февраля 1993г. Российскую Федерацию в МОГО представляет МЧС России. Кстати, 25 апреля 2014 г. Генеральным секретарём МОГО избран россиянин Кувшинов Владимир Валентинович, в прошлом сотрудник МЧС России. На февраль 2015 г. членами МОГО были 54 государства, статус наблюдателей имели 19 стран, ассоциированными членами являлись 25 организаций.

на должность Начальника Гражданской обороны СССР герой Сталинградской битвы дважды Герой Советского Союза Маршал Советского Союза Чуйков Василий Иванович (он же одновременно и Главнокомандующий сухопутными войсками, и заместитель Министра обороны СССР) так говорил о переходе от МПВО к ГО: *«За переменной названия кроется глубокий смысл, ибо МПВО с её местными, ограниченными по масштабу и характеру действиями уступила место качественно новой системе, ставшей стратегическим фактором обеспечения жизнедеятельности государства в современной войне»*¹¹.

Необходимо заметить, что МПВО, по официальному определению, данному в упоминаемом выше **«Положении о противовоздушной обороне территории СССР»**, представляла собой *«систему специальных сил и средств оборонных мероприятий, осуществляющихся под руководством советской власти в целях защиты населения, объектов экономики и территорий от поражающих средств воздушного нападения противника»*. В этом определении МПВО присутствует словосочетание «система специальных сил и средств ...».

В утверждённом же в 1961 году **Положении о гражданской обороне** «гражданская оборона» определена как *«система общегосударственных оборонных мероприятий, осуществляемых заблаговременно, в мирное время, в целях защиты населения и народного хозяйства от ракетно-ядерного, химического и бактериологического оружия, проведения спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ (СНАВР) в очагах поражения, и строится она по территориально-производственному принципу»*¹².

Именно этот документ изначально определил ГО как систему мероприятий¹³, т.е. дал, можно сказать, «нематериализованное» определение системы, в котором отсутствуют такие понятия как «органы управления», «силы и средства».

По словам очевидцев, В.И. Чуйков, вступивший в должность Начальника Гражданской обороны СССР, был неудовлетворён таким определением ГО: *«Так что же, я назначен командовать мероприятиями?»* - спрашивал он себя и близких окружающих.

«Нематериализованное» определение ГО действует до сих пор: в ФЗ «О гражданской обороне» «гражданская оборона» определена опять же как *«система мероприятий по подготовке к защите и по защите населения, материальных и культурных ценностей на территории Российской Федерации от опасностей, возникающих при военных конфликтах или вследствие этих конфликтов, а также при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера»*.

Мероприятия по ГО в этом же законе определены соответственно как *«организационные и специальные действия, осуществляемые в области гражданской обороны в соответствии с федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации»*. Получается, что ГО – это организационные и специальные действия (и только), а не организация, не структура, не органы управления, не силы и средства, с помощью которых выполняются мероприятия ГО. Но без организации, органов управления, сил и средств, понятно, целенаправленно действовать невозможно. И странно то, что они в законе указаны!

Как следует из начального (1961 г.) определения понятия (термина) «гражданская оборона», она предназначалась исключительно для решения оборонных задач в военное

¹¹ Чуйков В.И. Гражданская оборона СССР, 1972, № 4. Интересные сведения о первом начальнике ГО СССР В.И. Чуйкове можно получить из статьи В. Степанова «Основоположник гражданской обороны»// Вестник МЧС России, 2015, № 1, с. 48 -57. Кстати, в МЧС России в 2012 году утверждена памятная медаль «Маршал Василий Чуйков», которой награждены многие, кто служит и работает в МЧС России.

¹² Гражданской обороне СССР 50 лет. Историческая справка.- М.: 1982.

¹³ Мероприятие – совокупность действий, объединённых одной общественно-значимой задачей. – С.И.Ожегов, Н.Ю. Швецова. Толковый словарь русского языка.

время¹⁴. Отсутствие официальной установки на возможность применения сил и средств ГО и в военное, и в мирное время не удовлетворяло требования времени. Поэтому потребовалась *диверсификация органов управления, сил и средств гражданской обороны*.

Диверсификация понятия «гражданская оборона»

Рассматриваемая диверсификация – это установление правил применения органов управления, сил и средств ГО не только в военное, но и в мирное время, с правовой точки зрения можно сказать также, что это расширение прав и обязанностей органов управления и сил ГО.

Для тушения крупных природных (лесных, торфяных и других) пожаров в Подмосковье в 1972 г. были привлечены значительные силы и средства ГО. Опираясь на этот опыт, Правительство СССР в 1974 г. приняло постановление **«Об использовании в мирное время невоенизированных формирований гражданской обороны»**¹⁵.

В 1976 г. (18 марта, № 201-78) ЦК КПСС и Совет Министров СССР утвердили новое **Положение о Гражданской обороне Союза ССР**. ГО в этом Положении определялась как составная часть системы общегосударственных оборонных мероприятий, направленных на защиту населения от оружия массового поражения (ОМП) и других средств нападения противника. ГО выводилась на уровень стратегической защиты населения, сельскохозяйственных животных, растений, продовольствия, пищевого сырья, фуража, источников воды, систем водоснабжения и др. В Положении были определены функции МО СССР, права и обязанности Начальника Гражданской обороны, то есть укреплялось единоначалие.

Данный документ ориентировал на главное направление в деятельности ГО – *защиту населения и объектов тыла от ОМП*¹⁶.

В 1978г., в развитие выше указанного постановления от 1974 г., руководством страны было принято постановление **«О мерах по улучшению защиты населённых пунктов, предприятий и других объектов и земель от селевых потоков, снежных лавин, оползней и обвалов»**. Постановление предписывало использование сил и средств ГО в мирное время. Таким образом, в силу, можно сказать, объективной необходимости происходило раздвоение официальной установки на деятельность ГО только в военное время – на деятельность и в военное, и в мирное время, то есть происходила диверсификация и деятельности ГО, и самого понятия «гражданская оборона».

Ликвидация последствий аварии на Чернобыльской АЭС (26 апреля 1986 г.) выявила серьёзные недостатки ГО в части её готовности обеспечивать выполнение внезапно возникающих масштабных задач мирного времени [3]. ЦК КПСС и Совет Министров СССР приняли Постановление от 30 июля 1987 г. № 866-213 **«О мерах по коренной перестройке системы гражданской обороны»**. Этим постановлением, можно сказать, была юридически закреплена диверсификация деятельности ГО. Для ГО начинался качественно новый этап деятельности – этап решения не только оборонных, но и значимых социальных задач.

Землетрясение в Армении (в г. Спитак) 7 декабря 1988г. и ряд других крупных аварий и катастроф, произошедших в эти годы, подтвердили факт недостаточности у тогдашней

¹⁴ Военное время (В.в.) – период фактического нахождения воюющих сторон в состоянии войны; начинается с момента объявления войны одной воюющей стороной другой стороне или с момента фактического начала военных действий между ними. Окончанием В.в. считается фактическое прекращение военных действий или подписание соответствующих соглашений [ГЗЭ, Т.І].

¹⁵ Диверсификация сил ГО осуществлялась в ряде зарубежных стран, так что это явление интернациональное.

¹⁶ Это были годы активной деятельности Героя Советского Союза генерала армии Александра Терентьевича Алтунина, сменившего на посту Начальника Гражданской обороны СССР Василия Ивановича Чуйкова.

ГО способностей эффективно реагировать на крупномасштабные ЧС природного и техногенного характера. Цитируем [3, с.186]: *«Структура ГО, состав сил и средств, система обучения и подготовки, ориентированные на выполнение только военных задач, уже не отвечали современным требованиям. Чернобыльские события показали, что руководители многих советских органов, несущие непосредственную ответственность за организацию ГО, проявляют благодушие и беспечность, недооценивают реальную степень опасности. Кроме того стало ясно, что требуется безотлагательное проведение работы по уточнению ряда концептуальных положений действующих нормативных актов по вопросам ГО...»*.

При проведении мероприятий ГО стал преобладать количественный подход в ущерб качеству. Ежегодно планировались десятки тысяч различных комплексных учений, других мероприятий без учёта реальных возможностей по их материальному и техническому обеспечению, в упрощенной обстановке. Многие из проведенных мероприятий оказались, по вполне понятным причинам, малоэффективными, а в некоторых случаях и бесполезными. Всё это послужило причиной формирования у населения определённого скептицизма и нигилизма в отношении ГО, её действительности, способности быстро и эффективно решать стоящие перед ней задачи в любой чрезвычайной обстановке. Так называлась проблема перестройки гражданской обороны.

Авторы цитируемого исторического очерка – руководители МЧС России, видные специалисты и учёные в области ГО и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. Поэтому трудно подвергнуть сомнению правильность данной оценки деятельности ГО.

Интеграция понятия «гражданская оборона» с понятием «гражданская защита»

Наряду с перестройкой ГО руководство страны в конце 80-х годов прошлого века приступило к созданию специальной единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС), обеспечивающей заблаговременную подготовку органов власти, специальных сил и средств, населения к действиям в экстремальных условиях, вызванных стихийными бедствиями, крупными авариями и катастрофами. Предусматривалось широкое использование возможностей ГО СССР в этой создаваемой системе, что обуславливало формирование более объёмного по сравнению с понятием «гражданская оборона» совместимого родового понятия «гражданская защита».

В 1989 г. в СССР, а в 1990 г. и в РСФСР были созданы органы управления для решения задач защиты населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера.

Постановлением Совета Министров СССР от 30 ноября 1990 г. № 1201 «Вопросы ассоциации спасательных формирований СССР» указанные органы были объединены в единую союзную ассоциацию спасателей.

19 ноября 1991г. Указом Президента РСФСР (№ 221) создан Государственный комитет по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий при Президенте РСФСР (ГКЧС РСФСР)¹⁷. Этот указ организационно объединил силы и средства ГО и ГКЧС РСФСР. Председателем ГКЧС РСФСР был назначен С.К. Шойгу¹⁸.

¹⁷ Вот из этого определения и произошло «рогатое», как называл Ю.Л. Воробьёв, наименование нашего министерства.

¹⁸ Идея и концепция деятельности этого Комитета принадлежит С.К. Шойгу и Ю.Л. Воробьёву. По мнению В.А. Пучкова, именно они «практически создали новую гражданскую оборону и защиту населения» - Вестник МЧС России, 2012, № 8 (54), с. 8.

18 декабря 1991 г. Президент РСФСР подписал Указ (№ 305) «О Государственном комитете при Президенте РСФСР по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»¹⁹, в соответствии с которым этот Комитет получил в своё распоряжение основные ресурсы ГО России и СССР, в том числе органы управления, службы ГО, войска ГО, пункты управления, системы связи и оповещения, фонд защитных сооружений, резервы специального имущества ГО, курсы ГО. Зарождалась новая система – Российская система предупреждения и действий в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени.

Постановлением Правительства РФ от 18 апреля 1992 г. № 261 «О создании Российской системы предупреждения и действий в чрезвычайных ситуациях», подписанным первым заместителем Председателя Правительства РФ Е.Т. Гайдаром, была учреждена государственная система, аббревиатура наименования которой - РСЧС сохранилась и у действующей в настоящее время «единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций», учреждённой статьёй 4 ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»²⁰.

В 1992 году упоминаемый выше Генеральный секретарь МОГО Садок Знаиди заявил [3]: «В нынешнем понимании термин «гражданская оборона» скорее укладывается в понятие «гражданская защита», поскольку статус ГО предполагает защиту населения от всех видов бедствий - природных, техногенных и от вооружённых конфликтов. Защита населения от бедствий, порождаемых вооружёнными конфликтами, - только одна составляющая комплекса бедствий. Следовательно, в широком смысле деятельность МОГО, направленная на обеспечение безопасности населения в условиях бедствий всех видов, будет точнее называть гражданской защитой». Эти слова стали началом погружения понятия «гражданская оборона» в понятие «гражданская защита» или, другими словами, интеграции понятия «гражданская оборона» с понятием «гражданская защита».

Но как бы там ни было, 8 мая 1993 года Президент РФ Б.Н. Ельцин подписал Указ (№ 643) «О гражданской обороне», согласно которому общее руководство ГО было возложено на Председателя Совета Министров - Правительства РФ, который по должности одновременно становился и начальником Гражданской обороны страны. Данным Указом восстанавливался институт начальников ГО на всех уровнях власти. Это был шаг в направлении сохранения Гражданской обороны как важной составляющей института обеспечения национальной безопасности страны.

10 января 1994 г. Указом Президента РФ (№ 66) «О структуре федеральных органов исполнительной власти» ГКЧС РФ преобразован в Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России), наделённое полномочиями и по ГО и по ЗНТЧС. Министром этого нового «чрезвычайного министерства» был назначен С.К. Шойгу.

Между тем, высказывание Генерального секретаря МОГО в отношении понятия «гражданская защита» затем было подкреплено Амманской декларацией, одобренной X Всемирной конференцией по гражданской защите (1994) и призывавшей правительства государств толковать изложенную в Дополнительном протоколе I (от 8 июня 1977 года) к Женевским конвенциям 1949 года концепцию гражданской обороны более широко, не ограничиваясь только вооружёнными конфликтами.

Высказывание Генерального секретаря МОГО и Амманская декларация сыграли немалую роль в деле погружения понятия «гражданская оборона» в понятие «гражданская

¹⁹ 25 декабря 1991 г. РСФСР была переименована в РФ.

²⁰ Существует расхожая точка зрения, в том числе и среди специалистов ГОЧС, что создание РСЧС обусловило деградацию ГО.

защита» в Российской Федерации. Дело в том, что в работе Амманской конференции приняла участие правительственная делегация от России, участники которой в последующем сделали много для реализации положений этой конференции.

Принятый в этом же году Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера" стал базовым законом, на основании которого разработаны соответствующие законы в субъектах РФ и многие подзаконные акты, регулирующие отношения, связанные с защитой населения и территорий от ЧС и функционированием РСЧС, которая была учреждена статьёй 4 этого закона. Следует заметить, что принятый закон не содержал норм, регулирующих отношения, связанные с выполнением мероприятий ГО. Он до сих пор обладает почти полной автономностью по отношению к нормам закона «О гражданской обороне».

Целью создания РСЧС являлось объединение действий федеральных органов исполнительной власти, органов представительной и исполнительной власти субъектов РФ, органов местного самоуправления, а также организаций, их сил и средств в области предупреждения и ликвидации ЧС природного и техногенного характера, защиты населения и территорий от них **в мирное время**²¹. Полномочия и функции указанных субъектов предусмотрены в упоминаемой ранее статье 72 Конституции РФ, определяющей совместное ведение РФ и субъектов РФ. Чтобы не говорили противники РСЧС, она оказалась органически встроенной в государственную систему власти на всех её уровнях. В последующем в указанный закон была введена статья 4.1, содержащая нормы, регулирующие отношения, связанные с деятельностью органов управления и сил РСЧС и ГО (п. 5 ст. 4.1; именно в этом пункте фигурирует понятие «гражданская оборона»).

После выхода закона № 68-ФЗ было принято постановление Правительства РФ, утвердившее **Положение о единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС)**²².

Работами, в основном специалистов созданного приказом МЧС России от 3 октября 1995 г. № 435 Центра стратегических исследований гражданской защиты МЧС России (ЦСИ ГЗ МЧС России) в конце 90-х годов прошлого века и в начале этого века начинает активно обосновываться и пропагандироваться понятие «*гражданская защита*», объединяющее понятия «гражданская оборона» и «защита населения от ЧС природного и техногенного характера».

Был разработан проект «Доктрины гражданской защиты Российской Федерации», в котором заявлено, что Доктрина является составной частью Концепции национальной безопасности Российской Федерации [2].

Появились научные публикации, толкующие понятие «гражданская защита» [4,5,7, 10 - 13,16,19,20,24 – 26], а также раскрывающие проблемы организационной интеграции спасательно-защитных систем и кодификации законодательства, регламентирующего создание, деятельность и развитие объединённой системы [15,24,25,27]. Весьма показательным в этом отношении является коллективный научно-методический труд «Современная стратегия гражданской защиты» [12], в котором изложены такие концептуальные положения как: целесообразность создания государственной системы гражданской защиты, государственная стратегия гражданской защиты, основные этапы развития стратегических подходов к решению задач гражданской защиты, стратегическое управление гражданской защитой. В предисловии этого труда сказано: «... *рассматривая современные*

²¹Проекты НПА, определяющих структуру и регламентирующих деятельность РСЧС, были разработаны ещё в ГКЧС под руководством первого заместителя председателя ГКЧС Ю.Л. Воробьёва, заместителя председателя ГКЧС В.А. Владимирова, начальника ВНИИГО Б.И. Черничко [3].

²² Ныне действует Постановление Правительства РФ от 30 декабря 2003 г. № 794 "О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций" (с изменениями и дополнениями).

взгляды на стратегию гражданской защиты, условно считается, что такого рода система уже создана и выполняет задачи двух ныне существующих систем (РСЧС и системы ГО)».

Вместе с этим в указанный период развивается нормативная правовая база ГО. 12 февраля 1998 г. Президент РФ Б.Н. Ельцин подписал Федеральный закон (№ 28-ФЗ) "О гражданской обороне", закрепивший термин «гражданская оборона» и определивший, что *«гражданская оборона – это система мероприятий по подготовке к защите и по защите населения, материальных и культурных ценностей на территории Российской Федерации от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий»*. Таким образом, закон определил ГО как систему мероприятий, выполняемых для защиты населения, материальных и культурных ценностей **от опасностей военного времени**.

Законом от 22 августа 2004 г. № 122-ФЗ введено дополнение к вышеуказанному определению ГО: после слов *«...этих действий»* дописано *«а также при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»*. Тем самым Законодатель соединил функции ГО (оборонные функции военного времени) и функции ЗНТЧС (защитные функции мирного времени) в одно понятие.

Трудно объяснить, почему Законодатель в указанное определение понятия «гражданская оборона» не включил понятия «органы управления», «силы гражданской обороны», хотя в тексте данного закона эти понятия фигурируют.

В эти годы в структуре МЧС России появляются Департамент гражданской защиты (ДГЗ), Академия гражданской защиты (АГЗ), упомянутый выше Центр стратегических исследований гражданской защиты (ЦСИ ГЗ), Редакция журнала «Гражданская защита» (вместо Редакции журнала «Гражданская оборона»), создаётся 4-хтомная «Энциклопедия. Гражданская защита» под общей редакцией С.К. Шойгу²³. Более того, ДГЗ и ЦСИ ГЗ МЧС России был разработан проект **Концепции создания и развития Российской системы гражданской защиты до 2020 года**, одобренный решениями Коллегии МЧС России и Правительственной комиссии по предупреждению и ликвидации ЧС и обеспечению пожарной безопасности (ПКЧСиПБ). ЦСИ ГЗ МЧС России с участием Института законодательства и сравнительного правоведения (ИЗиСП) при Правительстве Российской Федерации был подготовлен проект федерального закона **«О гражданской защите»** (вх. ВНИИ ГОЧС от 03.08.2012 г.), в котором понятие «гражданская защита» определено как *«комплекс мероприятий по подготовке к защите и по защите населения, территорий, материальных и культурных ценностей от чрезвычайных ситуаций, проводимых в условиях мирного и военного времени»*. Директор ДГЗ на научно-практической конференции выступил с докладом, а затем и со статьёй [20] в журнале ОБЖ, лейтмотивом в которых являлось создание РСГЗ на базе системы ГО и РСЧС.

Заключительным аккордом в части теоретического обоснования целесообразности интеграции системы ГО и РСЧС и создания на их основе РСГЗ явился выход в свет книги [26], в которой развиваются положения труда [12], а именно конкретизируются: понятие «гражданская защита»; государственная политика и стратегия в области гражданской защиты; организация и функционирование РСГЗ; содержание теории гражданской защиты. Первый заместитель Министра МЧС России Р.Х. Цаликов (ныне - с 15 ноября 2012 г. - заместитель Министра обороны Российской Федерации), под общей редакцией которого вышла книга [26], в предисловии (обращении к читателям) определённо высказал своё отношение к созданию РСГЗ: *«В настоящее время настал момент, когда на базе граж-*

²³ В 2015 г. вышло в свет 2-е издание этой энциклопедии с тем же названием, под общей редакцией В.А. Пучкова. В этом издании термин «гражданская защита» определён не в развёрнутом виде, как это было в 1-м издании энциклопедии, а как ссылка на решение ранее упомянутой Амманской конференции.

данской обороны и РСЧС целесообразно создать единую государственную систему защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и военного характера - Российскую систему гражданской защиты (РСГЗ), решающую задачи как в мирное, так и в военное время. Это позволит создать, по возможности, единое нормативное правовое, организационное и методическое поле на мирное и военное время в рассматриваемой области; сосредоточить усилия на решении совместных задач гражданской обороны и РСЧС; создать единые органы управления, силы и средства, системы связи и оповещения, что обеспечит более качественную подготовку к решению задач в военное время; обеспечить определённую экономию средств на содержание (функционирование) единой системы».

Казалось, что недалеко то время, когда законодательно будет закреплено понятие «гражданская защита» и тем самым положено начало ликвидации имеющего место быть не рационального законодательного параллелизма [24,25,27]. Однако этого не произошло. Указанная выше Концепция во втором квартале 2012 года была направлена в Совет Безопасности РФ (СБРФ). Но ранее (3 сентября 2011 г. за № Пр-2613) Президент РФ (Д.А. Медведев) утвердил «Основы единой государственной политики Российской Федерации в области гражданской обороны на период до 2020 года», которые, можно сказать, затормозили рассмотрение Концепции в СБ РФ. Рассмотрение Концепции было перенесено на 2014 год. И это произошло несмотря на пункт 43 действующего Указа Президента Российской Федерации от 12 мая 2009 г. № 537 "О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года", гласящий: *«Обеспечение национальной безопасности в чрезвычайных ситуациях достигается путем совершенствования и развития единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (в том числе территориальных и функциональных сегментов), ее интеграции с аналогичными зарубежными системами...»*. Возникла неопределённость: развивать ГО внутри РСЧС или отдать предпочтение развитию ГО и созданию РСГО независимо от РСЧС, сохранив тем самым параллелизм деятельности двух схожих по предназначению спасательно-защитных систем.

В последующем обсуждение Концепции РСГЗ в СБ РФ было снято с повестки дня.

С уходом из МЧС России С.К. Шойгу и его вступлением 11 мая 2012 г. в должность губернатора Московской области, а также вступлением 21 мая 2012 г. в должность министра МЧС России В.А. Пучкова изменилось отношение к интеграции систем ГО и РСЧС и созданию на их основе РСГЗ.

На заседании Коллегии МЧС России 6 февраля 2013 г., на котором рассматривался вопрос **«О перспективах развития гражданской обороны в Российской Федерации»**, был затронут вопрос об объединении РСЧС и системы ГО. Ответ Министра был таков: *«...чтобы развеять все сомнения на этот счёт, скажу: никакого объединения этих двух систем на данном этапе не будет. РСЧС – это единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. А гражданская оборона – это система мероприятий, направленных на защиту населения. В этом их принципиальное отличие. Да, в них задействуются одни и те же органы управления, привлекаются одни и те же силы и средства, но задачи и нормативная правовая база у нас разные...»* (Гражданская защита, 2013, № 3, с. 6)²⁴.

²⁴Для сведения, В Республике Казахстан 11 апреля 2014 г. принят закон **«О гражданской защите»**, содержащий около сотни статей и объединивший 6 ранее действовавших законов этого государства: «О чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера»; «О пожарной безопасности»; «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей»; «О гражданской обороне»; «О государственном материальном резерве»; «О промышленной безопасности на опасных производственных объектах». На Украине с 1 июля 2013 года вступил в силу **Кодекс гражданской защиты Украины** [28]. Кстати, в США за прошлые двадцать лет термин и практика гражданской обороны вышли из употребления и были заменены

В связи с этим возникает вопрос, неужели высокие начальники, специалисты и учёные в МЧС России, подготавливая интеграцию рассматриваемых систем, не понимали этого? На решение проблемы интеграции понятий «гражданская оборона» и «защита населения от чрезвычайных ситуаций» затрачены немалые средства и время. Возникает второй вопрос, неужели проведенные научные исследования, выступления на научных конференциях, написанные статьи и монографии по рассматриваемой теме являются ничтожными?

Как бы там не было, но в настоящее время в РФ в сфере управления мероприятиями ГО и ЗНТЧС обращаются два близких по семантике понятия «гражданская оборона» и «гражданская защита», из которых первое («гражданская оборона») является *видовым*, а второе, более общее («гражданская защита»), *родовым* понятием²⁵. Отнесение понятия «гражданская оборона» к частному, а «гражданская защита» к общему понятию в сущности сделал в 1992 г. выше упоминавшийся Генеральный секретарь МОГО Садов Зинаиди [3]. Мы не можем заподозрить в необъективности суждений Генерального секретаря.

Заключение

В настоящее время в МЧС России обсуждается проект **«Концепции создания и функционирования системы обеспечения гражданской обороны Российской Федерации»**, подготовленный ЦСИ ГЗ МЧС России. В Концепции предлагается создать функционирующую как в мирное, так и в военное время **Единую государственную систему обеспечения гражданской обороны (РСГО)**, предназначенную для защиты населения, материальных и культурных ценностей как от опасностей, возникающих при военных конфликтах и террористических актах, так и от чрезвычайных ситуаций. По нашему мнению, предложенный проект концепции РСГО – это «перелицованный» проект концепции РСГЗ. И если концепция РСГЗ предусматривает создание действительно единой государственной спасательно-защитной системы (если хотите, спасательно-оборонительной системы), объединяющей все спасательно-защитные системы МЧС России (кстати, как это законодательно закреплено в Республике Казахстан), опирающейся на принцип массового привлечения гражданского населения для защиты (обороны), в первую очередь, того же гражданского населения, то предлагаемая Концепция не даёт ясного ответа на вопрос, а что же делать с РСЧС? Ликвидировать? Но она то органично встроена во все органы государственной власти и органы местного самоуправления и позволяет в короткие сроки обеспечить привлечение широких масс населения и к защите, и к обороне. Лучшее, с учётом экономических трудностей, трудно придумать! Может быть диверсифицировать РСЧС, сделать её способной решать задачи защиты и обороны соответственно в мирное и военное время? Для реализации такой диверсификации потребуется: 1) оборонную функцию государства признать как предмет совместного ведения Российской Федерации и субъектов Российской Федерации (с учётом подчинённости субъектам РФ органов местного самоуправления и организаций, расположенных на их территориях); 2) законодательно урегулировать отношения, связанные с осуществлением необходимых мобилизационных мероприятий.

Заметим, о судьбе РСЧС в проекте Концепции не говорится, но нетрудно прийти к выводу, что понятие «РСГО» должно явиться новым наименованием действующей **еди-**

ны управлением в чрезвычайных ситуациях и национальной безопасностью (<http://ohranatruda.ru/grazhdanskaya-oborona/956-grazhdanskaya-oborona-v-zarubezhnykh-stranakh.html>).

²⁵Эти понятия, в соответствии с положениями логики, по своему содержанию имеют общие признаки, являются **сравнимыми**, то есть такими, в содержании которых есть общий родовой признак (принадлежат одному роду), и **совместимыми**. Их семантические объёмы в большей части совпадают. Кстати, для определения отношений между объёмами сравнимых и совместимых понятий применяют круги Л. Эйлера (каждый круг обозначает объём понятия), широко используемые в математике, логике, менеджменте и других науках.

ной государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Пусть будет так! Во всяком случае, будут меньшие затраты и лучшая управляемость системы, чем затраты на две параллельно функционирующие и параллельно управляемые почти одинаковые системы. Но в этом случае понятие «гражданская защита» будет изъято из оборота, а понятие «гражданская оборона» станет единственно действительным и истинным – и родовым, и видовым понятием одновременно.

Но ещё проще выйти из сложившегося положения – включить в закон «О гражданской обороне» отдельную статью с наименованием «Система обеспечения гражданской обороны», содержащую нормы, подобные нормам статьи 3 (Система обеспечения пожарной безопасности) Федерального закона от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности». Последняя «материализованно» определяет систему обеспечения пожарной безопасности, состав её основных элементов и основные функции.

Автор выражает благодарность ветеранам гражданской обороны сотрудникам ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) - главному научному сотруднику доктору технических наук, профессору Валентину Васильевичу Овчинникову, главному научному сотруднику доктору медицинских наук, профессору Александру Фёдоровичу Хоруженко, ведущему научному сотруднику доценту Николаю Власовичу Твердохлебову, старшему научному сотруднику Юрию Ивановичу Чуракову за высказанные по настоящей статье замечания и предложения.

Литература

1. Воробьёв Ю.Л. Мир, в котором мы живём (четвёртый этап гражданской обороны: нужны новые идеи, подходы и решения)// Основы безопасности жизнедеятельности (ОБЖ). - 2014, № 11, с. 5 – 12.
2. Доктрина гражданской защиты Российской Федерации (проект). М.: МЧС России. - 1997.
3. От МПВО к гражданской защите (исторический очерк) /Под общ.ред. Шойгу С.К.– М.:«УРСС».-1998, 336 с.
4. Владимиров В.А., Черничко Б.И. Национальная безопасность и гражданская защита// Сб. материалов ЦСИ ГЗ МЧС России. - 1998, вып. №6, с. 4 -14.
5. Владимиров В.А. Гражданская защита как дальнейший этап развития гражданской обороны// Сб. материалов ЦСИ ГЗ МЧС России. - 1999, вып. №12.
6. Долгин Н.Н. Гражданская оборона в XXI веке/ В сб. «Чернобыль: долг и мужество», в 2-х томах. – М.: ФГУП «Институт стратегической стабильности» Минатома России. - 2001, том 1.
7. Владимиров В.А., Измалков В.И. Вопросы теории гражданской защиты: предметная область гражданской защиты и её моделирование// Информ. сб. ЦСИ ГЗ МЧС России. - 2001, № 9, с.50 – 68.
8. Владимиров В.А. Общие теоретические и научно-методологические основы гражданской защиты// Информ. сб. ЦСИ ГЗ МЧС России. - 2002, № 14, с.4 – 13.
9. Долгин Н.Н. О роли и месте гражданской обороны в обеспечении природно-техногенной безопасности/ В сб. докладов «Актуальные проблемы регулирования природной и техногенной безопасности в XXI веке. Материалы 10-й Международной научно-практической конференции по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. 19 – 21 апреля 2005 г., МЧС России.- М.: Ин- октаво. - 2005, с. 58 – 60.
10. Воробьёв Ю.Л. Актуальные проблемы гражданской защиты//Материалы 11-й Международной научно-практической конференции по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. 18 – 20 апреля 2006 г./ МЧС России.- Н. Новгород: Вектор – ТиС. - 2006, с. 11 – 21.
11. Белов П.Г. Гражданская защита: сущность и целеполагание //Материалы 11-й Международной научно-практической конференции по проблемам защиты населения и территорий от

чрезвычайных ситуаций. 18 – 20 апреля 2006 г./ МЧС России.- Н. Новгород: Вектор – ТиС. - 2006, с. 50 – 56.

12. Современная стратегия гражданской защиты //В.А. Акимов, В.А. Владимиров, Н.Н. Долгин, В.И. Измалков, В.А. Пучков, С.В.Шапошников/ Под общ.ред. В.А.Пучкова; МЧС России.- М.: ЦСИ ГЗ МЧС России. - 2008, 260 с.

13. Измалков В.И. Современные взгляды на стратегию гражданской защиты// Информ. сб. ЦСИ ГЗ МЧС России. - 2008, № 36, с.87 – 96.

14. Стратегия национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года, утв. Указом Президента Российской Федерации от 12 мая 2009 г. № 537 с изменениями и дополнениями от 01 июля 2014 года.

15. Костров А.В., Насыров Р.Р. Гражданская защита: кодификация законодательства// Научно-практический и методический журнал «Гражданская защита». - 2009, №10, 38 - 41.

16. Кучеренко С.В. и др. К вопросу о понятии и сущности гражданской защиты// Научный информационный сборник «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций». - 2010, № 2, с.4 – 9.

17. Костров А.В., Глущенко О.О. Право: проблемы защиты в современных войнах гражданского населения// Научный информационный сборник «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций». - 2010, № 3, с. 15 – 27.

18. Костров А.В., Глущенко О.О. Правовая защита граждан в современных войнах //Научно-практический и методический журнал «Гражданская защита». - 2010, №5, с.38 – 43..

19. Жердев Е. Гражданская оборона или гражданская защита? История вопроса //Журнал "Основы безопасности жизнедеятельности". - 2010, №10; <http://www.school-obz.org/archive/2010/10/10-03.htm>

20. Шапошников С.В. Российская система гражданской защиты вместо гражданской обороны и РСЧС //Основы безопасности жизнедеятельности, **2010**, № 10, с. 11-15.

21. Основы единой государственной политики Российской Федерации в области гражданской обороны на период до 2020 года, утв. Президентом Российской Федерации (Д.А.Медведевым) от 03 сентября 2011г. № Пр - 2613.

22. Проект Концепции создания и развития Российской системы гражданской защиты до 2020 года.- М.: МЧС России. - 2011, 48 с.

23. Проект Федерального закона о гражданской защите. – М.: МЧС России. - 2011, 26 с.

24. Костров А.В. Организационно-правовые проблемы интеграции государственных спасательно-защитных систем//Научный информационный сборник «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций». - 2012, № 2, с. 7 – 30.

25. Костров А.В. Об интеграции государственных спасательно-защитных систем //Научно-практический и методический журнал «Гражданская защита». - 2012: №8, №9, №12.

26. Владимиров В.А. Гражданская защита/ Под общ.ред. Р.Х. Цаликова.- М.: МЧС России. - 2012, 136 с.

27. Костров А.В. К систематизации законодательной базы создания, деятельности и развития объединённой спасательно-защитной системы // Научный информационный сборник «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций». - 2013, № 3, с. 4 – 18.

28. Андреев С.А. Теоретико-методологические проблемы систематизации законодательства в сфере гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций // Научный информационный сборник «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций». - 2015, № 4, с. 9 – 19.

Сведения об авторе

Костров Анатолий Васильевич – ведущий научный сотрудник ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), старший научный сотрудник, тел. раб. (495) 400 – 90 – 44, моб. (903) 293 – 82 – 61, E –mail: avk 1933 @ yandex.ru

ПЕРВИЧНЫЕ СРЕДСТВА ПОЖАРОТУШЕНИЯ ДЛЯ АРКТИКИ

Кандидат техн. наук А.Л. Душкин, С.Е. Ловчинский, Н.Н. Рязанцев
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»

Освещены вопросы пожаротушения в Арктике. Показано, что необходимо использовать огнетушитель закачного типа, генерирующего поток тонкораспыленной воды с добавками антифриза и галогеносодержащего пенообразователя. Разработанная аналитическая модель рабочего процесса в закачном огнетушителе позволила определить оптимальные параметры его заполнения газом и жидкостью.

Проведенные экспериментальные исследования подтвердили высокую пожаротушающую эффективность огнетушителя при отрицательных температурах.

Ключевые слова: тонкораспыленная вода, низкие температуры, антифризы, огнетушитель, пожаротушение.

FIRST-AID FIRE EQUIPMENT FOR ARCTIC REGION

Ph.D. (Tech.) A.L. Dushkin, S.Ye. Lovchinskiy, N.N. Ryazantsev

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education
“Moscow Aviation Institute (National University)”

Issues on first-aid fire equipment application in Arctic Region are illustrated. It has been shown it is necessary to employ a stored pressure fire extinguisher generating a water mist flow with antifreeze and gallogen-including foam agent additives as the above-mentioned equipment type. A developed analytical model of an operating process in a stored pressure extinguisher allowed determining optimal parameters of its gas and liquid filling. Experimental research made has confirmed optimal correlations obtained and demonstrated high extinguishing efficiency of the extinguisher under lower temperatures.

Key words: Water mist, low temperatures, antifreeze, extinguisher, fire extinguishment.

Огнетушители являются самым распространённым первичным средством тушения пожаров. В настоящее время 90% возгораний тушатся с помощью огнетушителей. Это обусловлено тем, что огнетушители обладают полной автономностью и высокой огнетушащей способностью при ручном тушении и вместе с тем имеют низкую стоимость во всех странах по сравнению с другими средствами автоматического и неавтоматического пожаротушения [1,2]. Однако при столь широком распространении и использовании нет чётких правил и рекомендаций по созданию оптимальных огнетушителей в условиях пониженных температур (Арктические и Антарктические районы Земли). Большинство производителей ориентируются на сложившиеся в данной области традиции, которые часто не отвечают возросшим требованиям к первичным средствам подавления возгорания. Конечно, не последнюю роль в создании новых устройств играет их стоимость. При этом большая часть стоимости приходится на рабочую ёмкость устройства пожаротуше-

ния, в связи с повышенными требованиями к ее прочности при высоких уровнях давления наддува, для чего необходимо использовать высокопрочные материалы и увеличивать толщину стенок при её изготовлении. Кроме того повышаются требования к коррозионной стойкости в среде огнетушащих веществ (ОТВ). В настоящее время в мировой практике сложилось мнение о необходимости ограничения уровня давления наддува рабочей ёмкости до 2 МПа (20 бар).

Интенсификация освоения арктических районов России в последнее время за счет создания новых военных и исследовательских центров и предприятий по добыче нефти и газа, в том числе со дна арктических морей, выдвигает в число первоочередных задач разработку устройств и средств противопожарной защиты этих уникальных сооружений. При разработке средств обеспечения пожарной безопасности названных объектов необходимо учитывать специфические условия эксплуатации этих устройств, которые существенно отличаются от условий эксплуатации аналогичных устройств в средней полосе России. Характерные особенности эксплуатации средств противопожарной защиты в основном определяются географическим положением и климатическими условиями.

В последнее время наиболее перспективным направлением противопожарной защиты объектов различного назначения является применение тонкораспыленной воды (ТРВ) [3,4,5] как средства подавления возгораний разных классов. Особенно актуально применение тонкораспыленной воды на объектах арктических районов, где требуется высокая эффективность тушения, имеются ограничения по водоснабжению и транспортировке, и необходима минимизация вторичного ущерба от проливов ОТВ. Установки ТРВ имеют более широкий спектр использования, и более универсальны, чем остальные средства пожаротушения. Так в закрытых помещениях они демонстрируют пожаротушение аналогичное газовому, при размере капель распыленной жидкости менее 30 мкм, а в открытых – поверхностное, как и традиционное водяное, но более эффективное по потребному количеству воды [6]. По сравнению с порошковыми и газовыми установками пожаротушения (хладоновыми, углекислотными и т.п.) установки ТРВ безопасны для людей и обеспечивают равномерное охлаждение оборудования и предметов в зоне пожара. Наибольшие трудности, возникающие при использовании ТРВ в арктических районах, сопряжены с низкими окружающими температурами, существенно ниже, чем температура замерзания даже морской воды и отсутствием оптимальных по необходимым параметрам типов распылителей генерирующих тонкораспыленную воду. Основные требования к распылителям ТРВ изложены в [7], но положительные примеры конкретного их использования не систематизированы, отрывочны и часто носят рекламный характер.

Для классификации воды как ТРВ, в странах таможенного союза требуется, чтобы средний арифметический размер капель d_{10} был не более 150 мкм. Такая распыленная вода является мелкодисперсной.

Одним из наиболее важных параметров, определяющих эффективность систем пожаротушения ТРВ, является плотность потока капель распыленной воды на защищаемой поверхности, в объеме защищаемого помещения, а также вероятность достижения каплями очага пожара [8], значения защищаемых площадей и объемов, образующих эпюру орошения. На всё это влияет способ получения капель и конструкция распылителей. Тонкодисперсный распыл воды достигается, прежде всего, за счёт конструкции распылителя и давления воды, подаваемой в распылитель. Давление от 10 до 60 бар оптимально для образования мельчайших капель с достаточной кинетической энергией для охвата больших высот. Мельчайшие капли улучшают процесс пожаротушения, в то же время из-за наличия конвективного тока газов от очага мелкие капли отдуваются от зоны реакции и нагретых поверхностей.

Вода способна поглотить 0,335 МДж при нагреве 1 дм³ с 20⁰С до 100⁰С. Дополнительно будет поглощено ещё 2,257 МДж при переходе этого объема воды в пар. При испаре-

нии 1 дм³ воды образуется 1,675 м³ пара. Теоретически, для того чтобы вытеснить весь кислород и потушить объятую огнём комнату средних габаритов, достаточно одного ведра распыленной воды. Согласно современным представлениям поток воды можно считать тонкораспыленным, если 99% капель от всего распыленного объёма воды имеют размер менее 1000 мкм.

Взаимодействие потока капель с очагом горения является тепломассообменным процессом, для которого важна поверхность контакта F капель с горячими газами и поверхностями, которая в общем случае выражается как [9]: $F=fQ_{ж}\tau$, где τ - время нахождения потока капель в зоне очага возгорания; $Q_{ж}$ - объёмный расход.

Очевидно, чем эта площадь больше, тем эффективнее протекает процесс тушения. В соответствии с определением удельной площади как $f=6R_i^2n_i/\Sigma R_i^3n_i$ и среднего объёмно-поверхностного диаметра по Заутеру [9] $d_{32}=\Sigma d_i^3n_i/\Sigma d_i^2n_i$ вытекает соотношение: $f=6/d_{32}$.

Теперь становится понятна высокая эффективность ТРВ по сравнению с традиционными водяными системами, так как d_{32} значительно меньше у ТРВ. Заметим, что средний диаметр по Заутеру d_{32} всегда больше среднего арифметического диаметра $d_{10}=0,66d_{32}$, а для обычно используемого в настоящее время нормально-логарифмического распределения капель по размерам (Колмогорова А.Н.) $\ln d_{10}=3\ln d_{32}-2\ln d_{43}$, где d_{43} - средний массовый диаметр капель.

Для использования воды в качестве агента пожаротушения при отрицательных температурах Арктики в неё необходимо добавить вещества, понижающие температуру замерзания растворов - антифризы. В настоящее время в качестве антифризов используются органические (этиленгликоль, пропиленгликоль, глицерин, этиловый, изопропиловый, метиловый спирты) и неорганические вещества (соли щелочных и щелочноземельных металлов). Из-за горючести гликолей их невозможно применять при пожаротушении с концентрацией более 30%, чему соответствует температура минус 19⁰С. К тому же гликоли - токсичные вещества, что осложняет их применение.

В настоящее время, как дешёвые и нетоксичные вещества, в качестве хладагентов, антифризов, средств против обледенения лётных полей аэродромов, используются растворы хлоридов магния и кальция. Применение растворов солей щелочных металлов $NaCl$, $LiCl$, K_2CO_3 , CH_3COONa , CH_3COOK до сего времени не получило широкого распространения из-за их высокой коррозионной активности. Наинизшей температурой замерзания минус 67,8⁰С обладает раствор $LiCl$. Но раствор хлорида лития образует с водой кристаллогидраты, т.е. твёрдые вещества, которые меняют количество связанной воды ступенчато при температурах - 63⁰С, - 20,5⁰С, 19,5⁰С, 93,5⁰С, однако этого можно избежать добавлением небольших количеств различных веществ, препятствующих росту кристаллов.

Современные плёнообразующие пенообразователи типа $AFFF$ в чистом виде имеют достаточно низкую температуру замерзания (до - 35⁰С), поэтому почти не влияют на температуру замерзания растворов хлоридов металлов, которые в свою очередь уменьшают пенообразующую способность пенообразователей всех видов. Для пенообразователей типа $AFFF$ необходимо увеличение их концентрации в растворах хлоридов, по сравнению с чистой водой, при получении необходимой кратности пены 6...10. Для традиционных высокократных пенообразователей присутствие солей сводит на нет их пенообразующие свойства [10].

Работоспособными в характерном для Арктики температурном диапазоне являются водные растворы хлоридов кальция и лития. Причём, как оказалось, добавление небольшого количества мочевины снижает вероятность образования нерастворимых кристаллогидратов хлоридов кальция и лития, за счёт блокирования кристаллообразования при температурах выше эвтектической [11].

Создание устройств противопожарной техники требует решения ряда научных, конструкторских и экономических задач. Разработчик должен полагаться на технические знания о том, как соотносятся различные факты и параметры аппарата для того, чтобы выбрать характеристики системы, которые были бы самыми подходящими для целей локализации и тушения очагов возгорания твёрдых, жидких и газообразных веществ. При этом желательно применение одного и того же огнетушащего состава, что связано с универсальностью применения аппарата при различных сценариях возникновения пожара.

Кроме универсальности и эффективности аппарата пожаротушения, не последнюю роль играет его стоимость. Высокая стоимость ранцевого противопожарного устройства, в десятки раз превосходящая стоимость стандартного огнетушителя, очень сильно уменьшает возможность его широкого использования, несмотря на все его преимущества при его использовании в условиях положительных температур.

Рассмотрим более подробно основные закономерности, которые описывают процессы в закачных аппаратах, подобных традиционному огнетушителю.

Уравнение энергии для закачного аппарата вытекает из первого закона термодинамики и имеет вид:

$$\frac{P_0}{m_{жс}} \frac{V_0}{V_{жс}^2} \frac{2F_{\pi}^2(1-K^{\gamma-1})}{\gamma-1} \mu^2 = \frac{1}{\tau^2} \quad (1)$$

Здесь P_0 – начальное давление в ёмкости (Па),

V_0 – начальный объём газа в «подушке» ёмкости (м³),

$K = \frac{V_0}{V_{\Sigma}}$ – коэффициент заполнения, т.е. доля «подушки» относительно общего объёма,

V_{Σ} – общий объём ёмкости для аккумуляирования (м³),

γ – показатель политропы,

μ – коэффициент расхода соплового насадка или форсунки,

$V_{ж}$ – начальный объём жидкости в ёмкости,

τ – время выпуска жидкости из ёмкости (с),

$m_{жс}$ – масса (начальная) жидкости в ёмкости,

F_n – площадь проходного сечения распыливающей насадки.

Уравнение записано без потерь кинетической энергии в сопловой насадке.

При учёте этих потерь истинная скорость истечения W уменьшится пропорционально потерям энергии так:

$$W_{ист}^2 = \frac{W_{жс}^2}{1+\xi} \quad (2)$$

где ξ – коэффициент потерь энергии с выходной скоростью, который в общем случае связан с коэффициентом расхода сопла (форсунки) по известным формулам гидравлики и определяется путём экспериментальных исследований.

Остановимся на влиянии комплекса, включающего в себя коэффициент заполнения K и показатель политропы (адиабаты) γ . Уравнение (1) может быть преобразовано, если ввести в рассмотрение некую усреднённую по массовому расходу скорость жидкости $W_{ж}$, о которой уже упоминалось ранее, и выражается через известные начальную массу $m_{ж}$ и время выпуска τ :

$$W_{жс} = \frac{m_{жс}}{F_0 \mu \rho_{жс} \tau} \quad (3)$$

Тогда с учётом выражения для массы жидкости через объём при постоянной плотности жидкости ρ и выражения для коэффициента заполнения из (1) и (3) получим:

$$W_{ж}^2 = \frac{2P_0}{\rho_{ж}} B \quad (4)$$

где $B = \frac{K}{K-1} \left(\frac{1-K^{\gamma-1}}{\gamma-1} \right)$ (5)

Примечательно, что зависимость (4) соответствует выражению для скорости по уравнению Бернулли при истечении в вакууме. Учёт переменности давления или, вернее, ограниченности запасённой энергии осуществляется исключительно комплексом B . Максимальная скорость в зависимости от коэффициента заполнения находится стандартным способом исследования функции на экстремум.

$$\frac{dW_{ж}^2}{dK} = \frac{2P_0}{(\gamma-1)\rho_{ж}} \left\{ \frac{(1-K)+K}{(1-K)^2} (1-K^{\gamma-1}) + \frac{K}{K-1} (-1)(\gamma-1)K^{\gamma-2} \right\} = 0 \quad (6)$$

После алгебраических преобразований для условия $\gamma \neq 1$ получим уравнение:

$$1 - \gamma K^{\gamma-1} + K^{\gamma} (\gamma - 1) = 0 \quad (7)$$

Это уравнение имеет решение $K = 1$, т.е. при объёме «подушки» огнетушителя, приближающемся к объёму ёмкости. Влияние рода газа определяется в соответствии с уравнением энергии только через показатель адиабаты или политропы γ . Как известно, показатель адиабаты для идеального газа зависит от числа атомов в его молекуле и увеличивается для многоатомных газов ($\gamma = 1,33$) к одноатомным ($\gamma = 1,66$). Графические зависимости для комплекса B в зависимости от коэффициента заполнения и показателя адиабаты представлены на рис. 1.

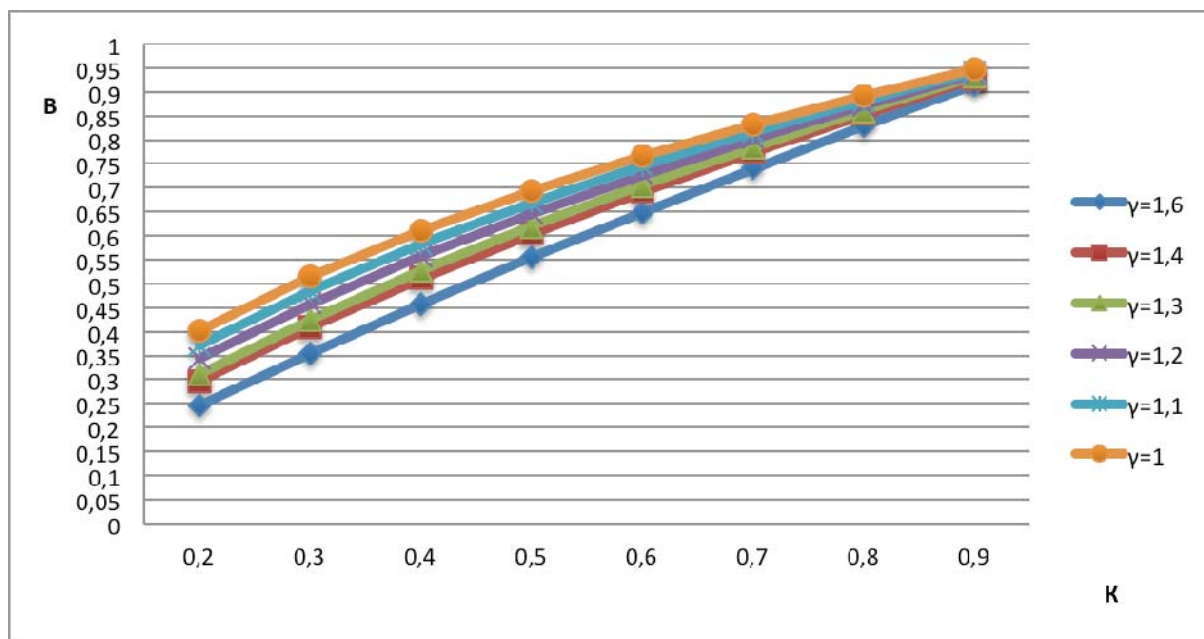


Рис. 1. Графические зависимости комплекса B в зависимости от коэффициента заполнения и показателя адиабаты

Эти зависимости включают в себя и изотермический процесс с $\gamma = 1$, которые получены по изотермическому варианту уравнения энергии. Полученные на рис. 1 зависимости указывают на слабую зависимость комплекса В от показателя процесса, а стремление использовать одноатомный газ в закачных аппаратах не может быть оправданным. Основное влияние на энергию выходящей струи W^2 оказывает коэффициент заполнения К, т.е. относительный объём газа в огнетушителе. Из зависимостей, приведенных на рис. 1 видно, что для получения половины максимальной кинетической энергии достаточно иметь объём «подушки» в ёмкости, превышающей 0,4 от суммарного объёма ёмкости (для $\gamma = 1,4$, воздух). Увеличение первоначального объёма газа требует увеличения объёма ёмкости, при том же количестве огнетушащей жидкости. Увеличение объёма ёмкости закачного типа огнетушителей приведёт к увеличению его веса. С другой стороны, увеличить кинетическую энергию струи, возможно, путём увеличения начального давления заправки, что также приведёт к увеличению веса ёмкости с учётом обеспечения необходимого запаса прочности.

Приведенные выше зависимости характеризуют количество потенциальной энергии, запасённой в ёмкости, но не позволяют определить, как в процессе опорожнения ёмкости она расходуется.

Изменение массы жидкости по времени равно изменению объёма газа в ёмкости:

$$\frac{dm}{dt} = -\rho_{ж} \frac{dV}{dt} \quad (8)$$

Для простоты рассмотрения, считая процесс квазистационарным при истечении в вакуум, расход жидкости через сопло можно определить по уравнению Бернули:

$$-\frac{dm}{dt} = F \mu \sqrt{2P\rho_{ж}} \quad (9)$$

Тогда из (8) и (9) получим закономерность, описывающую изменение объёма газа в ёмкости при истечении из неё жидкости через сопло:

$$\rho_{ж} \frac{dV}{dt} = F \mu \sqrt{2P\rho_{ж}} \quad (10)$$

Считая процесс расширения газа в ёмкости политропным или адиабатным без теплообмена с жидкостью и стенками, изменение давления в ёмкости можно связать с изменением объёма газа в ней:

$$\frac{d}{dt} V_0^\gamma P_0 = \gamma V^{\gamma-1} P \frac{dV}{dt} = V^\gamma \frac{dP}{dt} \quad (11)$$

Ещё раз, используя адиабатическое соотношение $V = V_0(P_0/P)^{1/\gamma}$ из (11) получим:

$$\frac{dV}{dt} = -\frac{V_0}{\gamma P} \left(\frac{P_0}{P} \right)^{1/\gamma} \frac{dP}{dt} \quad (12)$$

Подставив зависимость (12) в уравнение (10), получим выражение, описывающее давление по времени при опорожнении закачного аппарата:

$$-\rho_{ж} \frac{V_0}{\gamma P} \left(\frac{P_0}{P} \right)^{1/\gamma} \frac{dP}{dt} = F \mu \sqrt{2P\rho_{ж}} \quad (1.13)$$

Разделяя переменные, имеем:

$$\frac{dP}{P^{1,5+1/\gamma}} = - \frac{F\mu\gamma\sqrt{2\rho_{жс}}}{\rho_{жс}V_0P_0^{1/\gamma}} dt \quad (14)$$

Интегрирование проводим в следующих пределах:

$$\left| \frac{P}{P_0} \frac{P^{-(0,5+1/\gamma)}}{(0,5+1/\gamma)} \right| = \left| \frac{\tau F\mu\gamma\sqrt{2\rho_{жс}}}{P_0^{1/\gamma}V_0\rho_{жс}} \right| \quad (15)$$

где P и t текущие значения.

После подстановки соответствующих значений и проведения соответствующих алгебраических преобразований получим зависимость давления от времени истечения:

$$\frac{P}{P_0} = \left[\frac{1}{1 + \frac{F\mu\gamma}{V_0} \sqrt{\frac{2P_0}{\rho_{жс}}} (0,5 + 1/\gamma)t} \right]^{\frac{1}{0,5+1/\gamma}} \quad (16)$$

В результате рассмотрения получена гиперболическая зависимость изменения давления в ёмкости в процессе истечения.

В соответствии с адиабатичностью процесса нетрудно получить зависимость для изменения расхода или скорости во времени.

$$\frac{G}{G_0} = \frac{W}{W_0} = \left[\frac{1}{1 + \frac{F\mu\gamma}{V_0} \sqrt{\frac{2P_0}{\rho_{жс}}} (0,5 + 1/\gamma)t} \right]^{\frac{0,5}{0,5+1/\gamma}} \quad (17)$$

где G_0 и W_0 – расход и скорость жидкости в начальный момент времени.

Из выражения (17) видно, что увеличение объёма V_0 занятого газом в первоначальный момент, приводит к более плавному изменению расхода и скорости жидкости, а увеличение начального давления P_0 ведёт к более резкому падению расхода и скорости. Расчёт по формуле (17) следует вести до момента времени истечения, определяемому в соответствии с уравнением энергии в форме (1), т.е. $t = \tau$. Для оценки неравномерности истечения были проведены расчёты по истечению 6 литров воды при начальном давлении $P_0 = 2$ МПа из ёмкости объёмом 7,4 литра ($V_0 = 1,4$ литра) и объёмом 10 литров ($V_0 = 4$ литра) при том же давлении.

В первом случае изменение расхода $G_0/G_k = 2,58$ во втором $G_0/G_k = 1,82$ (здесь G_0 – начальный расход, G_k – конечный расход при $t = \tau$). Кроме того, во втором случае общая запасённая энергия выше в 1,9 раза, чем в первом в соответствии с уравнением баланса в форме (4). Таким образом, увеличение объёма «подушки» приводит к двойному положительному эффекту: увеличение запасённой энергии, при том же давлении, и уменьшению неравномерности расхода и скорости жидкости, истекающей из аппарата закачного типа.

Увеличение начального давления увеличивает не только средний расход жидкости, запасённую энергию, но и степень изменения расхода и скорости жидкости в процессе опорожнения ёмкости. Следует отметить, что как увеличение объёма, так и увеличение давления приводит к увеличению веса аппарата. В первом случае за счёт увеличения газобаритов (длины цилиндрического баллона), во втором – за счёт увеличения толщины стенки при сохранении того же запаса прочности.

Условие равенства средних кинетических энергий позволяет разработчику определить начальное давление при выбранном объёме V_0 или наоборот – определить V_0 (комплекс В) по выбранному давлению в соответствии с равенством $P_{ст}=P_0B$, где $P_{ст}$ – стационарное давление в аппарате с баллоном и редуктором при $B=1$. Так, например, при $P_{ст}=1$ МПа, $K=V_0/V_k=0,3$, $\gamma=1,4$ необходимо иметь $P_0=1/0,4095=2,44$ МПа.

Если задать начальное давление закачки $P_0=2$ МПа, то аналогично можно определить необходимый относительный объём $k=0,39$. При выбранном давлении P_0 средний расход может быть определён в соответствии с выражением (9) путём подбора площади проходного сечения сопла при давлении $P=P_0 B$. Этот расход таким образом оказывается усреднённым по энергии, запасённой в ёмкости под давлением.

В условиях низких отрицательных температур особенно остро стоит вопрос о минимизации потерь энергии при работе, каких либо аппаратов. Это относится также к индивидуальным средствам пожаротушения: огнетушителям и ранцевым установкам. Для индивидуальных аппаратов при их работе энергия черпается от аккумулированной энергии газа либо в отдельном от рабочей жидкости сосуде как в ранцевой установке традиционного типа, либо в одном баке совместно с жидким средством пожаротушения. Отметим что использование порошковых средств пожаротушения сопряжено со многими известными трудностями такими, например, как слеживание порошка, что усугубляется при существенно отрицательных температурах Арктики из-за увеличения сил адгезии при капиллярной конденсации паров воды на поверхности твёрдых частиц при низких температурах. В ранцевой раздельной системе газ высокого давления дросселируется в редукторе, и только потом воздействует на жидкий агент подобно поршню. Не следует забывать что из-за эффекта Джоуля-Томсона без того низкая температура газа в неотапливаемом помещении в условиях Арктики при редуцировании с 20 МПа до 1 МПа температура понизится на 50° . Работа раздельной системы при очень низких температурах редуцированного газа обладает низкой надёжностью, связанной как с увеличением отказов механических устройств (редуктора), так и возможностью обледенения даже в условиях использования антифризов, предельная температура которых не ниже -65°C . При наружной температуре -40°C с учётом дросселирования $\Delta T=50^\circ$ в бак с жидким агентом пожаротушения будет подан газ с температурой $T \approx -90^\circ\text{C}$, что вызовет замерзание раствора. По этой причине использование двухфазных аппаратов пожаротушения полностью нужно исключить в Арктических условиях, а однофазные ранцевые установки могут быть ограниченно использованы в помещениях с системой отопления, а контактирование с открытой атмосферой не должно превышать времени промерзания баллонов с газом и жидкостью до отрицательных температур.

При определении необходимых оптимальных параметров огнетушителя имеются исходные данные, обусловленные необходимостью тушить очаги возгорания определённого ранга и местом нахождения объекта, а также объёмом бака V , максимального давления P_0 и массе огнетушащего вещества m . Как было уже показано процесс выдавливания рабочей жидкости запасённым газом зависит от отношения объёма газовой полости подушки к объёму бака $K=V_0/V_\Sigma$.

Оптимальными значениями P_0 , V_Σ , m будем считать такие, при которых максимальная средняя скорость (W), которая при известной массе m и параметрах выходного насадка F и μ определяется временем выпуска τ . Для этого рассмотрим следующий комплекс

$A = P_0 V_\Sigma / m$, который с физической точки зрения является удельной энергией т.е. запасённой максимальной энергии газа на единицу массы жидкости. Отметим что, при требовании постоянства комплекса $A = \text{const}$ можно получить совершенно разные значения входящих величин. Так при имеющемся объёме бака огнетушителя постоянство комплекса A обеспечивается малыми значениями как давления P_0 так и массой. При этом из-за малого начального давления будет мала начальная скорость выпуска жидкости (по уравнению Бернулли), которая необходима для обеспечения надёжного пожаротушения с безопасного расстояния. Можно поднять значение начального давления P_0 и соответственно массы m , но это влечёт к необходимости увеличения толщины стенок бака.

В соответствии с первым началом термодинамики получено выражение для квадрата скорости жидкости, т.е. удельной кинетической энергии. Это выражение с учётом выражения для A можно переписать так:

$$W^2 = \frac{2A}{V_\Sigma} V_{ж} B \quad (18)$$

Которое после алгебраических преобразований имеет вид:

$$W^2 = \frac{2A(K - K^\gamma)}{\gamma - 1} \quad (19)$$

Из представленного выражения видно, что при $A = \text{const}$ на кинетическую энергию влияет в первую очередь относительный объём бака $K = V_r / V_\Sigma$ и род газа через показатель адиабаты (политропы) γ .

Максимальное значение средней кинетической энергии W^2 определяется нахождением экстремума функции $W^2 = f(K)$ т.е.

$$dW^2/dK = 0 \quad (20)$$

После проведения соответствующих математических операций получим уравнение для определения оптимального K :

$$2A(1 - \gamma K^{\gamma-1}) = 0 \quad (21)$$

или окончательно

$$1 = \gamma K^{\gamma-1} \quad (22)$$

Так для воздуха при $\gamma = 1,4$ получим $K = 0,42$, для газа с $\gamma = 1,2$ $K = 0,4$. Таким образом, найдено оптимальное значение коэффициента заполнения или относительного объёма газовой полости в огнетушителе. При испытаниях макета огнетушителя полученное оптимальное значение K будет подтверждено экспериментально.

Закачной огнетушитель в процессе его работы, т.е. опорожнения, характеризуется изменением давления в нём, и, следовательно, расходом и скоростью истекающей струи. Изменение расхода и скорости истекающей струи как сплошной, так и раздробленной приводит к изменению дальности её полёта. Аналитически показано, что изменение давления, расхода и скорости струи в основном определяется значением начального давления P_0 и объёма занятого газом V_0 . Для подтверждения этих теоретически полученных взаимосвязей были проведены экспериментальные исследования. Так как скорость и расход жидкой струи в соответствии с уравнением Бернулли определяется только текущим давлением при заданных геометрических размерах проходных каналов, то в процессе

опорожнения огнетушителя экспериментально определялось изменение давления перед распылителем. Такие измерения осуществлялись с помощью индуктивных датчиков давления с индикацией через высокочастотную мостовую схему на запоминающем осциллографе Tektronix TDS 2002.

Точность определения изменения давления была не хуже $\pm 3\%$. Наиболее характерные результаты экспериментов представлены на рис. 2.

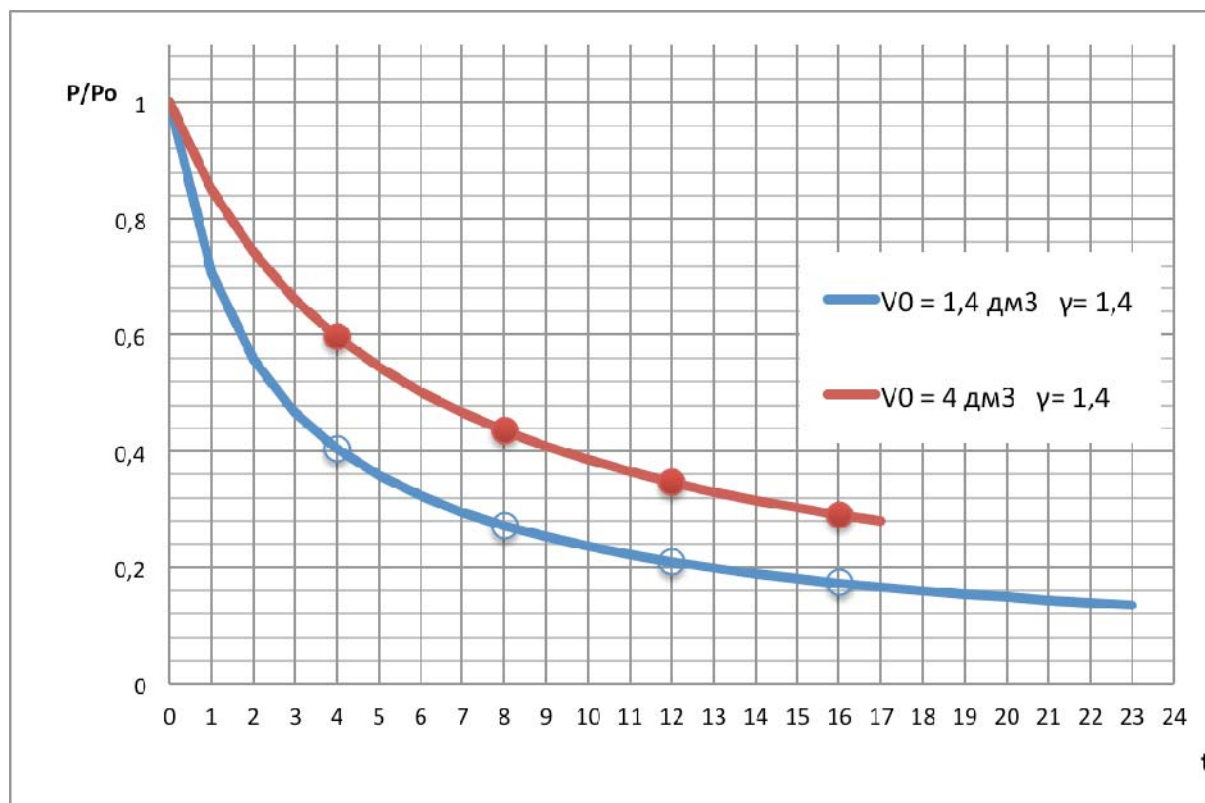


Рис. 2. Результаты экспериментов по изменению давления в процессе опорожнения огнетушителей с объемом воды $V_{\text{ж}} = 6 \text{ дм}^3$, с $K=0,4$ (верхняя кривая), $K=0,19$ (нижняя кривая)

В этих экспериментах оставались постоянными, начальное давление 2 МПа и количество воды – 6 дм³. На расчётные зависимости (сплошные линии на рис 3.1) нанесены экспериментально полученные значения давления (сплошные и полые кружочки) в процессе опорожнения огнетушителя. Как видно, получено очень хорошее совпадение для огнетушителя с объемом воздуха 4 дм³ при общем объеме 10 дм³ ($K=0,4$), при этом значение показателя процесса γ соответствовало чистому воздуху $\gamma = 1,4$. Для огнетушителя с малым объемом, занятым воздухом $V_0 = 1,4 \text{ дм}^3$ при объеме 7,4 дм³, совпадение расчётных и экспериментальных значений давления наблюдается при использовании в расчётах показателя адиабаты $\gamma = 1,2$, что ниже, чем показатель для чистого воздуха $\gamma = 1,4$. Уменьшение показателя γ говорит о том, что в процессе расширения газа осуществляется подвод тепла. Остаётся сделать предположение о том, что внутренний подогрев газа в основном определяется теплообменом расширяющегося газа и зеркалом жидкости.

Однако, обнаруженный эффект не превышает 5% по давлению и поэтому установка дополнительных теплообменных устройств не представляется целесообразным.

Измерение скорости истечения жидкости и расхода представлено только по расчётным зависимостям, которые однозначно связаны с изменением давления как:

$$\frac{G}{G_0} = \frac{W}{W_0} = \left(\frac{P}{P_0} \right)^{0,5} \quad (23)$$

Из графиков видно, что при большем начальном объёме для газа изменение давления и скорости (расхода) меньше. Время опорожнения огнетушителя увеличивается с 17 с до 23 с при уменьшении коэффициента заполнения с $K=0,4$ до $K=0,19$ для одного и того же количества жидкости и тем же распыляющем устройстве на выходе.

Изменение скорости истечения приводит не только к изменению дальности полёта струи, но и к изменению угла расширения распыленной струи. С уменьшением давления и скорости истечения угол расширения увеличивается. Так для испытанных огнетушителей начальный угол расширения составляет $10...15^\circ$, и в процессе опорожнения баллона с жидкостью увеличивается до $20...30^\circ$, при использовании струйно-центробежного распылителя [13].

Форсунка с соударяющимися струями [14] более консервативна в этом отношении т.к. угол распыления меняется слабо в процессе работы огнетушителя $20...35^\circ$.

Размер капель, генерируемый огнетушителем при использовании распылителя струйно-центробежного типа $d_{10} = 82...94$ мкм, $d_{32} = 185...220$ мкм, а для распылителя с соударением струй $d_{10} = 78...90$ мкм, $d_{32} = 165...205$ мкм. Измерения проведены с помощью оптического измерителя Malvern Spraytec за 10 с его работы.

Проверка огнетушащей эффективности огнетушителей с раствором антифриза осуществлялась методом тушения модельных очагов горения классов А и В согласно [15]. Для чего готовился раствор ОТВ в количестве 6 дм³ и направлялся на модельные очаги возгорания различных рангов классов А и В из огнетушителя. Оценка эффективности тушения производилась на основе рейтингов очагов горения классов А и В [15], потушенных данным количеством ОТВ.

Хлориды кальция и лития обладают примерно равной эффективностью тушения при добавлении в их растворы пенообразователей типа *AFFF* и мочевины в качестве добавки снижающей вероятность образования кристаллогидратов. Эффективность тушения модельных очагов классов А и В была такая же как для чистой воды с тем же пенообразователем (3% пенообразователя типа *AFFF*):

- для класса А (твёрдые горючие материалы) - 6А (27,7 м²);
- для класса В (легковоспламеняющиеся жидкости) - 183В (5,75 м³).

При этом температура раствора (*LiCl* - 29%, мочевины - 12%, пенообразователь типа *AFFF* - 20%) поддерживалась в диапазоне - $52^\circ\text{C}...-60^\circ\text{C}$. Раствор *CaCl*₂ имеет более высокую вязкость, поэтому его использование в установках ТРВ ограничено.

При растворении неорганических солей в воде электропроводность раствора резко увеличивается по сравнению с дистиллированной водой. Для оценки влияния электропроводности растворов огнетушащих веществ на изменение тока утечки по струе факела тонкораспыленной жидкости, генерируемой распылителями, было проведено его экспериментальное определение для некоторых ОТВ.

В соответствии с требованиями действующих стандартов [15] допустимая величина тока, действующая на человека не должна превышать 0,5 мА. Откуда следует, что, например, при испытательном напряжении 36 кВ в переменном поле частотой 50 Гц эквивалентное сопротивление межэлектродного промежутка должно составлять не менее $R_z = 36000/0,005 = 72$ МОм.

Метод испытаний основан на измерении величины электрического тока, протекающего между срезом распылителя и заземлённым проводником, который возникает в резуль-

тате взаимодействия струи ОТВ с имитатором электроустановки. В качестве имитатора используют мишень, представляющую собой металлическую пластину, размером $(1000 \pm 25) \times (1000 \pm 25)$ мм, которую устанавливают на опорах-изоляторах и соединяют со вторичной обмоткой трансформатора, обеспечивающего создание между пластиной и землёй разности потенциалов (36 ± 4) кВ.

За величину тока утечки по струе ОТВ принимали его максимальное значение за время работы огнетушителя.

В качестве ОТВ использовалась водопроводная вода, водопроводная вода с добавками солей $CaCl_2$, $LiCl$, $MgCl_2$ в концентрации 8....40% и пенообразователя типа *AFFF* в концентрации 12....16%.

Результаты проведенных экспериментов определяют возможность использования тонкораспыленных потоков растворов для тушения электроустановок под напряжением, так как ток утечки не превышает 0,25 мА. Малая проводимость распыленных потоков ОТВ объясняется малой объёмной долей ($<0,05$) раствора в воздухе.

Резюме

Для арктических районов РФ в качестве первичных средств пожаротушения следует использовать закачной огнетушитель, генерирующий поток тонкораспыленной воды с антифризом и галогеносодержащим пенообразователем. В качестве антифриза при применении огнетушителя в Арктике целесообразно использовать растворы солей $LiCl$ или $CaCl_2$. Разработанное аналитическое описание процесса в закачном огнетушителе позволяет определить оптимальное соотношение объёма заполненного газом V_0 к общему (суммарному) объёму огнетушителя V_{Σ} , которое обеспечивает наибольшую долю запасённой в сжатом газе энергии, идущей на создание огнетушащего потока. Для воздуха это соотношение равно $K = V_0/V_{\Sigma} = 0,42$. Экспериментальные исследования подтвердили правомочность такого положения. Проведенные огневые испытания на огнетушителе для Арктики на модельных очагах пожара классов А (твёрдые горючие материалы) и В (горючие жидкости) продемонстрировали высокую эффективность при низких температурах (-52°C), равную эффективности современных огнетушителей при положительных температурах.

Литература

1. Корольченко Д.А., Громовой В.Ю. Огнетушители. Устройство. Выбор. Применение. Учебное пособие. - 2010 г. 94 стр.
2. Карпышев А.В., Душкин А.Л., Рязанцев Н.Н. Разработка высокоэффективного универсального огнетушителя на основе генерации струй тонкораспыленных огнетушащих веществ// Пожаровзрывобезопасность. – 2007. – Т. 16, №2. – С. 69-73.
3. Abbud-Madrid A., Watson D., McKinnon J.T. On the effectiveness of carbon dioxide, nitrogen and water mist for the suppression of spacecraft fires//Suppression and Detection Research and Applications Conference. – Orlando, USA. - 2007.
4. Carriere T., Butz J.R., Naha S., Brewer A., Abbud-Madrid A. Fire suppression test using a hand-held water mist extinguisher design for the International space station// 42rd International Conference on Environmental Systems. California, USA. - 2012.
5. Rodriguez B., Young G. Development of International space station fine water mist portable fire extinguisher// 43rd International Conference on Environmental Systems.- Vail, CO. - 2013.
6. Душкин А.Л., Ловчинский С.Е. Взаимодействие пламени горючей жидкости с тонкораспыленной водой// Пожаровзрывобезопасность. - 2011. Т.20, №11.- С. 53-55.

7. ГОСТ Р 51043-2002 Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Оросители. Общие технические требования. Методы испытаний. - Введ. 25.07 2002 г. - М.; Стандартинформ. - 2002.
8. Ольшанский В.П., Ольшанский С.В. К расчёту предельной дальности подачи испаряющихся тонкораспыленных веществ в установках импульсного пожаротушения.//Пожаровзрывобезопасность. - 2005.- Т.14, №4, С. 67-71.
9. Чохонелидзе А.Н., Галустов В.С., Холпанов Л.Х., Приходько В.П. Справочник по распыляющим, оросительным и каплеулавливающим устройствам.// М. Энергоатомиздат. - 2002.- С. 608.
10. Шароварников А.Ф., Шароварников С.А. Пенообразователи и пены для тушения пожаров. Состав, свойства, применение. - М. : Пожнаука. – 2005, С. 335.
11. Пат. RU 2549862 С1. МПК А62D 1/2. Огнетушащий состав/ Душкин А.Л., Ловчинский С.Е. Рязанцев Н.Н. - Обубл. 27.04.2015 Бюл. № 12.
12. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. //Том VI. Гидродинамика. - М.: Наука. - 1988. - 786 с.
13. Пат. RU 2264833 С1. МПК. А 62 С 13/62. 31/62. В05 В 1/34. Распылитель жидкости и огнетушитель/ Долотказин В.И., Душкин А.Л., Карпышев А.В. - Обубл. 27.11.2005 Бюл. №33.
14. Пат. RU 2158151 С1. МПК. А 62 С 13/00, 31/02, В 05 В 1/02. Распылитель жидкости и огнетушитель, снабжённый распылителем/ Душкин А.Л., Карпышев А.В. - Опубл. 27.10.2000
15. ГОСТ Р 51057—2001. Техника пожарная. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний. - Введ. 18.06.1997 г. - М.: Стандартинформ. - 2001.

Сведения об авторах

Душкин Андрей Леонидович, - ведущий научный сотрудник, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства образования и науки РФ, 125993, Россия, г. Москва, ГСП-3, Волоколамское шоссе, д.4

Ловчинский Сергей Евгеньевич, - инженер Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства образования и науки РФ, 125993, Россия, г. Москва, ГСП-3, Волоколамское шоссе, д.4, т. (495) 709-18-95, (916) 701-28-41, Lovchinskiy@inbjx.ru

Рязанцев Николай Николаевич, - старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства образования и науки РФ, 125993, Россия, г. Москва, ГСП-3, Волоколамское шоссе, д.4

УДК 656.05.001.25

МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ АВТОМОБИЛИЗАЦИИ В ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗА ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Кандидат техн. наук *В.И. Колесов*, кандидат техн. наук *А.И. Петров*
Тюменский государственный нефтегазовый университет

Представлен синтез систем управления безопасностью дорожного движения (БДД). Выполнена структурная и параметрическая идентификация динамической модели процесса автомобилизации в стране, позволяющая решать задачи прогноза и управления БДД. Приведены результаты расчетов для США и России.

Ключевые слова: динамика, управление, прогноз, безопасность дорожного движения, уровень автомобилизации, идентификация моделей.

MODEL OF AUTOMOBILIZATION DYNAMICS IN TASKS OF THE INDICATORS TRAFFIC SAFETY FORECAST

Ph. D. (Tech) *V.I. Kolesov*, Ph. D. (Tech) *A.I. Petrov*
Tyumen state oil and gas university

Article is focused on synthesis of traffic safety control systems. The structural and parametrical identification of dynamic model of auto mobilization process in the country allowing to solve problems of the forecast and management of traffic safety is executed. Results of calculations for the USA and Russia are given

Key words: dynamics, management, forecast, traffic safety, automobilization level, identification of models.

Постановка задачи. Управление безопасностью дорожного движения опирается на целевые показатели в виде транспортного (TR) и социального (HR) рисков, которые, в соответствии с законом Р. Смида, связаны с уровнем автомобилизации U_a . В вопросе поведения U_a во времени нет, к сожалению, полной ясности. Это затрудняет временной прогноз как числа дорожно-транспортных происшествий (ДТП), так и их последствий. Делается попытка хотя бы частично устранить имеющийся пробел.

Решение задачи. Логично предположить [3], что, с точки зрения теории полезности, динамика процесса автомобилизации в регионе определяется, по крайней мере, двумя главными обстоятельствами: изменчивостью полезности одной единицы блага (автомобиля) и динамикой спроса на эти единицы. Это означает, что скорость изменения уровня автомобилизации $V_a(t)$, которая определяется в общем виде как (1):

$$V_a(t) = \frac{dU_a}{dt} \quad (1)$$

рассматривается как результат мультипликативного взаимодействия скорости изменения полезности одной единицы блага $V_b(t)$ и динамики спроса $W_b(t)$ на эти единицы, т.е.

$$V_a(t) = V_b(t) \cdot W_b(t) . \quad (2)$$

Рассмотрим далее механизмы $V_b(t)$ и $W_b(t)$.

Следует ожидать, что $V_b(t)$ является монотонно убывающей функцией, являющейся в общем случае решением дифференциального уравнения

$$\frac{dV_b}{dt} = -\lambda \cdot V_b^\gamma, \quad (3)$$

где λ и γ - параметры модели, причем в простейшем случае $\gamma = 1$.

Решение уравнения (3) найдем, разделяя переменные и интегрируя обе части, $\int_{V_{b \max}}^{V_b(t)} \frac{dV_b}{V_b} = -\lambda \int_0^t dt$, из чего следует, что $\ln \left[\frac{V_b(t)}{V_{b \max}} \right] = -\lambda \cdot t$, т.е.

$$V_b(t) = V_{b \max} \cdot \exp(-\lambda \cdot t). \quad (4)$$

При необходимости решение уравнения (3) для $\gamma \neq 1$ можно найти в работе [4].

Что же касается $W_b(t)$, то это монотонная функция, возрастающая в общем случае по степенному закону

$$W_b(t) = k \cdot t^{c-1}. \quad (5)$$

Таким образом, учитывая (2), (3) и (4), имеем

$$V_a(t) = V_b(t) \cdot W_b(t) = k \cdot V_{b \max} \cdot t^{c-1} \cdot \exp(-\lambda \cdot t). \quad (6)$$

Следовательно, динамика уровня автомобилизации может быть записана в виде (7):

$$U_a(t) = \int_0^t V_a(t) \cdot dt = k \cdot V_{b \max} \int_0^t t^{c-1} \exp(-\lambda t) dt = U_{a \max} \frac{\int_0^t u^{c-1} \exp(-u) du}{\Gamma(c)}, \quad (7)$$

где $\Gamma(c)$ - гамма-функция; $U_{a \max} = k \cdot V_{b \max} \cdot |\Gamma(c) / \lambda^c|$.

Структура полученной динамической модели определяется, как видим, последним сомножителем, который соответствует функции распределения одного из двух законов: либо гамма-распределения, либо распределения Эрланга (при целочисленном показателе (c)) [5].

При $c = 2$, т.е. при линейном законе $W_b(t) = k \cdot t^{c-1} = k \cdot t$, получим

$$U_a(t) = k \cdot V_{b \max} \cdot \int_0^t t \cdot \exp(-\lambda \cdot t) \cdot dt = U_{a \max} \int_0^t u \cdot \exp(-u) \cdot du / \Gamma(2),$$

где $U_{a \max} = k \cdot V_{b \max} \cdot \Gamma(2) / \lambda^2$;

а при квадратичном, т.е. при $c = 3$:

$$U_a(t) = U_{a \max} \int_0^t u^2 \cdot \exp(-u) \cdot du / \Gamma(3), \quad (8)$$

где $U_{a \max} = k \cdot V_{b \max} \cdot |\Gamma(3) / \lambda^3|$.

Параметрическая идентификация модели (8) была выполнена с использованием данных, приведенных в [1] для США и [6] для России.

В ходе вычислений полагалось, следуя [2], что

$$\int x^2 e^{ax} dx = e^{ax} \cdot \left(\frac{x^2}{a} - \frac{2x}{a^2} + \frac{2}{a^3} \right).$$

Результаты обработки, приведенные на рис. 1, свидетельствуют о том, что предложенная модель не противоречит эксперименту.

Таким образом, модель динамики автомобилизации в России может быть принята в виде (9):

$$U_a(t) = \frac{U_{a \max}}{21947} \cdot \left[\exp(a \cdot x) \cdot \left(\frac{x^2}{a} - \frac{2x}{a^2} + \frac{2}{a^3} \right) - \frac{2}{a^3} \right], \text{ТС/1000 жителей} \quad (9)$$

где $U_{a \max} = 970$; $a = -0.045$; $x = \text{год} - 1903$ (США); $x = \text{год} - 1967$ (Россия).

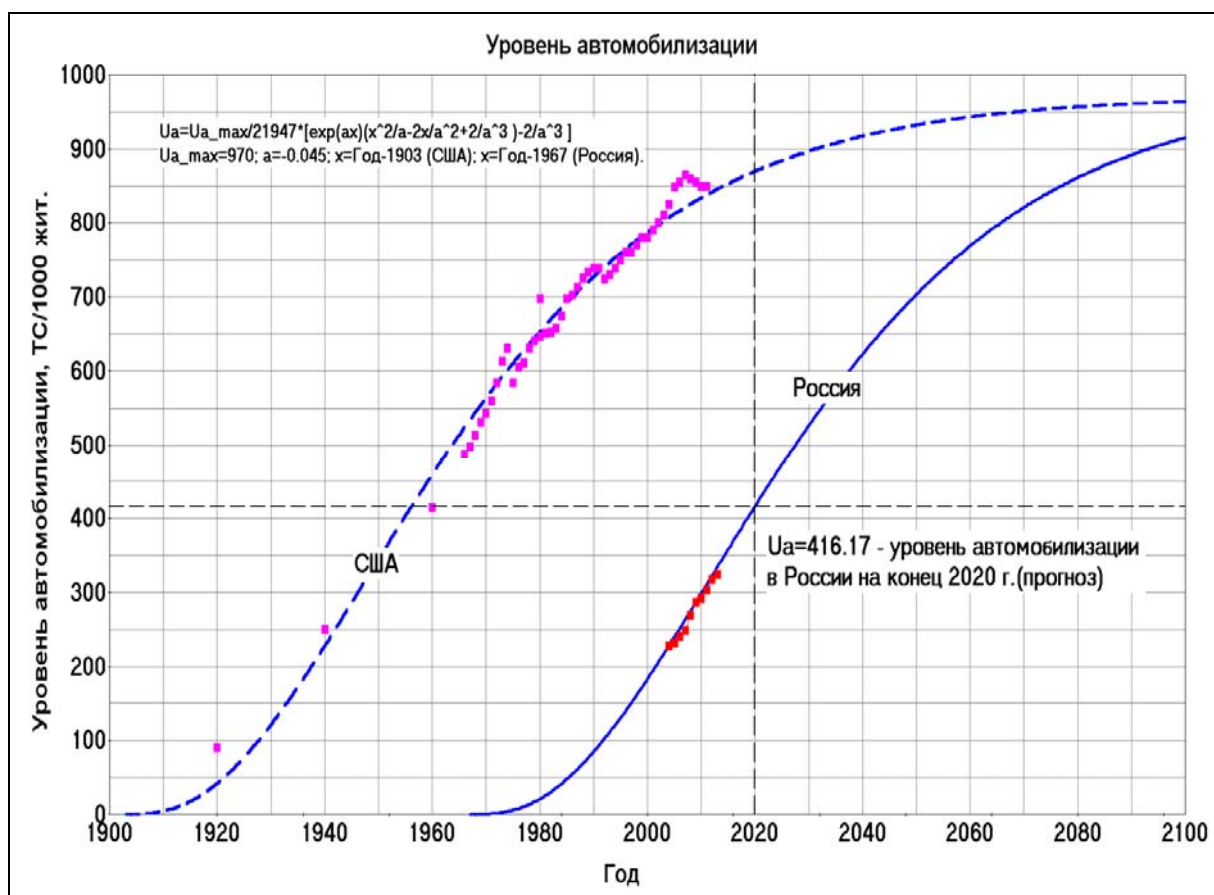


Рис.1. Модель уровня автомобилизации (на примере США и России)

Полученный результат имеет ряд перспективных инженерных приложений, включающих:

- моделирование транспортных и социальных рисков в стране;
- прогноз целевых показателей безопасности дорожного движения;
- разработку и экспертизу программ по повышению БДД;
- разработку алгоритмического обеспечения для систем управления БДД. и др.

Литература

1. Блинкин М.Я., Решетова Е.М. Безопасность дорожного движения. – М.: Издательский дом Высшей школы экономики. - 2013. –170 с.
2. Градштейн И.С., Рыжик И.М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. – М.: Наука. - 1971. – 1108 с.
3. Колесов В.И. Модель динамики автомобилизации в стране // Нефть и газ Западной Сибири: материалы международной научно-технической конференции. Т. 1. – Тюмень: ТюмГНГУ. - 2015. – С. 261 – 264.
4. Колесов В.И. Моделирование рейсовых динамических характеристик процесса бурения нефтяных и газовых скважин // Новые технологии нефтегазовому региону: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Т. 1. – Тюмень: ТюмГНГУ. - 2013. – С. 370 – 377.
5. Хастингс Н., Пикок Дж. Справочник по статистическим распределениям. – М.: Статистика. - 1980. – 96 с.
6. <https://www.gibdd.ru/stat/> Госавтоинспекция МВД России. Официальный интернет-сайт. Показатели состояния безопасности дорожного движения.

Сведения об авторах

Колесов Виктор Иванович, - доцент, инженер 1 категории МКУ «Тюменьгортранс». Служебный адрес: 625035, г. Тюмень, ул. Республики, д. 200. Телефон: +7-904-876-05-55 сот. E-mail: vikolesov@yandex.ru

Петров Артур Игоревич, - доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта» ТюмГНГУ. Служебный адрес: 625000, Тюмень, ул. Мельникайте 72, Институт транспорта ТюмГНГУ, каф. ЭАТ. Телефоны: (3452) 20-93-02 раб.; +7-908-873-37-19 сот. E-mail: ArtIgPetrov@yandex.ru

УДК-614.8

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ВОЗДУХООЧИСТКИ ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ

Кандидат техн. наук *Т.А. Саулова*, кандидат техн. наук *В. И. Бас*,
доктор техн. наук *В.А. Рогов*

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет»

Обсуждаются результаты исследований, направленных на использование искусственной ионизации в системе воздухообеспечения защитных сооружений в чрезвычайных ситуациях.

Ключевые слова: защитное сооружение, искусственная ионизация, воздухообеспечение, фильтровентиляционная система, токсичные вещества, радиоактивные вещества, чрезвычайная ситуация.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE IN THE AIR-CLEANING SYSTEM OF PROTECTIVE CONSTRUCTIONS OF CIVIL DEFENSE

Ph. D. (Tech.) *T. Saulova*, Ph. D. (Tech.) *V. Bas*, Dr. (Tech.) *V. Rogov*
“Siberian state technological university”

The results of research aimed at the use of artificial ionization in the air supply system of protective structures in emergency situations are discussed.

Key words: protective structure, artificial ionization, air supply, filtered ventilation system, toxic substances, radioactive materials, emergency situation.

В условиях усиления внешнеполитической напряжённости, увеличения числа техногенных катастроф, инженерное обеспечение защиты населения в чрезвычайных ситуациях (ЧС) приобретает особую актуальность. В ряде документов предъявляются обязательные требования к размещению, эксплуатации, системам жизнеобеспечения защитных сооружений гражданской обороны [1, 2, 3, 4, 5].

В ЧС, сопровождаемых аварийными выбросами, характеризующимися экстремально высоким уровнем загрязнения воздушной среды токсичными, радиоактивными веществами, укрытие в защитных сооружениях гражданской обороны является, бесспорно, самым оперативным и эффективным способом защиты населения и персонала объектов экономики.

Известно, что функционирование систем воздухообеспечения (СВО) убежищ гражданской обороны предусмотрено в трёх режимах: чистой вентиляции, фильтровентиляции, регенерации. Наиболее надёжный режим защиты - режим регенерации, основанный на полной изоляции и восстановлении «отработанного» воздуха, к сожалению, редко реализован на практике. Известно, что в режиме фильтровентиляции продолжительность надёжной защиты ограничена возможностями фильтров по очистке воздуха, загрязненного опасными веществами в высоких концентрациях [3]. В связи с этим, представляется актуальным повышение эффективности очистки воздуха в защитных сооружениях, оборудованных системой фильтровентиляции.

В многочисленных трудах учёных – Чижевского А.Л., Беккета Д.С., Минха А.А., Лившица М.Н., Киселёва Н.Д., Наремского Н.К., Таммета Х.Ф., Мак-Даниэля И.В., Портнова Ф.Г., Файна В.Б., Санадзе Г.И. и других – доказано положительное влияние искусственной ионизации воздуха на микрофлору, процессы осаждения пыли и других примесей в производственных и жилых помещениях.

Цель эксперимента заключалась в исследовании влияния искусственной ионизации на степень очистки воздушной среды защитного сооружения при работе СВС в режиме фильтровентиляции в сочетании с ионизацией в экстремальных условиях.

Методика исследований

Исследования проводились на базе встроенного убежища СибГТУ класса А-3, оборудованного системой фильтровентиляции марки ФВА-49 с тремя фильтрами-поглотителями ФП-100 производительностью 270-300 м³/час.

Условия экстремального загрязнения атмосферы - ЧС с выбросом токсичных веществ – моделировалась в тёплый период года с помощью легкового автомобиля ВАЗ-2105, из выхлопной трубы которого газ поступал в систему воздухообеспечения убежища в течение двух часов. В убежище находились четыре человека.

Исследовательская часть заключалась в определении параметров очистки воздушной среды защитного сооружения в двух режимах воздухоочистки: фильтровентиляции и фильтровентиляции в сочетании с искусственной ионизацией. В качестве контроля использован режим «чистой вентиляции», при котором газ из выхлопной трубы поступал в защитное сооружение без очистки.

Режим фильтровентиляции с искусственной ионизацией обеспечивали работой системы фильтровентиляции марки ФВА-49 с тремя фильтрами-поглотителями ФП-100 производительностью 270-300 м³/час в сочетании с работой коронного униполярного ионизатора, установленного на входном патрубке. Производительность ионизатора соответствует санитарно-гигиеническим нормам допустимых уровней ионизации воздуха (СанПиН 2.2.4.1294-2003 от 16 июня 2003 года) - допустимая концентрация ионов в воздухе производственных и общественных помещений составляет 400-50000 положительных и 400-50000 отрицательных ионов на 1 см³ воздуха. Таким образом, загрязнённый воздух прокачивался через фильтры и перед подачей в помещение для укрываемых, ионизировался. Содержание аэроионов в воздухе определялось малогабаритным счетчиком аэроионов МАС-01.

Для оценки параметров очистки воздушной среды убежища использовали экспресс-метод экологического контроля – метод индикаторных трубок, рекомендуемый комиссией по вопросам охраны окружающей среды Международного союза теоретической и прикладной химии (ИУРАК) для измерения массовой и (или) объемной концентрации экотоксикантов при аварийных ситуациях.

Сущность метода заключается в изменении окраски индикаторного порошка в результате реакции с вредным веществом, находящимся в анализируемом воздухе, пропускаемом через трубку. Длина изменившего первоначальную окраску слоя индикаторного порошка пропорциональна концентрации токсичного вещества. Концентрацию вещества измеряли по градуированной шкале, нанесённой на трубку.

В моделируемых условиях пробы воздуха в убежище брали через каждые 10 минут в течение двух часов в режиме «чистой вентиляции», в первом и во втором режиме воздухоочистки (по 12 проб воздуха). Каждая проба бралась в трёх разных точках убежища на расстоянии от стен и ограждающих конструкций – 2 м, на высоте от пола - 1 м. В качестве устройства для отбора проб воздуха применяли газоанализатор насосного типа

УГ-2, для определения температуры – ТМ-8, влажности – МВ-4М, скорости воздушных потоков – АСО-3.

При оценке степени воздухоочистки в защитных сооружениях гражданской обороны пользовались установленными *предельно допустимыми параметрами* содержания компонентов в воздухе убежища (окись углерода, двуокись углерода и кислород), представленными в табл. 1.

Таблица 1

Перечень предельно допустимых параметров, контролируемых в защитных сооружениях гражданской обороны

Наименование параметров	Значение параметров	Примечание
1	2	3
I. ПАРАМЕТРЫ ГАЗОВОГО СОСТАВА ВОЗДУХА		
Содержание в воздухе:		
кислорода	не менее 16,5 %	предельно допустимое значение параметра
двуокиси углерода	не более 4,0 %	предельно допустимое значение параметра
окиси углерода	не более 100 мг/м ³	предельно допустимое значение параметра
метана	не более 300 мг/м ³	рекомендованное значение параметра
пыли	не более 10 мг/м ³	предельно допустимое значение параметра
II. ПАРАМЕТРЫ МИКРОКЛИМАТА		
температура воздуха	не более 32 град. С	предельно допустимое значение параметра
относительная влажность воздуха	не менее 30 % не более 90 %	предельно допустимое значение параметра
скорость движения воздуха	не более 4 м/с (не более 8 м/с)	рекомендованное значение параметра (в скобках - для системы вентиляции)
III. ПАРАМЕТРЫ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ		
избыточное давление	не менее 20 Па	минимально допустимое значение параметра
сопротивление фильтра	не более 1000 Па	паспортные данные изделия

Кроме того, нормами определены *оптимальные (комфортные)* условия в защитном сооружении, не требующие проведения дополнительных мероприятий: температура воздуха от 0 °С до +30 °С, концентрация двуокиси углерода - до 3 %, кислорода - до 17 %, окиси углерода - до 30 мг/м³ [2, 3, 5].

Для оценки качества очистки воздуха использовали ГОСТ 12.1.014-84 «Система безопасности труда. Воздух рабочей зоны. Метод измерения концентраций вредных веществ индикаторными трубками», в соответствии с которым нижняя граница интервала измерений вредных веществ в воздухе должна быть не более 5 ПДК, а верхняя граница – не менее 0,5 ПДК для данного вещества.

Результаты измерений концентрации вредного вещества приводили к стандартным условиям (температура – 20°С (293 К), атмосферное давление 760 мм. рт. ст. (101,3 кПа), относительная влажность – 60%).

Концентрацию С, мг/м³, при стандартных условиях рассчитывали по формуле (1):

$$C=C_t(273+t)101,3K/293P, \quad (1)$$

где C_t - результат измерения концентрации вредного вещества (при температуре окружающего воздуха - t , °C, относительной влажности, %, атмосферном давлении - P , кПа), мг/м³;

K - коэффициент, учитывающий влияние температуры и влажности окружающего воздуха на показания индикаторных трубок.

Относительная погрешность измерений не превышала 20%.

Обсуждение результатов исследований

Результаты измерений, представленные в табл. 2, наглядно демонстрируют динамику увеличения значений параметров загрязнения в каждой пробе воздуха в режиме «чистой вентиляции». Уже через 30 минут в убежище концентрация токсикантов составила 2-5 ПДК, а к концу эксперимента – до 10 ПДК. В соответствии с нормативной документацией это параметры воздушной среды, опасные для дальнейшего пребывания людей в защитном сооружении (концентрация двуокиси углерода - 5 % и более; содержание кислорода в воздухе - 14 % и менее; содержание окиси углерода - 100 мг/м³ и более) [2].

Руководствуясь нормативными данными, представленными в табл. 1, экспериментально убедились, что ФВА-49 в режиме фильтровентиляции обеспечивает требуемые параметры. Путем сравнения с нормативными данными (ГОСТ 12.1.014-84) определили, что степень очистки фильтровентиляционной системы убежища по содержанию перечисленных компонентов составляет от 0,5 ПДК до 1,2 ПДК. При этом содержание примесей в помещении соответствовало требованиям, предъявляемым к воздушной среде защитных сооружений уже на первой пробе. Но только через 2 часа эксперимента значения содержания вредных компонентов достигли значений ПДК по ГОСТ 12.1.014-84. При этом содержание аэроионов фиксировалось меньше требуемого в сотни раз.

В режиме фильтровентиляции с ионизацией уже через 10 минут работы оборудования показатели очистки воздуха выше в сравнении с показателями очистки в режиме фильтровентиляции. В режиме, сочетающем фильтровентиляцию и ионизацию, воздух оказался практически чистым уже через 35 минут. При этом содержание кислорода и аэроионов (1900-5500 отрицательных ионов на 1 см³ воздуха) в помещении соответствовало требованиям.

Таблица 2

Концентрация загрязнителей воздушной среды убежища, объёмом 450 м³ при работе системы воздухообеспечения (СВС) в различных режимах через 2 часа

Режим работы СВС	Содержание загрязнителей воздушной среды, г/м ³						
	СО	СО ₂	СН	SO ₂	Формальдегид	Соединения свинца	Бенз(а)пирен
Контроль: режим чистой вентиляции	933,33	1,33	66,63	2,66	0,21	1,17	0,5·10 ³
I Фильтровентиляция	98,23	0,12	5,98	0,34	0,03	0,13	0,03·10 ³
II Фильтровентиляция + ионизация	0,0003	-	0,00028	0,004	-	-	-

Скорость нормализации воздушной среды в защитном сооружении и длительность сохранения нормальных параметров имеет большое значение для создания комфорта в условиях загрязнения воздушной среды выдыхаемыми людьми компонентами.

Сравнили продолжительность периода очистки воздуха до ПДК в различных режимах работы системы воздухообеспечения, в качестве контроля использовали естественную вентиляцию без загрязнителей. Результаты представлены в табл. 3.

Видно, что очистка от загрязнителей до нормативных значений быстрее всего осуществляется во втором режиме – с использованием искусственной ионизации. В режиме с ионизацией помимо очистки воздуха, нормализуется содержание отрицательных аэроионов в воздухе, создающих благоприятную микрофлору помещения, что представляется важным в условиях большого скопления людей в защитном сооружении. Таким образом, продолжительность нахождения укрываемых в комфортных и безопасных условиях в защитном сооружении с использованием искусственной ионизации увеличится.

Таблица 3

**Сравнительная характеристика основных параметров очистки
воздушной среды убежища до ПДК при работе системы воздухообеспечения (СВС)
в различных режимах**

Режим работы СВС	Параметры воздушной среды убежища				Продолжительность периода очистки воздуха до ПДК по ГОСТ 12.1.014-84, мин.
	CO, мг/м ³	CO ₂ , %	O ₂ , %	Ионизация, пар ионов/ м ³ воздуха	
Контроль: естественная вентиляция	64,5	4,0	18	430	-
I фильтровентиляция	98,2	3,2	17	280	120
II Фильтровентиляция + ионизация	42,0	3,0	21	5500	35

Анализируя результаты исследований, можно сформулировать следующие **выводы**:

1. Сравнительный анализ динамики содержания загрязнителей в разных режимах воздухоочистки в течение равной продолжительности работы доказывает большую степень очистки режима фильтровентиляции в сочетании с искусственной ионизацией.

2. Максимальная степень очистки достигнута в режиме фильтровентиляции с ионизацией за 35 минут, в режиме без ионизации – за 2 часа. Очевидно, что при нахождении в убежище большого количества людей, выдыхаемые продукты существенно загрязняют воздух за 2 часа, возникает необходимость разработки режимов степени ионизации воздуха с учётом числа укрываемых и объёма сооружения.

3. В режиме с ионизацией помимо очистки воздуха, нормализуется содержание аэроионов в воздухе. Ионизатор воздуха вырабатывает отрицательно заряженные ионы, в то время как загрязнённый (в том числе использованный) воздух содержит больше положительных ионов. Вредные вещества, бактерии, пыль заряжены положительно, а потому притягивают воспроизводимые ионизатором анионы, образуют мелкие кластеры частиц, таким образом, утяжеляются и падают вниз - то есть, больше не могут попасть в лёгкие человека [6]. Таким образом, продолжительность нахождения укрываемых в комфортных и безопасных условиях, с использованием искусственной ионизации увеличится.

4. Поскольку физико-химический механизм очистки воздушной среды отрицательными ионами для всех загрязнителей одинаков [7], можно предположить, что в случае аварийных выбросов химически опасных или радиоактивных веществ, продуктов горения при пожарах фильтровентиляция в сочетании с ионизацией окажется столь же эффективным способом очистки воздушной среды защитного сооружения, как в моделируемых условиях.

Литература

1. Постановление Правительства Российской Федерации «О порядке создания убежищ и иных объектов гражданской обороны» от 29 ноября 1999 г. № 1309.
2. Приказ МЧС России от 15 декабря 2002 г. № 583 «Об утверждении и введении в действие Правил эксплуатации защитных сооружений гражданской обороны».
3. СНиП II-11-77 «Защитные сооружения гражданской обороны».
4. СНиП 3.01.09-84 «Приемка в эксплуатацию законченных строительством защитных сооружений гражданской обороны и их содержание в мирное время».
5. Защитные сооружения гражданской обороны (устройство и эксплуатация). Учебно-методическое пособие /Под ред. Г.Н. Кириллова. - М.: Институт риска и безопасности. - 2003. - 320 с.
6. Саулова Т.А. Использование фитоионизации для очистки воздушной среды производственных помещений. Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук. Красноярск. - 2001. - 16 с.
7. Саулова Т.А., Бас В.И., Рогов В.А. Использование фитоионизации в системе жизнеобеспечения защитных сооружений //Проблемы архитектуры и строительства: Сб. ст. 21-ой региональной науч.-техн. конф. - Красноярск. - 2011. - С.51-55.

Сведения об авторах

Саулова Татьяна Алексеевна, - доцент кафедры безопасности жизнедеятельности Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Сибирский государственный технологический университет»; служебный адрес: 660049, Красноярск, пр. Мира, д. 82; контактный телефон 8 (923) 3042012, e-mail: totalsay@yandex.ru.

Бас Виталий Иванович, - доцент кафедры безопасности жизнедеятельности Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Сибирский государственный технологический университет»; служебный адрес: 660049, Красноярск, пр. Мира, д. 82; контактный телефон 8 (923) 3400068.

Рогов Вадим Алексеевич, - профессор кафедры безопасности жизнедеятельности Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Сибирский государственный технологический университет»; служебный адрес: 660049, Красноярск, пр. Мира, д. 82; контактный телефон 8 (903) 9245436, e-mail: sibstu@mail.ru.

ОПТИМАЛЬНАЯ ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПАВОДКА ПО МЕТОДУ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Кандидат техн. наук *Ш.Ф. Мутталибова, Р.М. Данзиев*
Азербайджанский университет архитектуры и строительства

Рассмотрена возможность применения метода линейного программирования для оптимальной оценки основных параметров паводка с использованием существующих эмпирических и теоретических моделей наводнения. Показана непригодность эмпирических моделей при выборе метода линейного программирования для оптимальной оценки параметров паводка.

Рассмотрена возможность использования динамических уравнений Сан – Венана для моделирования потока воды по каналу и по поверхности при различных вариантах аппроксимации волны. Указанная аналитическая модель паводка линеаризована в целях оптимальной оценки основных показателей паводка.

Известно, что для разработки усредненного гидрографа конкретного узла или местности достаточно иметь от 3 до 10 индивидуальных гидрографов местности. Показано, что это положение, в простейшем случае позволяет применить для оптимальной оценки основных параметров паводка метод линейного программирования с привлечением трех ограничительных условий и специально формируемой целевой функции.

Ключевые слова: гидрограф, линейное программирование, водоканал, паводки, дождевые осадки, наводнения, аналитическая модель, оптимизация.

OPTIMUM PROGNOSTIC ASSESSMENT OF FLOODING MAJOR PARAMETERS USING THE LINEAR PROGRAMMING METHOD

Ph. D. (Tech.) *Sh. F. Muttalibova, R.M. Danziyev*
Azerbaijan University for Architecture and Construction

In the article the possibility of utilization of linear programming method for optimum assessment of flooding major parameters using the empirical and theoretical models is considered. It is shown that known empirical models cannot be used for optimum assessment if the linear programming method of optimization is chosen. The possibility of utilization of Saint Venant dynamic equations for modeling of water flow on channel and on surface using different levels of wave approximation. This analytical model of flooding is linearized for optimum assessment of flooding major parameters. It is well-known that in order to develop the averaged hydrograph of concrete site or point the presence of no less than 3-10 individual hydrographs is sufficient. It is shown that this requirement allows us to use the method of linear programming for estimation major parameters of flooding using three limitation conditions and the special target function.

Key words: hydrograph, linear programming, water channel, flooding, rains, flooding, analytic model, optimization.

1. Введение

Известно, что моделирование гидродинамических течений является междисциплинарной задачей, для решения которой используются различные математические модели, эффективность которых обеспечивается при применении параллельных алгоритмов численных расчетов. Одной из важнейших задач при моделировании паводковой ситуации является определение момента времени появления пика уровня воды в конкретной точке русла прохождения водной массы [1]. В настоящее время процесс появления максимального уровня воды в фиксированной точке водоканала из-за дождевых осадков нередко изучается с помощью как эмпирических, так и аналитических моделей наводнения. Оперативное определение момента появления максимального уровня воды, а также других важных показателей движения водной массы имеет большое значение для своевременного проведения различных защитных мероприятий. Очевидно, что момент появления максимального уровня воды может быть определен путем непосредственного проведения измерений уровня воды в самом канале. Однако, возникающая при этом неопределенность результата измерений вследствие как взволнованности самого объекта измерения, так и погрешности метода измерения часто не позволяет оперативно оценивать наличие или отсутствие потенциала для дальнейшего увеличения уровня воды.

Целью настоящей работы является исследование возможности применения метода линейного программирования с использованием существующих эмпирических и теоретических моделей наводнения для прогнозной оценки основных показателей движения водного потока при паводке.

Прежде всего, рассмотрим некоторые существующие эмпирические и аналитические модели и возможность их применения в указанных целях.

2. Разработка метода для решения задачи исследования

Как указывается в работе [2], основным критерием применения того или иного метода прогнозирования максимальных уровней воды и времени их наступления является надежность и заблаговременность полученных результатов. При этом согласно [3] эмпирические методы прогноза, основанные на сопоставлении водомерных наблюдений, дают результаты, нередко по своей точности превосходящие результаты, получаемые по уравнениям Сан-Венана и Буссинеска. Одним из эмпирических методов, используемых для краткосрочного прогнозирования уровней воды является метод соответствующих уровней, суть которого заключается в установлении функциональной зависимости между уровнями воды в нижнем и верхнем створах [2]. Другой эмпирический метод [4] основывается на наличии сильной корреляции между максимальным уровнем воды в канале при дождевых осадках и значениями таких показателей, как: величина дренажного участка; длина канала; покатость канала; максимальная оценка дождевого осадка; величина непроницаемого участка и т.д. Например, согласно [4] максимальный поток воды в русле движения водной массы, появившейся в результате проливных дождей может быть оценен по формуле

$$Q_{st} = 2.65 \cdot DA^{0.659} \cdot Rain_{Avg}^{1.59} \cdot IA^{1.07} \quad (1)$$

где: Q_{st} – максимальная величина потока воды, в куб. футов в секунду,
 DA – площадь дренажного участка, в квадратных милях,
 $Rain_{Avg}$ – усредненная величина дождевого осадка, в дюймах,
 IA – долевая часть непроницаемого участка в процентах.

В работе [4] также приведена упрощенная формула для оценки максимального уровня единичного гидрографа в данной местности

$$Q_{VH} = 481 \cdot DA^{0.601} \quad (2)$$

где: Q_{VH} – максимальная величина единичного гидрографа в куб. футах в секунду,
 DA – дренажный участок, в квадратных милях.

При этом время задержки единичного гидрографа определяется по следующей формуле

$$T_{VH} = 0.642 \cdot DA^{0.408} \cdot Woods^{0.254} \quad (3)$$

где: T_{VH} – время задержки единичного гидрографа, т.е. временной промежуток между максимумом дождевого гидрографа и гидрографа узла, в часах,

DA – дренажный участок, в квадратных милях,

$Woods$ – характеристика землепользования в бассейне.

Пример использования статистических уравнений (1), (2) и (3) приведен в работе [4]. Практическая польза от уравнения (3) заключается в том, что проводя вычисления по этому уравнению можно в статическом смысле подсказать время появления максимального уровня воды в данной местности. Однако, как уже было отмечено, формулы (1) – (3) имеют среднестатистический и эмпирический характер, к тому же существенно нелинейны, что в принципе не позволяет их использование в оптимизационных процедурах с применением метода линейного программирования.

Вышеуказанное приводит к мысли о необходимости применения аналитических моделей для вычисления времени задержки и выработки условий, позволяющих применение метода линейного программирования для оптимизации оценки времени появления максимального уровня воды на данной местности, по водоканалу при выпадении дождей на дренажном участке.

Рассмотрим вышеуказанный вопрос на примере модели гидрографа речного бассейна на базе поверхностного диффузного потока воды [5]. Согласно [5], гидрограф дождевого осадка обычно содержит смесь подповерхностного и поверхностного потоков.

Необходимость в прогнозировании гидрографов местности особенно важна для городских зон, где убытки от наводнения особенно высоки. Хорошо известно, что в гидрологии широко используется динамические уравнения Сан – Венана (St. Venant) для моделирования потока воды по каналу и по поверхности при различном уровне аппроксимации волны [6]. Согласно работе [6], уравнения Сан-Венана описывают одномерное неустановившееся движение воды по открытому руслу под действием силы тяжести. При этом в каждом поперечном сечении канала поверхность течения горизонтальна, а эффекты сужения или расширения русла не учитываются. Согласно работе [7] при выводе этих уравнений был сделан ряд упрощающих предположений:

1. Скорость является постоянной по поперечным сечениям, и уровень воды в каждом сечении считается горизонтальным.
2. Вертикальной компонентой ускорения жидкости пренебрегают, т.е. распределение давления по глубине соответствует гидростатическому закону.
3. Влияние трения и особенности течения, связанные с турбулентным режимом движения, учитываются с помощью полуэмпирических зависимостей, применяемых для установившегося течения.
4. Наклон дна мал.

Как было показано в работе [8], при условии ступенчатого постоянства скорости волны и гидравлической диффузионности для различных уровней волновой аппроксимации

динамических уравнений можно сформулировать адвекционно – диффузионное уравнение, которое для случая одномерного канального потока в линейном идеальном водобассейне имеет следующий вид.

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + c \frac{\partial Q}{\partial x} = D \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} \quad (4)$$

В уравнении (4), Q является скоростью потока на расстоянии x от точки $x=0$, в направлении по течению. При этом предполагается, что в точке $x=0$ существуют дождевые осадки с эффективным значением $P_{eff}(L)$, $c\left(\frac{L}{t}\right)$ - скорость кинематической волны, $D\left(\frac{L^2}{t}\right)$ - диффузионность, отражающая тенденцию водяной волны к дисперсии по дол-

готе, при прохождении волны по направлению от места дождевых осадков, P_{eff} - количество воды, участвующее в поверхностном потоке при учете таких составляющих, как эвапотранспирация, инфильтрация, поглощение кроной растений, депрессионное хранение и др. потерь. Аналитическое решение уравнения (4) имеет следующий вид [8].

$$Q(x,t) = \frac{P_{eff} A}{2\sqrt{nD}} x t^{-\frac{3}{2}} e^{-\frac{(x-ct)^2}{4Dt}} \quad (5)$$

Время появления максимального уровня воды t_{max} определяется путем дифференцирования (5) по t . Согласно [4] получено

$$t_{max} = -\frac{3}{4}\alpha + \frac{3}{4}\alpha \sqrt{1 + \frac{16\beta}{2\alpha}} \quad (6)$$

где:

$$\alpha = \frac{4D}{c^2} ; \beta = \frac{x^2}{4D} \quad (7)$$

Рассмотрим возможность использования вышеизложенной аналитической модели поводка в целях оптимальной оценки времени появления максимального уровня воды в канале.

С учетом (6) и (7) получим

$$t_{max} = -\frac{3D}{c^2} + \frac{3D}{c^2} \sqrt{1 + \frac{x^2 c^2}{2D^2}} \quad (8)$$

Далее, в отличие от работы [8] принимаем следующее ограничительное условие

$$\frac{x^2 c^2}{2D^2} \gg 1 \quad (9)$$

С учетом выражений (8) и (9) получим

$$t_{max} = -\frac{3D}{c^2} + \frac{3x}{c\sqrt{2}} \quad (10)$$

Как видно, выражение (10) при $C = const$ представляет собой линейное уравнение от аргументов D и x .

Очевидно, что уравнение (10) также может быть записано в следующем виде

$$x = \frac{c\sqrt{2}}{3} t_{max} + \frac{\sqrt{2}D}{c} \quad (11)$$

Выражение (11) также является линейной зависимостью x от $t_{\max}$ и D при $C = \text{const}$. Следовательно, уравнения (10) и (11) пригодны для формирования задачи оптимальной оценки времени появления максимального уровня воды и других важных показателей паводка.

3. Решение задачи

Как отмечено в [4] для разработки усредненного гидрографа конкретного узла или местности достаточно иметь от 3 до 10 индивидуальных штурмовых гидрографов местности.

Это положение, в простейшем случае позволяет нам применить для оптимизации процедуры оценки $t_{\max}$ метод линейного программирования с привлечением трех ограничительных условий и специально формируемой целевой функции [9].

В случае использования уравнения (10) в качестве базового, ограничительные условия, составленные для случая $c_i = \text{const}$; $i = (\overline{1.3})$, имеют следующий вид

$$\begin{aligned} a_{11}D + a_{21}x &\leq t_{\max.\text{зад.1.}} \\ a_{12}D + a_{22}x &\leq t_{\max.\text{зад.2.}} \\ a_{13}D + a_{23}x &\leq t_{\max.\text{зад.3.}} \end{aligned} \quad (12)$$

$$\text{где: } a_{1i} = -\frac{3D}{c_i^2}; \quad a_{2i} = -\frac{3}{c_i\sqrt{2}}; \quad i = (\overline{1.3}). \quad (13)$$

$t_{\max.\text{зад.}}$ - заданное ограничительное значение $t_{\max}$.

В случае применения уравнения (11) в качестве базового можем записать аналогичные ограничительные условия

$$\begin{aligned} b_{11} \cdot t_{\max} + b_{21}D &\leq x_{\text{зад.1}} \\ b_{12} \cdot t_{\max} + b_{22}D &\leq x_{\text{зад.2}} \\ b_{13} \cdot t_{\max} + b_{23}D &\leq x_{\text{зад.3}} \end{aligned} \quad (14)$$

$$\text{где: } b_{1i} = \frac{c_i\sqrt{2}}{3}; \quad b_{2i} = \frac{\sqrt{2}}{c_i}; \quad i = (\overline{1.3}) \quad (15)$$

Целевая функция оптимизации, соответствующая ограничительным условиям (12) имеет следующий вид

$$F_1 = a_{10}D + a_{20}x \quad (16)$$

где: a_{10} и a_{20} – заданные постоянные коэффициенты, характеризующие конкретные условия в конкретно выбранной местности канала; $F_1 = t_{\max}$ – величина времени появления максимальной воды в канале, которая по условию оптимизации должна достичь максимальной величины.

Целевая функция оптимизации, соответствующая ограничительным условиям (14) имеет следующий вид

$$F_2 = b_{10} \cdot t_{\max} + b_{20} \cdot D \quad (17)$$

где: b_{10} и b_{20} – заданные постоянные коэффициенты, характеризующие конкретные условия в момент появления максимального уровня воды; $F_2 = x$ – координата местности, где ожидается максимальный уровень воды.

Решение двух модификаций оптимизационной задачи линейного программирования может быть осуществлено как при помощи специальной программы вычислений, так и графически.

Условное примерное графическое решение первой модификации задачи оптимизации приведено на рис.1, где приняты следующие обозначения:

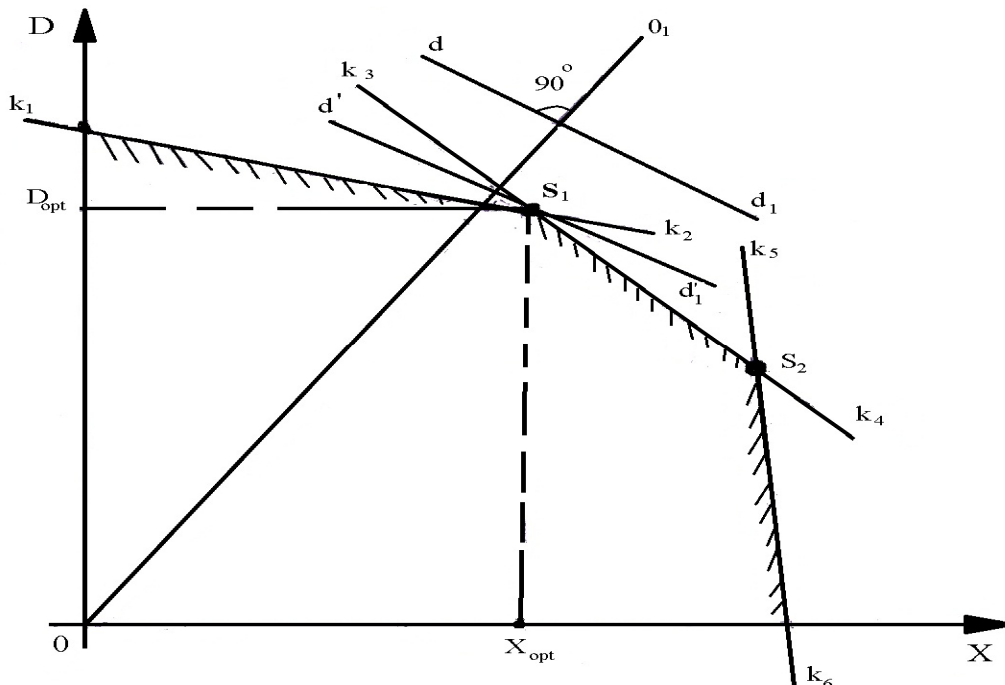


Рис.1 Графическое отображение решения оптимизационной задачи линейного программирования

k_1k_2 – ограничительная линия соответствующая первому неравенству в группе выражений (12); k_3k_4 – ограничительная линия соответствующая второму неравенству в группе (12); k_5k_6 – ограничительная линия соответствующая третьему неравенству в группе (12); oo_1 – центральная линия образованная на основе выражения (16) при $F_1=0$; dd_1 – основные опорные плоскости перпендикулярной oo_1 ; S_1 – узловая точка, образованная в результате пересечения сдвинутой линии dd_1 до показания $d'd'_1$, а также линий k_1k_2 и k_3k_4 .

S_2 – вторая узловая точка, образованная в результате пересечения линии k_3k_4 и k_5k_6 . D_{opt} и x_{opt} – оптимальные значения искомых координат d и x при которых t_{max} может достичь наибольшее значение при соблюдении условия (12).

Решение второй сформулированной выше модификации оптимизационной задачи осуществляется аналогичным образом и не требует дополнительного пояснения.

4. Заключение

Таким образом, показано, что существующие эмпирические уравнения, характеризующие условия конкретной местности, обычно существенно нелинейные, что делает невозможным их использование для оптимизации оценки показателей паводка для конкретной местности с применением метода линейного программирования. Существующие аналитические уравнения для вычисления показателей движения водной массы при определенных условиях могут быть линеаризованы, что позволяет применение метода линейного программирования для нахождения оптимальных значений искомых параметров паводка.

Литература

1. Храпов С.С., Хоперсков А.В., Писарев А.В., Кобелев И.А., Воронин А.А., Елисеева М.В. Моделирование гидрологического режима Волго-Ахтубинской поймы в период весеннего паводка с использованием программного комплекса «ЭКОГИС». http://infomod.ru/files/Inter_Carto-18-print.pdf
2. Апухтин А.В., Михалов И.Ю. Краткосрочное прогнозирование максимальных уровней воды и времени их наступления для р. Оскол у г. Валуйки. Гелиогеофизические исследования, вып.8, стр.31-33, 2014.
3. Аполов Б.А. Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курск гидрологических прогнозов-Л.: Гидрометеиздат. -1974 -421 с.
4. Weaver J.C. Methods for Estimating Peak Discharges and Unit Hydrographs for Streams in the City of Charlotte and Mecklenburg County, North Carolina. U.S.GEOLOGICAL SURVEY. Water-Resources Investigations Report 03-4108. Raleigh, North Carolina. - 2003. <http://nc/water.usgs.gov>.
5. Yang Y , Endreny T.A. Watershed hydrograph model based on surface flow diffusion. Water Resources Research, Vol, 49, pp.507-516. - 2013.
6. Карепова Е.Д., Федоров Г.А. Моделирование неустановившегося движения воды в нижнем бьефе Богучанской ГЭС. Вычислительные технологии. Том 13, специальный выпуск 2. - 2008, стр. 28-39
7. Никишов В.И. От гидравлики открытых потоков к гидромеханике речных систем. Прикладная гидромеханика. - 2007. Том 9, №2-3, с.103-121
8. Yen, B., Tsai C.W. On nonimetric wave versus diffusion wave in flood routing, Journal of Hydrology, 244/91, pp. 97-104. - 2001.
9. Шевченко В.Н., Золотых Н.Ю. Линейное и целочисленное линейное программирование. - Нижний Новгород: Издательство Нижегородского госуниверситета им. Н.И. Лобачевского. - 2004.-154 с.

Сведения об авторах

Мутталибова Шафаг Фируддин гызы, - доцент Азербайджанского университета архитектуры и строительства, shafmut@mail.ru, тел. 994504161424, раб. Адрес. AZ1073, ул. Айны Султановой, 5.

Данзиев Рамал Мирзагасан оглы, - аспирант Азербайджанского университета архитектуры и строительства, danziyev1985@rambler.ru, тел. 994503546589

УДК 355.58 (О82)

ОСОБЕННОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ЛЕСОТОРФЯНЫХ И ТОРФЯНЫХ ПОЖАРОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Доктор сельхоз. наук, кандидат техн. наук *Ю.В. Подрезов*

ФБГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)

Московский физико-технический институт

(государственный университет)

Проанализированы особенности возникновения и развития лесоторфяных и торфяных пожаров в Российской Федерации и их влияние на безопасность населения, объектов экономики и окружающей природной среды.

Ключевые слова: безопасность в чрезвычайных ситуациях; безопасность населения; безопасность объектов экономики; безопасность территории; лесной пожар, лесопожарная обстановка; степной пожар; торфяной пожар; тушение пожара.

FEATURES OF OCCURRENCE AND DEVELOPMENT OF FOREST AND PEAT AND PEAT FIRES IN THE RUSSIAN FEDERATION

Dr. of agricultural sciences, Ph.D (Tech), *J.V. Podrezov*

FC VNII GOCHS EMERCOM of Russia

Moscow Institute of physics and technology (state University)

Analyzes the emergence and development of forest and peat and peat fires in the Russian Federation and their impact on the population, economic facilities and environment.

Key words: security in emergencies; public safety; security of property; security areas; forest fire, forest fire situation; Prairie fire; peat fire; fire fighting.

Данные литературных источников свидетельствуют о том, что лесоторфяные и торфяные пожары наносят, прежде всего, вследствие задымления больших территорий, включая территории городов, большой вред здоровью людей, а порой и приводят к человеческим жертвам. Например, по данным Минздравсоцразвития России, указанные пожары летом 2010 г. повлияли на общий показатель смертности за год - в целом за 2010 год количество умерших выросло на 20 тыс. человек сравнению с 2009 годом. Указанными пожарами наносится и значительный ущерб окружающей природной среде. Таким образом, можно сделать вывод о том, что лесоторфяные и торфяные пожары являются серьезной природной опасностью, угрожающей безопасности населения, объектам экономики и окружающей природной среды [1-18].

Что же относят к лесоторфяным и торфяным пожарам? Лесоторфяные и торфяные пожары – это подземные (почвенные) пожары являются разновидностью ландшафтных пожаров, возникающих спонтанно: либо за счет самовозгорания торфа, либо в результате воздействия лесного пожара, либо по антропогенным причинам - нарушения правил по-

жарной безопасности людьми. Почвенный пожар развивается в результате "заглубления" огня низового пожара в подстилку и торфяной слой почвы [1-2].

Почвенные пожары подразделяются на: **подстильногумусный**, при котором горение распространяется на всю толщину лесной подстилки и гумусного слоя, и **подземный, или торфяной**, при котором горение распространяется по торфянистому горизонту почвы или торфяной залежи под слоем лесной почвы. При таком пожаре сгорают корни, деревья вываливаются и падают, как правило, вершинами к центру пожара. Пожарище в большинстве случаев имеет круглую или овальную форму. Скорость распространения огня незначительна - от нескольких десятков сантиметров до нескольких метров - десятков метров, а иногда и более, в сутки. По данным исследований, территориально лесоторфяные и торфяные пожары представляют наибольшую опасность в Московской, Тверской и Ленинградской областях, на Дальнем Востоке, где расположены большие залежи торфа. Сами же торфяные залежи и имеют мощность (глубину) до 5-8 м и более (иногда более десяти метров), а глубина проникновения огня - достигает 3 м и более.

Кроме того, отличительной чертой таких пожаров является длительность горения, которое может продолжаться месяцы и даже годы. Следует отметить, что на интенсивность горения атмосферные осадки влияют только на начальной стадии пожара или при малой мощности торфа. После проникновения огня внутрь торфяного горизонта его распространение ограничивается только влажностью нижних и верхних слоев органического вещества. Лесоторфяные и торфяные пожары редко охватывают площади, сравнимые с площадями лесных и степных пожаров, и часто происходят на бросовых, с хозяйственной точки зрения, землях (выработанных или просто заброшенных торфяных месторождениях, убитых осушением торфяниках). Вместе с тем, с точки зрения проблем для населения такие пожары - наиболее опасный вид пожаров на природных территориях: с единицы площади они выбрасывают в атмосферу в сотни раз больше дыма, чем лесные или степные, и в этом дыме содержится намного больше опасных для здоровья и жизни людей компонентов.

Долгое время считалось, что лесоторфяные и торфяные пожары появляются на осушенных торфяниках и брошенных торфяных месторождениях только в летнюю жару, после просыхания поверхности торфа. Поэтому на появление небольших очагов тления торфа весной, когда проводились массовые палы прошлогодней травы, как правило, никто не обращал внимания, и, соответственно, своевременные меры по их ликвидации не принимались. Все это заканчивалось тем, что к периоду летней жары очаги тления торфа, возникшие от палов сухой травы, расширялись и заглублялись настолько, что ликвидация их уже требовала значительных сил и средств, которых зачастую просто не было в распоряжении местных и региональных властей. Кроме того, к лету источников воды на осушенных торфяниках оставалось совсем мало, что еще больше усугубляло ситуацию [1-18].

Следует отметить, что тушение лесоторфяных и торфяных пожаров крайне затруднительно, а часто и не возможно, т.к. водоудерживающая способность торфа исключительно велика и для его увлажнения требуются очень большие объемы воды. Обычно пожарам подвергаются торфяники, которые человек осушает для добычи торфа или повышения продуктивности заболоченного леса.

Так, лесные и торфяные пожары сезона 2002 года вызвали достаточно редкое явление - интенсивное задымление г. Москвы. При этом, первое серьезное задымление г. Москвы наблюдалось в конце июля, но было относительно кратковременным и до конца августа 2002 года задымление города наблюдалось только в отдельные дни. Позже в конце августа Москва оказалась в условиях продолжительного интенсивного

задымления, которое с редкими перерывами продолжалось до 10 сентября. После 2002 года на территории области оставались непотушенными около 20 торфяников, которые тлели всю зиму на глубине 16-18 метров. Но до 1 мая 2003 года в Московской области были потушены все тлеющие торфяники. Благодаря прохладной погоде число лесоторфяных пожаров в Подмосковье в 2003 году по сравнению с 2002 годом уменьшилось в 18 раз [16].

Тяжелая обстановка с лесоторфяными и торфяными пожарами в России сложилась и летом 2010 года, когда над Россией более двух месяцев находился мощный летний антициклон, не имеющий аналогов за период наблюдений, а Европу в это время заливали дожди. В июле-августе 2010 года на всей территории европейской части страны из-за малоподвижного антициклона установилась аномальная жара, рекордная за более чем 130-летнюю историю метеонаблюдений. Почти во всех регионах РФ температура воздуха приближалась к 40-градусной отметке, а в отдельных областях превышала этот показатель. Вследствие экстремальной жары ухудшилась экологическая обстановка, активизировались торфяные и лесные пожары - всего было зафиксировано 34,8 тыс. очагов природных пожаров общей площадью около 2 млн. га, в том числе более 1 тыс. торфяных [18].

Исходя из сложившейся обстановки в августе 2010 года президент РФ специальным указом объявил чрезвычайную ситуацию в семи регионах страны, где положение было особенно серьезным - в республиках Марий Эл и Мордовия, Владимирской, Воронежской, Московской, Нижегородской и Рязанской областях. По информации МЧС России, всего от пожаров и вызванного ими смога пострадали 17 регионов, более 2,5 тыс. семей остались без крова, более 60 человек погибли в огне и от отравления продуктами горения, ущерб оценивался в 85,5 млрд. руб. Из доклада бывшего министра здравоохранения и социального развития Татьяны Голиковой следовало, что аномальные погодные условия июля - августа 2010 г. повлияли на общий показатель смертности за год (в целом за 2010 год количество умерших выросло на 1% по сравнению с 2009 годом) [18].

Как было сказано выше, сложная обстановка с лесоторфяными и торфяными пожарами сложилась летом 2010 года и в Московской области. МЧС России выделило 12 районов севера, востока и северо-востока области в качестве наиболее опасных территорий с точки зрения торфяных пожаров.

Счетная Палата Российской Федерации совместно с Контрольно-счетной палатой Московской области осуществила «Комплексный анализ эффективности системы предотвращения торфяных пожаров в Московской области». По его результатам причинами серьезных пожаров летом 2010 года в Подмосковье названы недостаточность принятых превентивных мер, позднее принятие органами местного самоуправления решений об объявлении чрезвычайной ситуации и о привлечении сил и средств, а также отсутствие материальных ресурсов [18].

Вместе с тем, одной из основных причин, приведших к масштабным торфяным и лесоторфяным пожарам в 2010 году на территории области явилось резкое сокращение штатного состава в лесничествах. Так, в лесничествах Луховицкого муниципального района количество сотрудников уменьшилось в 47 раз за 10 лет - с 660 человек в 1990 году до 14 человек в 2010 году. По этой причине невозможно было своевременно производить очистку лесных территорий от сухостоя и валежника, который копился в лесах годами [18].

Счетная Палата сделала необходимые выводы, и считает, что природные пожары 2010 года на территории Московской области, носившие характер циклического стихийно-

го бедствия, выявили существенные проблемы в организации системы пожарной безопасности.

После 2010 года в Московской области проведены серьезные мероприятия в целях реорганизации системы пожарной безопасности, в том числе и повышения технической оснащенности противопожарной службы.

Только в период с 2010 по 2012 год в Подмоскowie общая численность лесничих достигла 1200 человек, была организована работа 21 пожарно-химической станции, создано специализированное федеральное бюджетное учреждение «Центрлес», оснащенное специальной техникой, в котором работают 480 человек. В дополнение к этому, для оперативного контроля за развитием лесопожарной обстановки на территории Московской области создан круглосуточный региональный диспетчерский пункт, установлено 33 наблюдательные вышки, из которых 21 оборудована тепловизионными установками. При этом значительно обновилась техника в лесничествах области, разработаны оперативные планы тушения огня и маршруты наземного патрулирования протяженностью почти 30 тысяч километров. На территории Московской области в 2010-2011 годах проведены работы по обводнению торфяников общей площадью 27,3 тыс. га [18].

В прошлые годы было несколько скандальных историй, когда появлявшиеся весной очаги тления торфа сначала скрывались, а к летней жаре разрастались в крупномасштабные лесоторфяные пожары, что заставило МЧС России (а большинство брошенных торфяников находятся не в лесах, то есть пожары на них в той или иной степени подведомственны противопожарной службе и МЧС России) пересмотреть свое отношение к этой проблеме и навести порядок. Практика показала, что уже 2012 году территориальные органы МЧС России реагировали на сообщения о весенних торфяных пожарах совершенно иначе, чем в предыдущие годы - в большинстве случаев принимали вполне действенные меры по тушению торфяников, постепенно набираясь практического опыта. Случаи, когда территориальные и местные органы МЧС России игнорировали сообщения о начинающихся весной торфяных пожарах, все еще встречаются - но если до 2011 года включительно такие случаи были обычной практикой, то сегодня они представляют редчайшие исключения.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что для защиты населения и территорий, обеспечения их безопасности необходима организация оперативной комплексной системы реагирования и борьбы с лесоторфяными и торфяными пожарами в целях их предотвращения, своевременного обнаружения, тушения и недопущения перерастания в чрезвычайные ситуации.

Литература

1. Щетинский Е.А. Спутник руководителя тушения лесных пожаров. М: ВНИИЛМ. - 2003, 75 с.
2. Никитин Ю.А., Рубцов В.Ф. Предупреждение и тушение пожаров в лесах и на торфяниках. – М.: Россельхозиздат. - 1986.
3. Щетинский Е.А. Тушение лесных пожаров (пособие для лесных пожарных).- М.: ВНИИЦлесресурс. - 1994.
4. Лесная энциклопедия в 2-х томах. – М.: Сов. Энциклопедия. - 1985.
5. Подрезов Ю.В. Методологические основы оценки и прогнозирования последствий чрезвычайных лесопожарных ситуаций. “Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях”. Выпуск № 4.- М.: ВИНТИ. - 2000.

6. Подрезов Ю.В. Методологические основы прогнозирования динамики чрезвычайных лесопожарных ситуаций. “Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях”. Выпуск № 3.- М.: ВИНТИ. - 2000.
7. Подрезов Ю.В. Диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук на тему: “Методологические основы прогнозирования динамики и последствий чрезвычайных лесопожарных ситуаций”. - М.: Московский государственный университет леса. - 2005г.
8. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук на тему: “Методологические основы прогнозирования динамики и последствий чрезвычайных лесопожарных ситуаций”. - М.: Московский государственный университет леса. - 2005г.
9. Агеев С.В., Подрезов Ю.В., Романов А.С., Юдин С.С. «Анализ современного состояния мониторинга лесных пожаров в Российской Федерации». Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций», № 1 за 2015 год.
10. Подрезов Ю.В. Анализ особенностей загрязнения атмосферы городов. Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций». Выпуск №2.- М.: ВИНТИ. - 2013.
11. Агеев С.В., Подрезов Ю.В., Романов А.С., Донцова О.С. «Анализ особенностей состояния атмосферы крупных городов. Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций», № 3 за 2015 год.
12. Подрезов Ю.В., Тимошенко З.В. «Анализ особенностей современных способов борьбы с лесными пожарами и чрезвычайными лесопожарными ситуациями». Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций», №2 за 2014 год.
13. Агеев С.В., Подрезов Ю.В., Романов А.С., Юдин С.С. «Методические особенности лесопожарного прогнозирования». Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций», №3 за 2014 год.
14. Тишков А.А. Торфяные (подземные) пожары. – <http://biodat.ru/vart/doc/gef/AC10a1/html>.
15. Что изменилось в 2013 году в охране лесов России от пожаров. Лесной форум Гринпис России, 16.06.2013. - <http://www.forestforum.ru/viewtopic.php?t=15007>.
16. <http://ria.ru/spravka/20100714/254723376.html>.
17. <http://www.umocpartner.ru/press-centr/news/schetnaya> - palata-rossii-provelea-kompleksnyjj-analiz-ehffektivnosti-sistemy-predotvrashheniya-torfyanykh.
18. <http://tass.ru/info/1352655>.

Сведения об авторе

Подрезов Юрий Викторович, - старший научный сотрудник, главный научный сотрудник ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ); Москва, ул. Давыдовская, д.7, заместитель заведующего кафедрой Московского физико-технического института (государственного университета). Тел.: 8-903-573-44-84, (495)449 90 25, 8 967 096 85 95, E-mail:uvp4@mail.ru

УДК. 656.7.081

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ СУДНОМ В СЛУЧАЯХ АВИАЦИОННЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

Доктор техн. наук **Ю.В. Попов, И.А. Уваров**

Научно-исследовательский центр Эксплуатации и ремонта авиационной техники

Проведена оценка работоспособности систем управления воздушным судном при расследовании авиационных происшествий. Приведена классификация систем управления воздушным судном. Представлены методы оценки работоспособности систем управления воздушным судном при расследовании авиационных происшествий. Показано, что для современных систем управления воздушным судном, которые построены по принципу «летать по проводам», методы оценки работоспособности при расследовании авиационных происшествий отсутствуют. В статье делается предложение о разработке методов оценки работоспособности систем управления воздушным судном с использованием зарегистрированной информации бортовым устройством регистрации.

Ключевые слова: система управления воздушным судном, авиационное происшествие, бортовое устройство регистрации, летать по проводам, метод оценки работоспособности.

RESEARCH OF CONTROL SYSTEMS BY AN AIR VESSEL IN CASE OF AVIATION INCIDENTS

Dr. (Tech.) **Yu.V. Popov, I.A. Uvarov**

Research Centre for the maintenance and repair of aircraft

Article is devoted estimations of serviceability to control systems of an air vessel at investigation aviation incidents. Classification of control systems by an air vessel is given. Methods of an estimation of serviceability of control systems are submitted by an air vessel at investigation of aviation incidents. It is shown, that for modern control systems of an air vessel which are constructed by a principle «to fly on wires», methods of an estimation of serviceability at investigation of aviation incidents are absent. In article it is done offers on development of methods of an estimation of serviceability of control systems by an air vessel with use of the registered information by the onboard device of registration.

Key words: control system of an air vessel, aviation incidents, the onboard device of registration to fly on wires, a method of an estimation of serviceability.

Система управления воздушным судном (СУВС) предназначена для обеспечения заданной траектории полета воздушным судном (ВС). СУВС представляет собой сложный комплекс, состоящий из большого количества разнородных механических, гидравлических, электрических, электронно-вычислительных взаимосвязанных устройств. Такое оснащение СУВС вызывает большие трудности в установлении причин их отказов. К тому же установление причин отказов СУВС в значительной степени усложняется при расследовании авиационных происшествий (АП). Любое событие, уже имевшее место, может быть познано, исследовано единственным образом – реконструкцией его в целом, его важнейших обстоятельств, в частности, по тем изменениям, которое оно произвело

вовне. АП сопровождаются большими разрушениями конструкции и пожарами, которые иногда приводят к полному уничтожению значительного количества агрегатов, узлов и деталей конструкции авиационной техники. Кроме того, выявление закономерностей функционирования отказавших или исправных СУВС при АП усложняется и тем, что в замкнутый контур системы управления в качестве одного из динамических звеньев включен человек-оператор (летчик). Обратная связь между параметрами полета ВС и летчиком не является жесткой. Поэтому при изучении СУВС летчик в замкнутом контуре управления описывается приближенными методами [1].

1. Классификация систем управления воздушным судном

Для разработки рекомендаций по исследованию СУВС при расследовании АП проведем их классификацию. СУВС имеют устойчивые, постоянные признаки деления. Эти признаки во всем многообразии существующих СУВС кроются в функциональном предназначении, как в целом системы управления, так и отдельных ее элементов. В свою очередь функциональное предназначение конкретной системы управления или ее элементов зависит от конструктивных составляющих, которые выполняют самостоятельные функции. В связи с этим в основу классификации СУВС положен принцип их разделения по видоизменению конструктивного исполнения и функционального назначения. Поэтому классификация СУВС непосредственно вытекает из рассмотрения и анализа элементов систем управления, их характеристик и назначения. Несмотря на большое разнообразие разработанных за последнее время ВС, их СУВС можно классифицировать по трем основным типам [2] – неавтоматическая с механической проводкой, полуавтоматическая с механической проводкой и автоматическая система с электрической проводкой (рис. 1).

При неавтоматической системе - управление осуществляется непосредственно летчиком. Летчик посредством мускульной силы приводит в действие органы управления и устройства, обеспечивающие создание и изменение управляющих сил и моментов на изменение траектории полета ВС. Неавтоматические СУВС могут быть механическими и гидромеханическими (рис. 2).



Рис. 1. Классификация СУВС по принципу действия и конструктивному исполнению

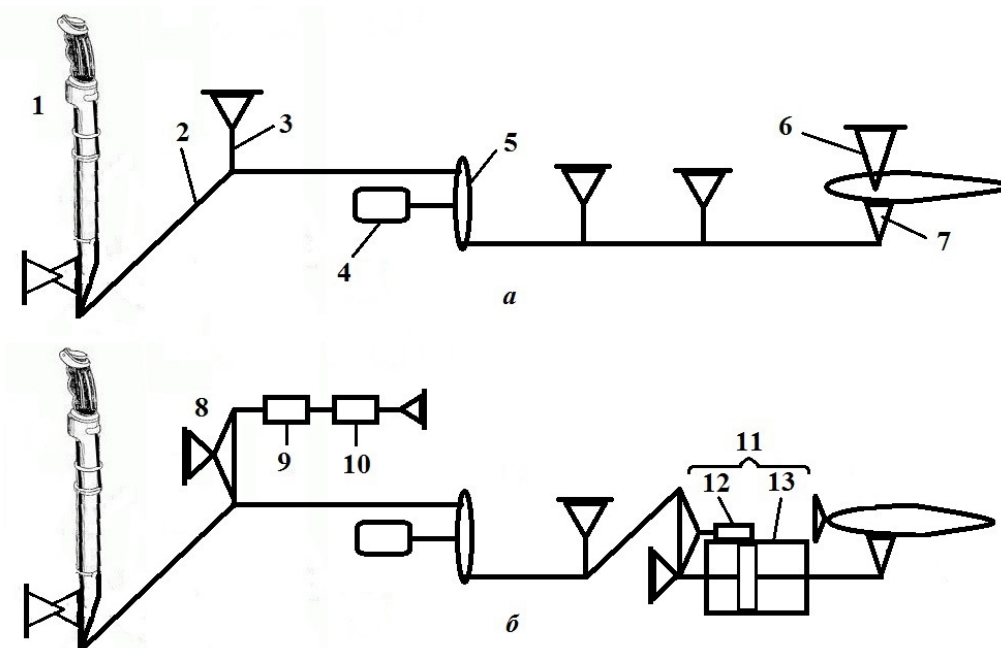


Рис.2. Неавтоматическая механическая (а) и гидромеханическая (б) СУВС:

- 1 – командный рычаг управления; 2 – тяга проводки управления; 3 – качалка или роликовая направляющая; 4 – балансир массы проводки управления; 5 – двуплечая качалка, компенсирующая температурные изменения длины гермоотсека фюзеляжа; 6 – кронштейн навески руля; 7 – рычаг управления руля; 8 – двуплечий рычаг; 9 – пружинный загрузчик командного рычага; 10 – механизм триммирования (снятия нагрузки); 11 – рулевой привод; 12 – гидравлический золотник; 13 – гидроцилиндр

Механические системы - это первые самолётные системы, на базе которых созданы все современные СУВС. Балансировка и управление в этих системах осуществляется непосредственно мускульной силой летчика в течение всего полёта.

В неавтоматической СУВС летчик, оценивая обстановку по приборам, обеспечивает выработку управляющих импульсов и с помощью командных рычагов через проводку управления отклоняет рулевые поверхности, удерживая их в нужном положении своей мускульной силой. Таким образом, при неавтоматической СУВС образуется замкнутый контур «приборы—летчик—органы управления—самолет». Качество управления ВС в этом случае зависит не только от точности показаний приборов, но и в значительной мере от занятости, физической нагрузки и субъективных качеств летчика.

Неавтоматические СУВС в общем случае включают:

- ручку управления самолетом, педали – командные рычаги управления (КРУ);
- средства формирования загрузки КРУ;
- проводку управления;
- систему регулирования передаточного отношения проводки управления;
- рулевые приводы (РП);
- органы управления.

Полуавтоматическая СУВС состоит из механической системы с автоматизацией. На рис. 3 приведены полуавтоматические СУВС, которые можно классифицировать по уровню автоматизации:

- механическая система с минимальной автоматизацией;
- механическая система с автопилотом и автоматом безопасности полета;
- механическая система с системой автоматического управления.

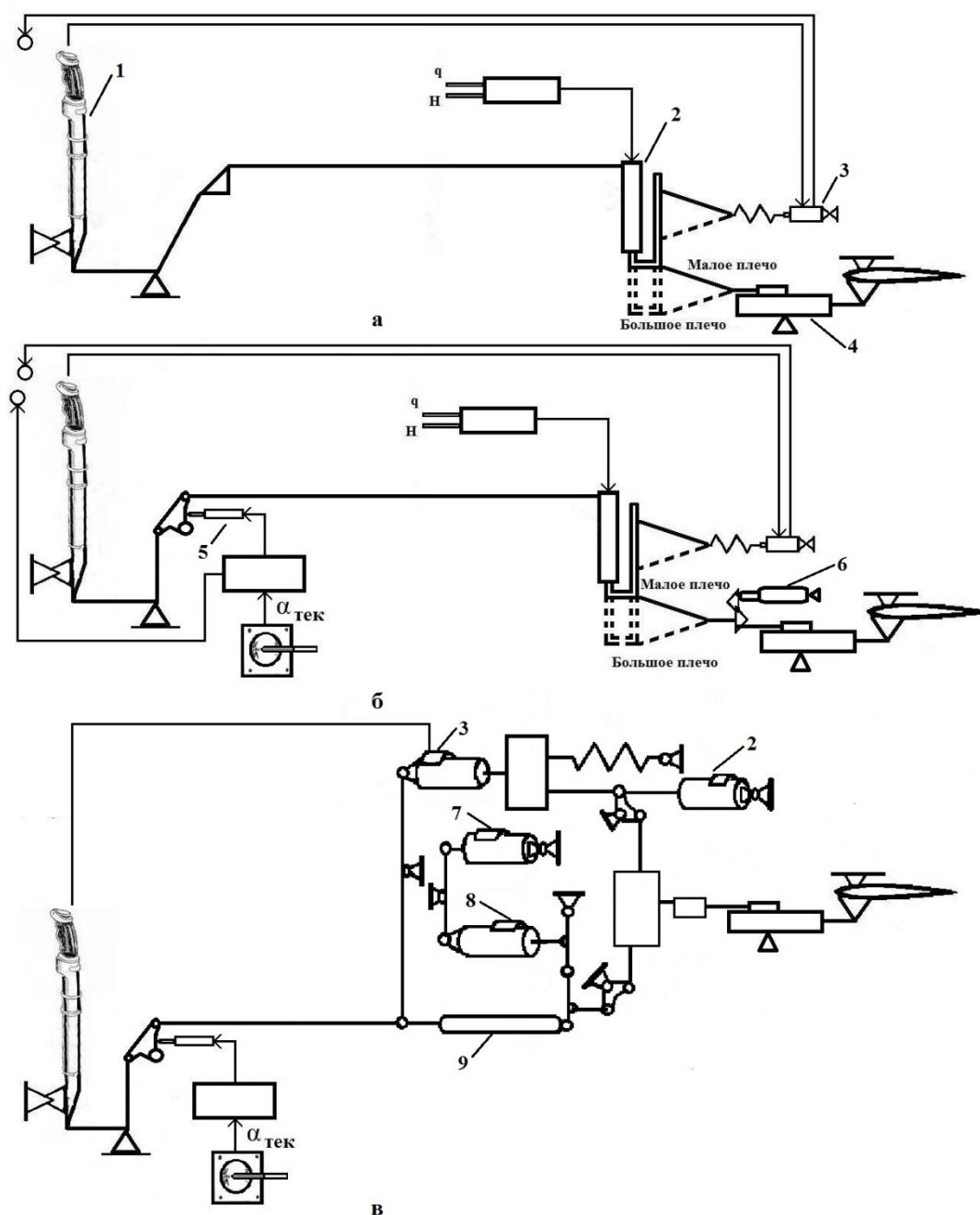


Рис. 3. Полуавтоматическая СУВС с минимальной автоматизацией (а), с автопилотом и автоматом безопасности полета (б), с системой автоматического управления (в):
1 – командный рычаг управления; 2 – автомат регулирования управлений; 3 – механизм триммирования; 4 – рулевой привод; 5 – автомат безопасности полета; 6 – рулевой агрегат управления; 7 – рулевой агрегат управления АПУС; 8 – рулевой агрегат управления САУ; 9 – нелинейный механизм

В системах данного типа управление осуществляется летчиком: сигналы летчика, сформированные КРУ, преобразуются, и усиливаются различного рода автоматами и усилителями, которые обеспечивают оптимальные характеристики устойчивости и управляемости ВС. В системе управления стабилизатором, кроме того, используется автомат регулирования управления, который изменяет величину нагрузки в зависимости от высоты и скорости полета. Регулирование передаточного числа проводки управления

при изменении режима полета приводит к тому, что в зависимости от скорости и высоты полета изменяется располагаемый диапазон отклонения стабилизатора.

Для повышения безопасности полета в СУВС применяются автоматы, которые при подходе к опасному режиму полета выдают команду на отклонение органов управления, препятствующих выходу на эти режимы. На рис. 3 показана функциональная схема автомата безопасности, предотвращающего выход самолета на критические углы атаки. Поскольку для каждого самолета величина критического угла атаки известна, его значение может быть заложено в «память» бортового вычислителя. При приближении самолета к критическому углу атаки вычислитель, сравнивая текущие значения угла атаки с критическим углом, формирует управляющую команду на отклонения КРУ.

Для улучшения динамических свойств ВС при ручном управлении используются автоматы демпфирования. Автоматы демпфирования могут устанавливаться как во все, так и в определенные каналы системы управления. Структурно-функциональная схема этих автоматов принципиально одинакова. Датчик воспринимает возмущения ВС, которые требуется уменьшить или погасить, и вырабатывает сигнал, пропорциональный данному возмущению. Пройдя через усилитель, этот сигнал поступает на исполнительное устройство – рулевой агрегат управления (РАУ). РАУ перемещает свой шток, вызывая перемещение золотника рулевого привода и через него отклонение органа управления, на парирование возмущения ВС. Шток РАУ будет перемещаться до тех пор, пока сигнал обратной связи не уравнивает управляющий сигнал. РАУ включается в проводку управления последовательно или параллельно.

При ручном управлении ВС от летчика требуется больших и длительных физических напряжений, а точность управления ограничивается субъективными данными летчика. Полет ВС может быть разложен на ряд типовых этапов. Для большинства из них характерным является поддержание постоянным значения (стабилизация) того или иного параметра полета. Процесс длительной стабилизации утомителен для летчика, поэтому на борту устанавливают автопилот, который осуществляет функции стабилизации углового положения ВС и траекторных параметров - высоты, скорости, курса, линии заданного пути. Структура автопилота определяется перечнем параметров, которые необходимо стабилизировать. Автопилот стабилизирует ВС путем воздействия на его органы управления. Структурно-функциональные схемы каналов автопилотов различных конструкций одинаковы. Они состоят из следующих элементов: измерительного, задающего, вычислительного, согласующего, исполнительного и корректирующего. Автопилоты обеспечивают полную автоматизацию отдельных этапов полета, освобождая летчика от непосредственного участия в управлении самолетом. Вопрос о необходимости включения автопилота решается летчиком. На ВС с автопилотом сохраняется механическая система управления и в этом случае предусматривается возможность перехода на ручное управление летчиком. В кабине сохраняются КРУ связанные с управляющими поверхностями проводкой управления, поэтому летчик может управлять ВС вручную, ориентируясь визуально или по приборам.

Автопилоты занимают промежуточное положение между системами ручного и автоматического управления. Системы автоматического управления (САУ) представляет собой объединение разнообразных автоматических устройств и представляет собой совокупность электронно-вычислительных, электрических, гидравлических и механических устройств, обеспечивающих решение следующих задач:

- пилотирования летчиком ВС в неавтоматическом режиме или в полуавтоматическом режиме;

- автоматического управления ВС на различных режимах и этапах полета, в том числе наведения и навигации;
- создания достаточной мощности для отклонения органов управления;
- реализации на ВС необходимых (заданных) характеристик устойчивости и управляемости ВС;
- стабилизации установленных режимов полета;
- повышения безопасности полета путем своевременного оповещения летчика о подходе к опасным (по скорости, высоте, перегрузкам, углам атаки, скольжения и крена и другим параметрам) режимам полета и выдачи команд на отклонение органов управления, препятствующих выходу на эти режимы.

Законы управления САУ для различных ВС могут совпадать. Аэродинамические характеристики ВС оказывают влияние лишь на параметры САУ, ее передаточные числа, а также через систему ручного управления на принцип ее включения в СУВС и ее исполнительные механизмы.

Для повышения устойчивости по углу атаки ВС используется автомат продольной устойчивости (АПУС). АПУС обеспечивает автоматическое дополнительное отклонение стабилизатора без вмешательства летчика при достижении ВС определенного угла атаки.

Для предотвращения сваливания ВС в САУ включают автомат безопасности, предотвращающего выход самолета на критические углы атаки.

Проведенный анализ СУВС показывает, что по мере совершенствования ВС структура СУВС насыщалась новыми устройствами и системами, необходимость которых была обусловлена особенностями статических и динамических характеристик ВС. Проблема устойчивости и управляемости ВС при переходе на сверхзвук стали определяющими. Механическая система управления не позволяет обеспечить необходимое качество управления неустойчивым ВС, поэтому на современных ВС используются автоматические системы управления с электрической проводкой. Механическая система управления имеет ряд достоинств: надежность, стабильность характеристик, малая чувствительность к параметрам внешней среды (температуре, давлению, электромагнитным излучениям различного рода и т.д.). Однако использование для передачи управляющих сигналов механической системы управления не позволяет обеспечить необходимое качество управления неустойчивым ВС (точность и быстродействие в отработке большого количества управляющих сигналов от летчика), вследствие присущих ей недостатков: инерционность, люфты, упругости, трения и других нелинейностей. Механическая система управления имеет большой вес и требует тщательной маршрутизации проводки через ВС.

Для устранения большинства недостатков механической системы управления на ВС стали применяться системы управления полетом, построенные по принципу «летать по проводам» (fly-by-wire) [3]. Передача управляющих сигналов от летчика к органам управления в таких системах, осуществляется электродистанционным способом. В результате появилась автоматическая система управления с электрической проводкой. В настоящее время автоматическая система управления с электрической проводкой управления применяется на всех современных ВС. На рис. 4 приведены автоматические системы управления с электрической проводкой, которые классифицируются по структуре и составу следующим образом:

- система дистанционного управления с механической системой управления (а);
- аналоговая и цифровая система дистанционного управления (б);
- цифровая система дистанционного управления (в);
- цифровая система дистанционного управления магистрально-модульного принципа (г).

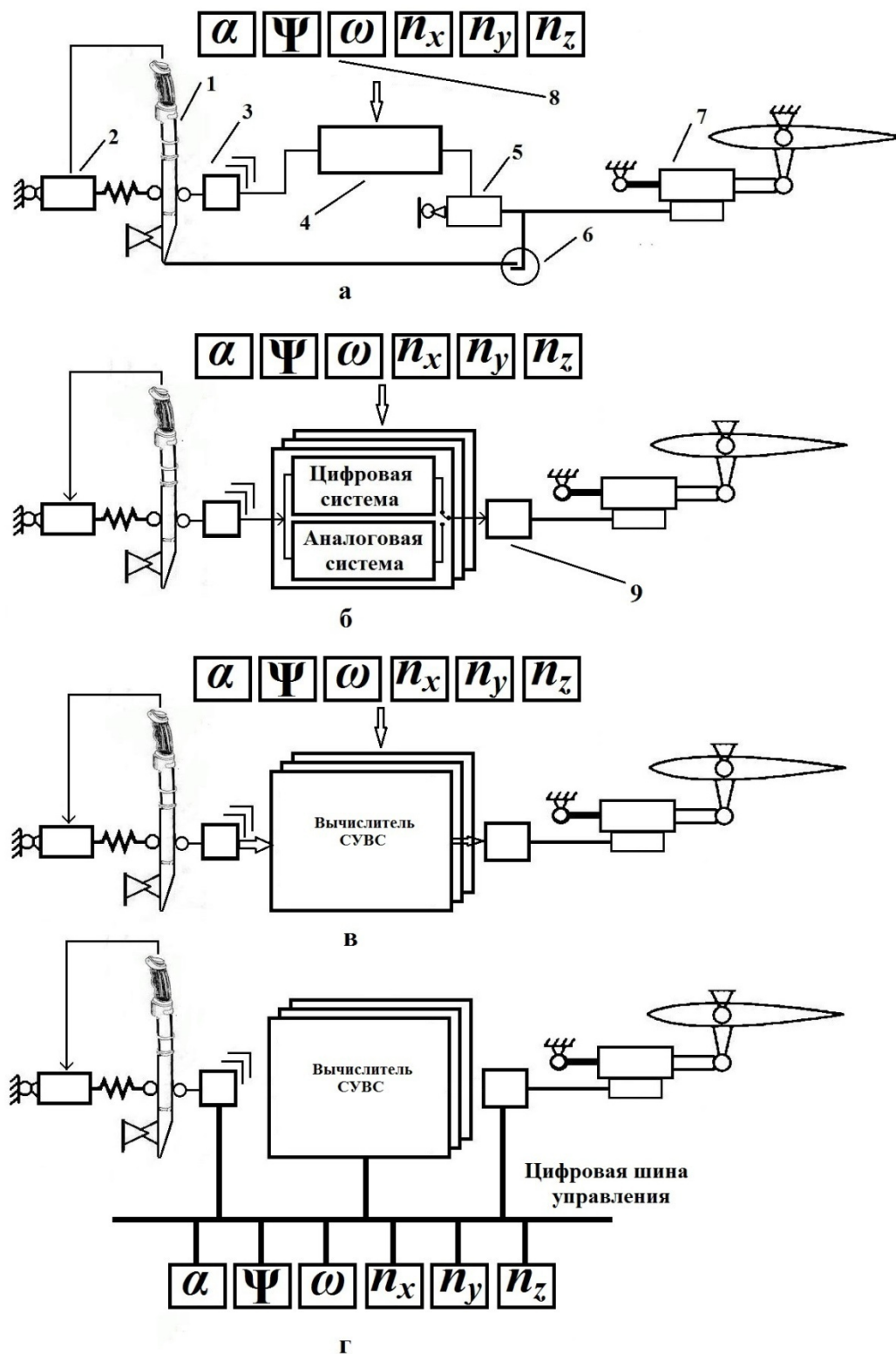


Рис. 4. Автоматическая система дистанционного управления с механической системой управления (а), аналоговая и цифровая система дистанционного управления (б), цифровая система дистанционного управления (в), цифровая система дистанционного управления магистрально-модульного принципа (г):

- 1 – командный рычаг управления; 2 - механизм триммирования; 3 – датчики; 4 – вычислитель аналоговой системы управления; рулевой привод; 5 - автомат безопасности полета; 6 – переключатель систем; 7 – рулевой привод; 8 – датчики сигналов обратной связи; 9 –исполнительный элемент

С внедрением систем дистанционного управления (СДУ) остро стал вопрос о ее надежности. Для обеспечения требуемого уровня надежности СДУ было предложено данную систему резервировать механической системой управления. В отличие от механической системы управления, где воздействие от КРУ в кабине к управляющим поверхностям ВС или силовым приводам осуществляется посредством механической проводки, в СДУ эти воздействия передаются с помощью электрических сигналов. В СДУ органы управления связаны с датчиками, которые преобразуют перемещения КРУ в электрические сигналы аналогового или цифрового вида. Затем эти сигналы обрабатываются электронным контролером. В первых СДУ в качестве электронного контролера использовался аналоговый, который в дальнейшем был заменен цифровым.

Контролер СДУ в соответствии с заложенными в него алгоритмами управления преобразует эти сигналы во входные сигналы приводов органов управления. При этом он также может выполнять функции ограничителя предельных режимов полёта: не допускать превышения установленных ограничений по перегрузке, углу атаки и другим параметрам. Таким образом, значительно снижается вероятность попадания самолёта в нежелательные режимы полета: сваливание, штопор и т. д.

СДУ представляет программно-аппаратный комплекс, состоящий из:

- приводов управляющих поверхностей самолёта;
- датчиков контроля;
- системы управления;
- системы индикации и вспомогательных систем;
- системы коммуникации и силовой системы.

Как показала практика, применение резервирования явилось наиболее эффективной мерой повышения надежности управления и безопасности полета при отказах в функционально значимых системах ВС. Резервирование позволяет сохранить работоспособность СДУ при определенном числе и видах отказов. Для повышения надежности СДУ передача электрических сигналов совершается по 3-4 независимым каналам, проложенным в разных местах конструкции тех агрегатов, по которым проходит проводка управления.

Электродистанционная проводка управления обеспечивает снижение массы системы управления, практически не требует объемов для ее прокладки, проста и удобна в обслуживании. СДУ упрощает включение в систему управления любых автоматических устройств, не требуя установки дополнительных силовых приводов. Это позволяет на борту ВС создавать единую магистрально-модульную систему, которая обеспечивает высокое качество управления на всех режимах полета ВС. В такой системе сигналы летчика и автоматов суммируются на электрическом уровне и выдаются на единый силовой привод органа управления.

В настоящее время уделяется большое внимание к внедрению в СУВС магистрально-модульного принципа. Разработка общих принципов и технических решений обеспечила объединение вычислительных машин в единую систему на борту ВС. Одним из важнейших компонентов этой системы, является стандартная шина (магистраль) передачи данных между элементами системы. Общение между элементами системы в авиации традиционно принято осуществлять через шину ARINC. В общем случае главный критерий — надёжность даже при больших расстояниях.

Внедрение цифровых шин в контур управления самолетом знаменует новый этап автоматизации управления ВС.

Из классификации видно, что существует большое разнообразие СУВС. Это создает значительные трудности в рассмотрении отдельных типов или видов СУВС по выявлению в них специфических особенностей и закономерностей функционирования, имеющих большое значение при их исследовании в случаях АП. Однако в СУВС имеется мно-

го общего, что позволяет условно ее представить состоящей из двух основных частей – управляющей и исполнительной.

Управляющую часть системы управления составляют следующие элементы:

- командный рычаг управления и система создания на них усилия;
- механическая проводка и электродистанционная система связывают командные рычаги управления с рулевым приводами рулевых поверхностей. При использовании электродистанционной связи, управляющие сигналы передаются, как в аналоговом виде, так и цифровой форме. При электродистанционной передаче применяются сервоприводы (СП), которые преобразуют электрические сигналы в механические;
- вычислители СДУ обеспечивают: формирование законов управления самолетом; улучшение устойчивости и управляемости; ограничение предельных режимов полета по углам атаки, скольжения, перегрузке, скорости, числу M и другим параметрам; регулирование коэффициента передачи, между рычагами управления и рулевыми поверхностями; управление балансировкой самолета; контроль состояния систем и представление информации о состоянии систем в удобной для экипажа форме;
- датчики положения рычагов управления, угловых скоростей, перегрузки, углов атаки и скольжения, скорости и числа M полета и других параметров, используемых в системе управления.

Исполнительную часть СДУ составляют сервоприводы и рулевые приводы, включаемые в блоки управления и контроля.

2. Методы оценки работоспособности систем управления воздушным судном при расследовании авиационных происшествий

Любое расследование АП – всегда процесс ретроспективный. То есть расследуемое АП уже имело место: несколько дней тому назад, день, час назад... Данное аксиоматичное положение взято из криминалистики, и перефразировано для АП [4]. Поэтому факторы, которые воздействовали на ВС до АП, уже прекратили свое воздействие в прежнем виде, а выявляемые после происшествия факты (повреждения, разрушения, отказы, отклонения от норм и т.п.) могут быть как причиной, так и последствием возникновения и развития аварийной ситуации и АП. То есть при расследовании АП проводится исследование ретроспективного состояния авиационной техники по существующему виду после АП. Изменения состояния авиационной техники возникают объективно как результат взаимодействия объектов между собой при воздействии неблагоприятных факторов, которые возникают при АП. В результате АП динамическая система СУВС, которая обеспечивала полет ВС, разрушается на отдельные фрагменты. Под действием взаимно уравновешивающихся сил элементы конструкции и агрегаты находятся в состоянии покоя. Согласно аксиоме - принцип отвердевания: равновесие сил, приложенных к телу, не нарушается при его затвердевании [5]. В результате образуются следы. Неизбежность возникновения следов, которые указывают на причины авиационного происшествия в силу взаимосвязи и взаимообусловленности явлений материального мира ставит перед исследователем вопрос о том, как возникают эти следы, подчиняется ли механизм их образования определенным закономерностям. Образование следов, т.е. разнообразных отпечатков в окружающей среде, которые могут помочь вскрыть причину авиационного происшествия, становится возможным в силу такого всеобщего свойства материи, как свойство отражения. Познание закономерностей возникновения следов становится возможным в силу тех характеристик, которые присущи процессам их образования. Такие процессы носят объективный характер.

Информация, получаемая от следов применительно к исследованию СУВС, характеризуется собой следующие два момента: положение элементов системы (или агрегата) при

столкновении ВС с препятствием и техническое состояние этих элементов (в том числе и их деталей). Вполне очевидно, что положение элементов системы может соответствовать только двум её состояниям: нормальному функционированию или ненормальному функционированию (отказу). При нормальном функционировании системы положение ее элементов в момент столкновения ВС с препятствием соответствует какому-либо режиму ее работы. При ненормальном же функционировании системы или ее отказе положение элементов характеризует собой противоречие заданному режиму работы системы, который определяется, как правило, заданным режимом полета.

Для осуществления нормальных (без отказов) режимов управления ВС необходимо соблюдение условий соответствия углов отклонения рулевых поверхностей величине управляющего сигнала, задаваемого летчиком путем отклонения ручки управления (педальей) или агрегатами САУ и автоматики, а также выдерживание на строго определенном уровне усилий на рычагах управления и необходимых скоростей их перемещения.

Таким образом, метод поиска отказавшего элемента СУВС при ее исследовании в случаях АП заключается в отыскании противоречий между фактическим положением элементов системы и расчетным или заданным положением, которое должно соответствовать заданному режиму ее работы или заданному режиму полета.

Оценка работоспособности СУВС производится путем анализа следующих основных признаков, характеризующих работоспособность системы:

отсутствие разъединения и нарушения регулировки механической проводки системы управления;

исправность автоматики регулирования загрузки рычагов управления и углов отклонения рулевых поверхностей системы управления;

отсутствие заклинивания, вождения рычагов управления;

исправность силовых приводов (гидроусилителей) системы управления;

соответствие параметров и сигналов состояния дистанционной проводки.

Поэтому основным условием, по которому оценивается работоспособность СУВС, является соответствие углов отклонения исполнительной части величине сигналов управляющей части системы. Для анализа этих признаков необходимо:

- определить положение (углов отклонения) рулевых поверхностей и командных рычагов управления и проверить их соответствие с учетом положения штоков механизмов автоматики и закона управления, который формируются вычислителем;

- определить положение штоков исполнительных механизмов системы регулирования загрузки рычагов управления и углов отклонения рулевых поверхностей и их соответствие режиму полета ВС перед ударом;

- определить работоспособность узлов и агрегатов системы загрузки рычагов управления, а также отсутствие признаков заклинивания или затяжеления кинематики механической проводки системы управления;

- определить работоспособность силовых приводов (гидроусилителей) рулевых поверхностей;

- определить основные параметры, условия их формирования и принципы работы системы дистанционного управления.

Для определения работоспособности СУВС в последнем полете в настоящее время разработаны конкретные методы исследования (рис. 5), применение которых определяется типом СУВС и сохранностью агрегатов, узлов и деталей системы после АП.

Все методы исследования СУВС при расследовании АП в зависимости от вида объекта исследования можно разделить на две подгруппы: методы исследования предметных объектов и методы исследования знаковых объектов.

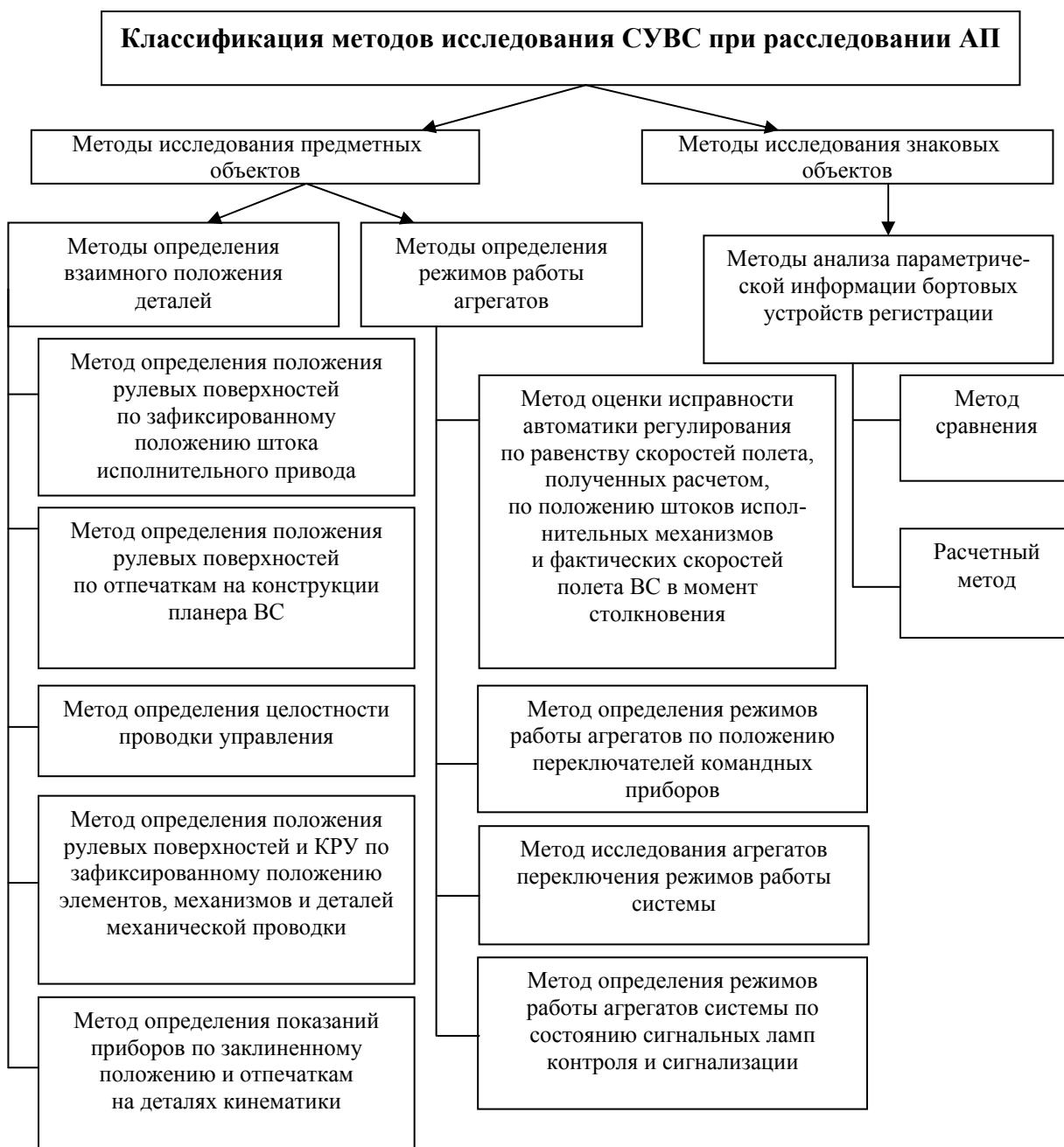


Рис. 5. Классификация методов исследования СУВС при расследовании АП

К предметным объектам относятся агрегаты, детали и подсистемы СУВС, сохранившиеся после АП. При этом данный класс методов в свою очередь можно разделить на две группы: методы определения взаимного положения деталей системы и методы определения режимов работы агрегатов СУВС в момент столкновения ВС с препятствием. В основу данных методов положены трассологические методы исследования.

К знаковым объектам относятся закодированные с помощью технических средств параметры полета, параметры работоспособности систем и агрегатов ВС.

Рассмотрим более подробно каждый из представленных на рис. 5 методов исследования СУВС при определении конкретных причин АП, связанных с отказом авиационной техники.

Метод определения положения рулевых поверхностей ВС по зафиксированному положению штока исполнительного привода. Метод базируется на исследовании исполнительных элементов СУВС (штоков гидроусилителей и винтовых преобразователей), каждому положению которых в процессе работы системы соответствует определенное положение рулевых поверхностей (углов отклонения). Силовой цилиндр гидроусилителя (винтовой преобразователь) является гидромеханическим агрегатом, поэтому изменение положения его штока с поршнем в цилиндре заполненном рабочей жидкостью (гайки на винте домкрата), в процессе разрушения ВС практически не зависит от характера и скоростей деформации деталей планера и механических систем.

Положение штоков в цилиндрах гидроусилителей определяется: по отпечаткам (следам) ребер поршня на внутренней поверхности цилиндра, по отпечаткам ребер втулок цилиндра на внутренней поверхности штока, по отпечаткам ребра свободного торца штока на внутренней поверхности защитного колпачка или наконечника цилиндра. Положение гайки винтового преобразователя определяется: по отпечаткам шаров гайки на винте, по отпечаткам ребер узла крестовины подвижного штока на винте подъемника.

Метод определения углов отклонения рулевых поверхностей по отпечаткам на конструкции планера ВС. Зазоры между торцами подвижных рулевых поверхностей и неподвижными деталями планера, как правило, не превышают 10 мм и поэтому при деформациях и разрушениях рулевых поверхностей при разрушении ВС (при ударе его о препятствие) на сопряженных неподвижных деталях планера остаются отпечатки (следы), фиксирующие положение (угол отклонения) рулевых поверхностей в момент их деформации или разрушения.

Метод определения целостности проводки управления. Данный метод базируется на оптико-визуальном исследовании разрушенный и (или) разъединенных участков или узлов кинематической цепи механической проводки СУВС тем, самым дает ответ на вопрос о целостности проводки управления системы в момент столкновения самолета с препятствием.

Метод определения положения рулевых поверхностей и командных рычагов управления (КРУ) по зафиксированному положению элементов, механизмов и деталей механической проводки. Все детали и узлы механизмов кинематики системы управления занимают в процессе работы системы управления положения, строго соответствующие углам отклонения рычагов управления в кабине и рулевых поверхностей ВС.

Определение углов отклонения рулевых поверхностей и положения рычагов управления по зафиксированным отпечаткам на деталях узлов и механизмов проводки управления производится по графикам зависимости, приведенным методом переноса мест расположения отпечатков на соответствующие детали узлов и механизмов исправного ВС этого же типа и выставлением кинематики системы в положение, соответствующее расположению отпечатков.

Метод определения показаний приборов по заклиненному положению и отпечаткам на деталях кинематики. Метод основан на изучении следов на деталях кинематики приборов, сопоставление показаний приборов или положений их деталей с фактической величиной контролируемого параметра в момент столкновения ВС с препятствием.

Метод оценки исправности автоматики регулирования загрузки по равенству скоростей полета, полученных расчетом, по положению штоков исполнительных механизмов и фактических скоростей полета ВС в момент столкновения. Метод основан на том, что штоки исполнительных механизмов автоматики регулирования загрузки рычагов управления и углов отклонения рулевых поверхностей (АРУ, АРЗ, МПЧС, МПЧР и др.) в

процессе полета ВС занимают положения в соответствии со скоростью и высотой полета, а также, (для некоторых типов ВС) с учетом угла стреловидности крыла.

Оценка работоспособности соответствующей системы автоматики регулирования загрузки и углов отклонения рулевых поверхностей производится путем сопоставления расчетных положений штоков исполнительных механизмов автоматики, определяемых по параметрам полета, полученными путем исследования приборов, места падения ВС, анализом записей бортовых устройств регистрации), с фактическими значениями положения штоков в момент разрушения ВС.

Метод определения режимов работы агрегатов по положению переключателей командных приборов. В основу данного метода положена определение следов нахождения тумблеров (выключателей) контрольно-задающих приборов, задающих режим работы системы в определенном положении в момент столкновения самолета с препятствием и сопоставление данного режима с параметрами полета.

Метод исследования агрегатов переключения режимов системы. Метод включает в себя исследование технического состояния с целью определения режима работ агрегатов СУВС, которые непосредственно определяют режим работы системы (распределительные краны гидропитания, автоматы включения режимов САУ).

Метод определения режимов работы агрегатов системы по состоянию сигнальных ламп контроля и сигнализации. Метод основан на различии упругих свойств вольфрамовой нити, находящейся в раскаленном (под напряжением) или в холодном обесточенном состоянии. Стоит отметить, что анализу подвергаются нити ламп, у которых после АП сохранилась стеклянная колба. В основном для всех типов ламп признаки включенного состояния в момент столкновения ВС с препятствием одинаковы: вытяжка спирали нити накаливания, деформация витков спирали, смещение места изгиба спирали от держателя за счет увеличения длины нити.

Как видно из анализа методов оценки работоспособности СУВС базирующихся на исследовании предметных объектов их основой является изучение следов, следов образовавшихся в момент столкновения самолета с землей и не позволяют исследовать систему в динамике, т.е. поведение системы в процессе развития аварийной ситуации в полете. Для исследования СУВС в динамике разработаны методы исследования знаковых объектов в частности методы параметрической информации бортовых устройств регистрации (БУР).

При оценке работоспособности СУВС при расследовании АП методами анализа параметрической информации бортовых устройств регистрации используется совокупность аналоговых параметров и разовых команд, зарегистрированных в едином масштабе времени.

БУР производят запись следующих основных аналоговых параметров, характеризующих работу СУВС: перемещение (углы отклонения) рулевых поверхностей (стабилизатора, элерона, руля направления), перемещение КРУ во всех трех каналах, параметры полета (высота барометрическая, высота полета геометрическая, скорость приборная, перегрузка вертикальная, перегрузка продольная, перегрузка поперечная, курс гиромагнитный), а также регистрацию разовых команд (включения автопилота, включение режимов САУ).

Анализируя запись перемещения рулевых поверхностей можно выявить характер неисправности в работе системы управления (заклинивание, увод, разрушение проводки управления и т.д.). Так, например, при многократном заклинивании механической части системы управления наблюдается следующий характер регистрации параметров: фиксируется наличие горизонтальных площадок в записи перемещения рулевой поверхности, свидетельствующих об отсутствии ее перемещения и последующее скачкообразное изменение угла отклонения стабилизатора, указывающих на срыв с последующим прова-

лом проводки управления. Такое изменение угла отклонения стабилизатора свидетельствует о повышении усилий на перемещение проводки управления, которые преодолевались экипажем.

Так при вождении ручки управления может наблюдаться следующая картина: в процессе выполнения посадки фиксируется частое резкое отклонение рулевой поверхности и отклонение рулевой поверхности стабилизатора на рулении с большой амплитудой. Такой характер отклонения стабилизатора свидетельствует о невозможности (затруднении) для летчика точно дозировать ход ручки управления перед посадкой.

Анализ записей вертикальной и горизонтальной перегрузок и отклонение рулевых поверхностей позволяет в ряде случаев на некоторых типах ВС определить момент изменения их аэродинамических характеристик ВС (выпуск-уборка шасси, закрылков, тормозных щитков, разрушение несущих поверхностей).

Основными методами, положенными в основу использования параметрической информации бортовых устройств регистрации, являются [6]: метод сравнения и расчетный метод.

Метод сравнения находит применение в тех случаях, когда причина отказа или перво-причина возникновения опасной ситуации устанавливается путем сравнения записей параметров аварийного полета с эталонными записями изменения параметров при характерных отказах авиационной техники или ошибках летчика в технике пилотирования;

Расчетный метод применяется тогда, когда информация систем регистрации берется за исходные данные, а по изменению параметров путем расчетов пространственного движения ВС при различных предполагаемых отказах авиационной техники выбирается такой вариант, который наиболее точно удовлетворяет фактическим изменениям параметров на рассматриваемом участке.

Метод сравнения чаще всего применим в тех случаях, когда регистрируемые аналоговые параметры и разовые сигналы позволяют определить отказ (режим) работы той или иной системы. Опыт показал, что этот метод в настоящее время наиболее применим к определению отказов (режимов работы) силовой установки и к определению видов выполняемых летчиком маневров в полете. Расчетный метод применяется в основном в тех случаях, когда по регистрируемым параметрам нельзя однозначно определить отказавшую систему, вид отказа и ошибку членов экипажа. Это, прежде всего относится к СУВС, механизации крыла, шасси, тормозными щитками и т.п., о которых в некоторых системах бортовой регистрирующей аппаратуры практически отсутствует информация на накопителях систем регистрации, а их различное положение оказывает существенное влияние на траекторию и параметры движения ВС. Объем расчетов выбирается в каждом конкретном случае и зависит от обстоятельств авиационного происшествия.

Современные бортовые устройства регистрации полетных данных (БУР) позволяют оценивать работоспособность системы управления с различной достоверностью, в зависимости от количества регистрируемых параметров (см. рис. 6).

Анализ данных представленных на рис. 6 показывает, что с развитием СУВС неизменно увеличивались количества параметров системы, регистрируемые бортовыми средствами. Так, для СУВС с механической системой передачи управляющих сигналов количество регистрируемых параметров и разовых команд составляет от 4 (для Ан-12) до 27 (для Ан-140). При этом с переходом СУВС на электрическую проводку количество регистрируемых параметров увеличилось в несколько раз, и для современного самолета Sukhoi Superjet 100 составляет уже 70 параметров и разовых команд.

Большое количество регистрируемых параметров СУВС делает задачу анализа изменения данных параметров в последнем полете ВС при расследовании АП сложной и трудоемкой, что делает ограниченным применение существующих методов анализа информации БУР и требует дальнейшего развития методов анализа информации БУР в

направлении совершенствования применяемого математического аппарата и автоматизации процессов анализа и обработки данных.

Окончательный вывод о работоспособности СУВС в процессе расследования АП может быть сделан в результате анализа всей суммы фактов, сходимость которых должна быть доказана (отпечатки, положение отдельных элементов, состояние агрегатов, характером движения ВС и т. п.).

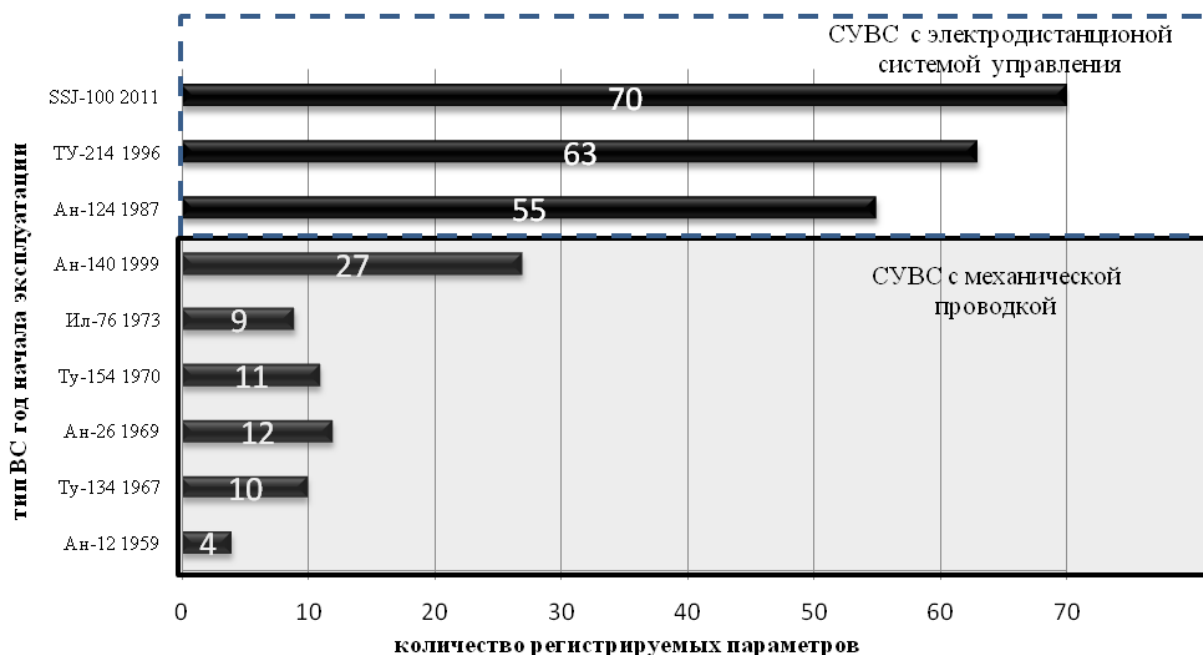


Рис. 6. Динамика развития БУР разных типов СУВС

Анализ вышеуказанных методов оценки работоспособности СУВС при расследовании АП показывает, что они в основном разработаны для агрегатов системы гидромеханического принципа действия с относительно простыми алгоритмами работы, включающими, как правило, не более 3 режимов ее работы. При этом для СУВС с СДУ данные методы находят ограниченное применение, что делает зачастую невозможным определении работоспособности системы при расследовании АП, что влечет за собой несвоевременное выявление и предупреждение возможных отказов авиационной техники.

В настоящее время методы оценки работоспособности СДУ при расследовании АП разрабатываются. Основным элементом систем, построенных на принципах электрической передачи управляющих сигналов, являются аналоговые или цифровые вычислители, которые формируют законы управления (режимы работы) СУВС. Поэтому разработанные методы исследования должны охватывать всю систему в целом и каждый ее элемент в отдельности, особенно такого важного элемента современных СУВС как вычислитель, исследование которого позволит определять параметры и принципы работы СДУ в последнем полете самолета. Оценка работоспособности СДУ в последнем полете ВС должна основываться на анализе следующих характеристик системы: верности передачи управляющих сигналов; времени передачи управляющих сигналов; вероятности своевременной доставки управляющих сигналов; среднему времени доставки управляющих сигналов и др.

Анализ материалов исследований современных электродистанционных СУВС при расследовании АП показывает, что данные исследования включают следующие виды работ:

- структурно-функциональный анализ системы, а также определение конструктивного исполнения (размещения) деталей и агрегатов на конкретном типе воздушного судна;
- анализ логики работы системы в случае возникновения отказов;
- анализ условий формирования отказов в системе и их сигнализация;
- анализ информации, зарегистрированной средствами объективного контроля в последнем полете;
- исследование технического состояния сохранившихся фрагментов агрегатов и деталей с целью определения их работоспособности в последнем полете;
- выполнение работ, направленных на моделирование отказов системы, с целью подтверждения выдвинутых версий.

В современных исследованиях очень широко используются методы моделирования. Суть их заключается в том, что реальные объекты исследования, особенно если они недоступны или если нельзя вмешиваться в их функционирование, заменяются соответствующими моделями, пользуясь которыми можно провести эксперимент, изучать их поведение при изменениях параметров внешней и внутренней среды. Поэтому для оценки работоспособности СУВС с СДУ при расследовании АП целесообразно разработка метода моделирования с использованием информации БУР.

Литература

1. Склянский Ф.И. Управление сверхзвукового самолета. - М.: Машиностроение. – 1964, 389 с.
2. Аэродинамика, устойчивость и управляемость сверхзвуковых самолетов / Подред. Г.С.Бюшгенса. - М.: Наука. Физматлит. – 1998, 816 с.
3. <http://habrahabr.ru/post/145371/>
4. Баев О.Я. Основы криминалистики. Курс лекций. - М.: Эксмо. – 2009, 288 с.
5. Митюшов Е.А., Берестова С.А. Теоретическая механика: Статика. Кинематика. Динамика. — М.: Ижевск, Институт компьютерных исследований. – 2005, 176 с.
6. Соломонов П.А. Безотказность авиационной техники и безопасность полетов. М.: Транспорт. – 1977, 272 с

Сведения об авторах

Попов Юрий Васильевич, - Научно-исследовательский центр Эксплуатации и ремонта авиационной техники, 140003, г. Люберцы, НИЦ ЭРАТ, т. моб. 8-916-384-48-73.
E-mail: tov_porov@rambler.ru

Уваров Иван Александрович, - Научно-исследовательский центр Эксплуатации и ремонта авиационной техники, 140003, г. Люберцы, НИЦ ЭРАТ, т. моб. 8-903-104-14-17

УДК 355.58 (О82)

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РАБОТЫ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ УЧЕНЫХ В ОБЛАСТИ ФИЗИКИ ОБЛАКОВ

Кандидат техн. наук *С.В. Агеев*, доктор сельхоз. наук,
кандидат техн. наук *Ю.В. Подрезов*, *А.С. Романов*, *А.В. Виноградов*
ФБГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)
Московский физико-технический институт
(государственный университет)

З.В. Тимошенко
ВИНИТИ РАН

Проанализированы теоретические исследования и экспериментальные работы отечественных ученых в области физики облаков за последние столетия. При этом сделан акцент на опасные метеопроцессы, влияющие на безопасность населения и объектов экономики.

Ключевые слова: атмосферные процессы; аэростат; безопасность в чрезвычайных ситуациях; безопасность населения; безопасность объектов экономики; безопасность территории; вода, водяной пар; гроза; грозовое облако; коагуляционный рост капель; конденсация; космический аппарата; метеорологическая станция; метеопроцессы; облако; радиометод; ракета; температура; тропосфера; самолетные наблюдения; сублимация; электрофизические процессы в атмосфере; ядра конденсации; ядра сублимации.

THEORETICAL STUDIES AND EXPERIMENTAL WORK OF RUSSIAN SCIENTISTS IN THE FIELD OF CLOUD PHYSICS

Ph.D. (Tech.) *S.V. Ageev*, Dr. of agricultural sciences, Ph.D (Tech), *J.V.Podrezov*,
A.S. Romanov, *A.V. Vinogradov*
FC VNII GOCHS EMERCOM of Russia
Moscow Institute of physics and technology (state University)

Z.V.Timoshenko
VINITI RAN

The theoretical research and experimental work of Russian scientists in the field of cloud physics in the last century. We focused on Metaprocess dangerous, affecting the safety of the population and economic facilities.

Key words: atmospheric processes; balloon; safety in emergencies; public safety; security of property; security areas; water, steam; storm; storm cloud; coagulation growth of drops; condensation; spacecraft; weather station; Metaprocess; cloud; radiometer; rocket; temperature; troposphere; aircraft observations; sublimation; electrophysical processes in the atmosphere; condensation nuclei; the nucleus of sublimation.

Физика облаков - один из наиболее молодых разделов физики атмосферы. Но, следует отметить, что в прошлые века отечественные и зарубежные ученые в той или иной степени занимались изучением облаков. Однако в большинстве своем эти исследования но-

сили либо описательный характер - составлялись различные морфологические классификации облачных форм, либо имели синоптическое направление - облака рассматривались как признаки погоды. В других случаях эти работы представляли собой климатологические исследования - изучалось географическое распределение количества и форм облачности. Порой это были весьма подробные и нередко весьма красочные описания вида облаков и их динамики, сделанные во время полетов на свободных аэростатах. Таким образом, при всей ценности и обстоятельности упомянутых работ они в основном имели не физический характер, а описательно-географический характер.

Влияние этих работ на безопасность населения и экономических объектов при возникновении и развитии опасных погодных процессов и явлений было незначительно.

По-настоящему исследования физики облаков и осадков, иначе говоря, исследования их физического строения и физических процессов, приводящих к образованию и развитию облаков, влияние их на безопасность населения и территорий развернулись уже в XX в., причем основные результаты получены в последние полвека. Связано это с тем, что изучение этой сложной и весьма интересной проблемы не только имеет чисто познавательное значение, но и играет большую роль при решении многих прикладных задач, актуальность и необходимость решения которых с каждым годом возрастает. Ураганы; смерчи; тайфуны; грозы; молнии; град; катастрофические сильные ливни и снегопады; продолжительные осадки (дожди, снегопады); туманы; наводнения различных видов; цунами; загрязнения атмосферы городов и других населенных пунктов, карьеров вредными примесями; нарушения в работе: авиатранспорта (прежде всего, туманы в аэропортах, обледенение взлетно - посадочных полос и т.п.), железнодорожного, автомобильного, морского и речного транспорта и вызываемые ими транспортные аварии; обледенение и электрическое поражение летательных аппаратов (в результате грозных разрядов), наземных, морских и речных объектов; обледенение и обрывы линий электропередач; нарушение экологического режима различных слоев атмосферы; другие опасные природные явления, вызываемые опасными атмосферными процессами наносят ощутимый урон экономике не только нашей страны, но и многих других государств в мире, а также приводят к чрезвычайным ситуациям, связанным с ущербом экономике и окружающей среде, нарушением нормальных условия жизнедеятельности людей, а, нередко с гибелью людей.

Поэтому для обеспечения безопасности населения и территорий от воздействия поражающих факторов источников чрезвычайных ситуаций природного характера, в качестве которых выступают указанные выше природные опасности, требуется не только развитие методов усовершенствования прогнозов погоды, но развитие методов искусственного воздействия на опасные атмосферные процессы. В основе возникновения и динамики опасных природных процессов лежит физика облаков, физика осадков, температур, давлений, иначе говоря, физика атмосферы в целом.

Все это обусловило бурное развитие физика атмосферы и, прежде всего, физики облаков которое оказалось возможным только благодаря интенсивной деятельности ученых многих стран. В статье остановимся очень коротко лишь на основных исследованиях, проводившихся отечественными учеными.

Исследования по физике облаков и осадков в нашей стране начались уже в первые годы Советской власти. Только-только закончив гражданскую войну и приступив к восстановлению народного хозяйства, молодая Советская республика в числе заданий, выдвинутых перед учеными страны, уже поставила задачу искусственного вызывания осадков. В 1921 г. при Наркомземе был организован Научно-мелиоративный институт, в задачи которого входила и разработка упомянутой проблемы. В 1931 г. в Москве был создан Институт экспериментальной гидрометеорологии, продолжавший те же работы. Он имел с самого начала филиалы в Ленинграде, Одессе и Ашхабаде.

Но уже первые опыты со всей остротой показали, что уровень знаний об облаках - их природе, строении, физических параметрах, процессах, происходящих в них, совершенно недостаточен для разработки эффективных методов воздействия на облака. Поэтому на этом этапе основными работами стали исследования физики естественных облаков и осадков, изучение естественного хода метеопроцессов. Особенно широкое развитие получили эти исследования в руководимом В.Н. Оболенским Ленинградском филиале Института экспериментальной гидрометеорологии, который вскоре преобразовали в Ленинградский институт экспериментальной метеорологии (ЛИЭМ). Здесь были начаты исследования микроструктуры облаков и туманов, их электрических и оптических характеристик, был создан комплекс аппаратуры для измерения различных параметров облаков, проведены лабораторные опыты по воспроизведению естественных облаков, осуществлен ряд специальных экспедиций.

В Центральном институте экспериментальной гидрометеорологии (ЦИЭГМ) в 1934 г. в Москве под руководством С.Н. Горбачева проводились исследования процессов конденсации и испарения, слияния и замерзания капель. В Центральной аэрологической обсерватории, созданной в 1940 г., начались экспериментальные исследования непосредственно в изучаемом объекте - в облаках. Для этого привлекались свободные аэростаты и самолеты. Позже эти исследования были дополнены лабораторными опытами и широким кругом теоретических исследований. Необходимо отметить, что в эти же годы начались активные работы по физике облаков в Институте теоретической геофизики АН СССР.

Великая Отечественная война вызвала длительный перерыв в исследованиях. Но после войны они быстро развернулись с еще большей активностью. К институтам, уже ведущим работы в данной области, - Главной геофизической обсерватории имени А.И. Воейкова (куда в 1941 г. влился ЛИЭМ), Центральной аэрологической обсерватории, Геофизическому институту АН СССР, позже преобразованному в Институт прикладной геофизики, - присоединились Московский и Ленинградский государственные университеты, Институт физической химии АН СССР, Ленинградская военная инженерная Краснознаменная академия имени А.Ф. Можайского, а позднее Высокоточный геофизический институт, Украинский и Закавказский научно-исследовательские гидрометеорологические институты и ряд других. Соответственно, круг и объем исследований значительно расширились, и в целях координации работ различных ведомств был создан совет, возглавивший все работы по этой проблеме, проводящиеся в СССР.

По сути, следует отметить, что облака представляют собой одно из интереснейших явлений природы. Это не просто видимое скопление результатов конденсации водяного пара, а динамическая система, находящаяся в непрерывном движении и развитии. Постоянно меняются не только форма и положение облака в пространстве, но и его структура и микроструктура, ибо частицы облаков (капли, кристаллы) возникают, и испаряются, перемещаются в пространстве, и просто выпадают из облака. Принципиальные аспекты физических законов, управляющих формированием и динамикой облаков и осадков, можно считать известными, вместе с тем, построение количественной теории, отражающей детали явлений (структуру и микроструктуру облаков, их эволюцию и т. д.), по существу лишь только начинается и находится на стадии становления.

Установлено, что облака возникают при условии, когда количество водяного пара превосходит состояние насыщения. Относительная влажность в атмосфере может быть увеличена либо при повышении общего содержания водяного пара, либо при понижении температуры, либо при действии обоих факторов одновременно. Исследование условий образования состояния пересыщения в атмосфере, эволюции и перемещения соответствующих областей в пространстве являются одними из сложнейших задач термогидродинамики атмосферы. Следует отметить, что математическое описание - моделирование указанных процессов весьма сложно, т.к. выделение скрытой теплоты фазовых преобра-

зований требует включения в общую систему нелинейных дифференциальных уравнений, описывающих движение атмосферы, дополнительных членов, что не позволяет в ряде случаев применить известные методы упрощения и чрезвычайно затрудняет решение такой общей системы уравнений.

Ряд важных результатов удалось получить при рассмотрении отдельных частных задач динамики облаков. Так в 1955 г. М.Е. Швец, а в 1957 - 1960 гг. Л.Т. Матвеев, В.С. Кожарин и К.В. Клубович заложили основы теории образования слоистых облаков, формирующихся под действием турбулентного перемешивания и вертикальных токов в определенном, ограниченном слое атмосферы. В 1959 г. Е.М. Фейгельсон дополнила указанные исследования, установив, что в формировании облаков подобного типа большую роль могут играть процессы излучения вблизи верхней границы слоя. В том же году К.Г. Абрамовичу и А. Х. Хргиану, на основе анализа результатов теоретических исследований и экспериментальных данных удалось выявить ряд важных особенностей формирования и эволюции облаков нижнего яруса [3].

В 1954 -1960 годах Н.С. Шишкин, успешно применив предложенный Бьеркнесом в 1938 г. метод слоя, развил теорию возникновения и развития конвективных движений и получил важные выводы, используемые в настоящее время при прогнозировании грозовых и градовых явлений. Дюбюк и ряд других ученых в 1947 г. предложили методику расчета скорости вертикальных движений в области фронта, которые могут привести к возникновению мощных кучевых облаков. А Е.С. Селезнева в 1948г. предложила схему атмосферной турбулентности, приводящей в дальнейшем к развитию конвекции. Существенных результатов в построении теории конвективных облаков добились Л.Н. Гутман с сотрудниками в 1957-1966 гг., когда в полную систему уравнений конвекции ввели ряд обоснованных упрощающих предположений [3].

Сложность натурных исследований - опасность полетов в кучевых и особенно в мощных кучево-дождевых и грозовых облаках серьезно затрудняет сбор соответствующих экспериментальных данных. Поэтому большую ценность и сейчас представляют натурные наблюдения, полученные в специальных полетах Н.С. Шишкиным, А.П. Чуваевым и Г.Т. Никандровой (Крюковой), С.М. Шметером, А.А. Решиковой, Н.В. Лебедевой, и особенно большое количество экспериментальных материалов, собранных Н.И. Вульфсоном в 1952 - 1956 гг. [3].

Благодаря теоретическим исследованиям Н.Е. Кочина (1926) и А.А. Дородницына (1951), Д.Л. Лайхтмана (1947), Л.С. Гандина (1947), Н.С. Шишкина (1948), Ш.А. Мусаяляна (1955) и Б.Н. Трубникова (1959 - 1966) были поняты многие закономерности движений многих разновидностей облаков с явно выраженной периодической структурой - весьма интересных и своеобразных форм движения волнового и ячейкового характера и объяснены различные формы волнистых облаков, облачных ячеек и их зависимость от орографии, устойчивости атмосферы и характера воздушных потоков.

Результаты исследований показывают, что вопросы макрофизики облаков тесно переплетаются с проблемами общей динамики атмосферы, в частности, с проблемами движения атмосферы среднего и большого масштабов. Их изучению во многом способствовали фундаментальные исследования Н.Е. Кочина, И.А. Кибеля и их школы. До них все теоретические исследования в области макрофизики облаков, как правило, проводились без учета микроструктуры облаков. По результатам их исследований - изучения элементарных процессов роста облачных частиц - было установлено, что на укрупнение капель и кристаллов большое влияние оказывает тонкая структура поля ветра и температуры в облаках.

Стало очевидным, что процессы фазовых переходов в свою очередь оказывают обратное воздействие на пульсации ветра и температуры. В 1964 г. Л.А. Пахомов предложил методы измерения пульсаций вектора ветра и температуры, которые позволили продви-

нуться вперед и в этих вопросах, создав прочную экспериментальную базу для дальнейших теоретических разработок. Кроме того, турбулентность играет большую роль в процессах формирования и развития облаков, но это является специальным разделом науки.

Изучение литературных источников свидетельствуют, что в физике облаков большой удельный вес занимают исследования элементарных процессов формирования облачных элементов - капель и кристаллических частиц [1-17]. Установлено, что искусственным образом можно достичь чрезвычайно больших пересыщений водяного пара в камере Вильсона порядка 700%, вместе с тем, в атмосфере пересыщение обычно не превосходит десятых долей процента. Это объясняется тем, что мельчайшие частички (10^{-5} - 10^{-3} см), всегда присутствующие в атмосфере, играют роль ядер конденсации и даже при небольших пересыщениях «откачивают» на себя избыток водяного пара. Было установлено, что лишь Мировой океан способен обеспечить хлоридами всю атмосферу - только одни сильные ветры выбрасывают в нее свыше 10^{10} т солей в год [1-3, 13-17].

Облачные капли, сформировавшись на ядрах конденсации, обычно не превосходящих десятых долей микрона, растут далее преимущественно за счет конденсации водяного пара. В XIX веке (в 1877 г.) Максвелл решил задачу о стационарном конденсационном росте сферической капли. Далее благодаря теоретическим исследованиям Л.С. Лейбензона (1940) и М.Е. Швеца (1951), а также экспериментальным работам Н.П. Тверской (1949), наряду с работами немецкого ученого Фреслинга, было учтено влияние обдува капли при ее падении. Работы Н. А. Фукса (1934), М.П. Тимофеева и М.Е. Швеца (1948) уточнили теорию Максвелла, сильно завышающую скорость испарения и конденсационного роста малых капель ($r < 10$ мкм). Указанные выше работы, наряду с целым рядом экспериментальных исследований (Н. Гудрис и Л. Куликова, Е.Г. Зак, Б.В. Кирюхин), позволяют полагать, что закономерности конденсационного роста индивидуальной капли воды изучены достаточно основательно [1-4, 13-17].

Дальнейшие исследования показали, что укрупнение облачных капель может происходить в результате их слияния друг с другом - за счет так называемого коагуляционного роста. Рядом исследователей было установлено, что при 100% влажности столкновение капель практически всегда приводит к их слиянию. Следовательно, эффективность коагуляционного роста капель зависит, прежде всего, от вероятности их взаимного столкновения. Но причины, приводящие к столкновению капель, чрезвычайно разнообразны, а соответствующие им закономерности весьма сложны и до настоящего времени исследуются.

Теория коагуляционных процессов продолжает развиваться. Существенный вклад в ее развитие внесли отечественные исследователи. Так, влияние аэродинамических сил взаимодействия между падающими каплями было изучено С.В. Пшенай-Севериным (1957). Широкую известность получили исследования Л.М. Левина (1954) по электрической коагуляции. А работы В.Г. Левича (1954), А.Т. Ивановского и И.П. Мазина (1960), Ю. С. Седунова (1964) позволили лучше понять значение турбулентности в процессе столкновения капель. Детальные расчеты эффективности гравитационной коагуляции были выполнены в ряде работ Н.С. Шишкина (1948 - 1955), А.Х. Хргиана и И.П. Мазина (1952 - 1961) и ряде других [3, 13-17].

Как показали результаты исследований в умеренных и полярных широтах большое, скорее определяющее, значение в процессе развития облаков и формирования осадков имеют фазовые переходы. Установлено, что в лабораторных условиях вода может быть переохлаждена до очень низких температур. А.М. Боровиков (1955) на обширном статистическом материале показал, что и в облаках водяные капли могут встречаться вплоть до -41° С. В многочисленных теоретических и экспериментальных работах Л.Г. Качурина, А.В. Лыкова Т.Ф. Боровик-Романовой, Е.Г. Зак и А.Д. Малкина, Н.П. Тверской, В.Я. Никандрова, Н.В. Глики, В.М. Мучник и Ю.С. Рудько и ряда других ученых дается

детальное представление о физических закономерностях и особенностях замерзания капелек воды в зависимости от температуры, размеров, скорости охлаждения и т. д. [3].

Известно, что с появлением в переохлажденном облаке ледяных кристаллов, начинается перегонка водяного пара с капель на кристаллы, вызванная разностью насыщающей упругости над водой и над льдом. Такое смешанное облако (т. е. облако, состоящее из капель и кристаллов) переходит постепенно в чисто кристаллическое. Кристаллы при этом укрупняются и, достигая размеров, когда они уже не удерживаются восходящим потоком, начинают выпадать в виде осадков - дождя, если при падении кристаллы, ставшие снежинками, попадают в теплые слои атмосферы и тают, или снега, если температура у земли достаточно низка.

Отечественные ученые К.С. Шифрин и А.Я. Перельман, Л.Г. Качурин, А.Г. Колесников, В.И. Беляев и М.В. Буйков в 1958-1961 гг. впервые начали создавать количественную теорию фазовой перестройки облака. Работы этих исследователей имеют большое значение для понимания естественных процессов осадкообразования и развития физических методов искусственного воздействия на облака хладореагентами, а также полезны при исследовании коррекции погодных условий с использованием электрофизических методов [3, 13-17].

Результаты исследований эффективности различных механизмов укрупнения облачных капель приводит к выводу, что в начальной стадии (до радиуса < 5 мк) они растут в основном за счет конденсации, в конечной стадии (радиус > 25 - 30 мк) капли растут преимущественно благодаря гравитационной коагуляции. Однако роль различных механизмов, обеспечивающих рост капель в диапазоне 5 - 25 мк, до настоящего времени не выяснена до конца. В.И. Беляев еще в 1961 г. обратил внимание на то, что капли растут в случайном поле влажности, т. е. в таком поле, где пересыщение колеблется случайным образом вокруг некоторого среднего значения. По мнению известных метеорологов И.П. Мазина и Ю.С. Седунова, роль этого процесса, получившего название стохастической конденсации, в формировании и развитии облаков может быть весьма существенна [3, 13-17].

Ранее, в настоящей статье, говорилось о механизмах роста индивидуальной капли. Известно много работ и по исследованию роста сферических ледяных частиц. Но, следует отметить, что все эти исследования дают возможность оценивать эффективность различных механизмов укрупнения облачных частиц, но не позволяют количественно решать вопросы, связанные с динамикой облака в целом.

Исследуя эволюцию облака в целом необходимо рассматривать поведение всей совокупности облачных частиц. Облака состоят или из мельчайших капель воды, часто находящихся в переохлажденном состоянии, или ледяных кристаллов, или из их смеси. Поэтому облака по своему фазовому состоянию могут быть водными, кристаллическими (ледяными) и смешанными. Многочисленные измерения, проведенные в конце 30- 50-х годов двадцатого века отечественными учеными, позволили установить, что размеры облачных капель колеблются в достаточно широких пределах - от единиц до нескольких десятков микрон. Вместе с тем, их средние и наиболее повторяющиеся размеры лежат в значительно более узких пределах, 4 - 6 мк по радиусу. Необходимо отметить, что облака различных форм несколько отличаются по своим микроструктурным характеристикам. При этом спектр распределения облачных капель по размерам изменяется по мере подъема от нижней границы облака к верхней. Так, в облаках слоистых форм средние размеры капель увеличиваются от нижней границы облака к верхней, что соответствует расширению спектра капель и сдвигу его в сторону больших размеров. Для кучевых облаков наибольшие средние размеры капель и наиболее широкие спектры, сдвинутые в сторону крупных капель, наблюдаются несколько выше центральной части облака. У верхней границы таких облаков размеры капель, как правило, опять несколько уменьшаются.

Смешанные облака имеют более сложный характер изменения размеров капель по вертикали, который зависит от соотношения водяной и кристаллической фракций. Математически точно рассчитывать рост капель в облаках не представляется возможным, поэтому для решения прикладных задач в 50-х годах прошлого века П. В. Дьяченко, А.Х. Хргиан и И. П. Мазин, а затем Л.М. Левин предложили ряд эмпирических формул, которые описывают спектры распределения облачных капель по размерам. Предложенные формулы широко используются при практических расчетах в нашей стране и за рубежом.

Ледяные облака имеют значительно более сложную микроструктуру, из-за большого разнообразия видов облачных кристаллов. Несмотря на то, что начальной формой всех кристаллов льда является шестигранная призма, их развитие в облаке в дальнейшем зависит от условий роста кристаллов и идет в направлении главной или побочной осей кристалла. Это приводит к образованию кристаллов различных форм, которые можно объединить в три основных типа:

- столбчатые,
- пластинчатые
- и неправильные, или неопределенные.

Многочисленные наблюдения, проведенные отечественными учеными непосредственно в ледяных облаках в 50-е годы XX века показали, что в них встречаются кристаллы всех трех типов, но, неправильные формы при этом наблюдаются довольно редко. В свою очередь, форма кристаллов зависит главным образом от температуры, при которой они образуются и растут, и, в меньшей степени, от влажности. Например, кристаллы неправильных форм возникают в интервале температур: от -20°C , -22°C до -27°C , -28°C ; столбчатых - от -15°C и ниже, пластинчатых форм - от 0°C до -22°C , -25°C . Исходя из этого, ледяные облака, в зависимости от диапазона температур, охватываемых ими подразделяют на однородные или неоднородные в соответствии с формой составляющих их кристаллов.

Следует отметить, что первичные облачные кристаллы, вырастая и опускаясь вниз, попадают в новые условия температуры и влажности. Поэтому их форма все более и более усложняется, и выпадающие на землю снежинки зачастую сохраняют лишь весьма приблизительное сходство с первичными кристаллами, на которых они выросли. Это объясняет разнообразие форм твердых осадков. А.Д. Заморский в 1948-1955 годах разработал подробно классификацию форм твердых осадков и установил некоторые связи форм снежинок с типом облаков и синоптическими условиями [3].

Рассматривая смешанные облака можно сказать, что они могут быть смешанными по всей толще или состоять из ряда слоев с различным фазовым состоянием. Они бывают внизу капельными, в средней части - смешанными, а вверху - кристаллическими. Е.Г. Зак в 1946 г. выделила пять типов различной фазовой стратификации смешанных облаков. Результаты исследований свидетельствуют, что в процессе жизни облака его структура и фазовое состояние могут меняться. Например, кучево-дождевые облака вначале являются капельными, а по мере развития переходят в смешанные, а фронтальные слоисто-дождевые облака - из смешанных нередко переходят в кристаллические [3, 13-17].

Данные исследований свидетельствуют, что концентрация обычных облачных капель, радиусом от 1-2 до 20 – 30 мкм, составляет, зачастую, 10^2 - 10^3 в 1 см^3 , а концентрация кристаллов - на 2-3 порядка меньше. Вместе с тем, концентрация частиц осадков не превышает при этом обычно 10^3 - 10^4 в 1 м^3 , иначе говоря, меньше концентрации облачных капель на 5-6 порядков. Из этого следует, что элементы осадков зарождаются в недрах облаков, еще не дающих дождя. Наши ученые в 60-е годы XX века впервые глубоко исследовали концентрации и размеры крупных частиц, характеризующих промежуточную стадию развития облаков, предшествующую выпадению осадков. Было установлено, что концентрация таких частиц (размеры более 150 мкм) весьма изменчива, зависит от формы

облаков и колеблется от нуля до 10^3 на 1 м^3 . Далее по мере роста размеров частиц концентрация убывает для капель обратно пропорционально радиусу в некоторой степени, для кристаллов - чаще всего экспоненциально.

Еще одной важной характеристикой облаков для практики является их водность, т.е. масса сконденсированной воды в единице объема облака. Необходимо подчеркнуть, что величина водности существенно влияет на безопасность полетов авиации и возникновение чрезвычайных ситуаций на воздушном транспорте. Действительно, от величины водности зависит интенсивность обледенения самолетов. Величина водности определяет влагозапасы облаков и т. д. Исходя из этого, еще в 1953 г. на сети пунктов самолетного зондирования Гидрометеослужбы были организованы по существу единственные в мире систематические наблюдения над водностью облаков на обширной территории. По данным измерений отечественных ученых, значение водности колеблется от нескольких сотых грамма в кристаллических облаках до 0,3-1 г в слоистых и до нескольких граммов в кучевых облаках. Необходимо отметить, что водность обычно возрастает по мере подъема над нижней границей облака и достигает максимума в кучевых облаках в их центральной или верхней части, а в облаках слоистых форм в верхней трети или вблизи верхней границы. Но, исключением являются фронтальные слоисто-дождевые облака, в которых наибольшие значения водности наблюдаются в нижней части облака, что объясняется преобладанием в верхней части этих облаков кристаллической фракции, водность которой значительно меньше. Важно отметить существование связи между величиной водности и температурой: в среднем водность увеличивается с повышением температуры. Характер этих зависимостей описывается эмпирическими формулами, предложенными Л.Т. Матвеевым и В.С. Кожариным (1956), В.Е. Минервиным, И.П. Мазиным и С.Н. Бурковской (1958) и др. [1-4, 13-17].

Следующим элементом облаков, влияющим на физико-химические свойства капель, значит, и на процессы конденсации водяного пара на их поверхности, на замерзание и т. д., является наличие в каплях облаков и осадков растворенных солей и кислот. Перенос элементами осадков различных химических примесей играет значительную роль в химическом обмене между атмосферой и земной поверхностью, в особенности между атмосферой и океаном. Как показывают результаты химического анализа, в облачной влаге всегда присутствуют хлориды, причем их концентрация колеблется от 0,06 до 44,1 мг/л. При этом наибольшая концентрация хлоридов наблюдается в туманах, слоистых и слоисто-кучевых облаках, наименьшая - в слоисто-дождевых, что, вероятно, объясняется их высотным расположением и температурной стратификацией. Следует отметить, что концентрация хлоридов также тесно связана с размерами облачных капель - она уменьшается в диапазоне размеров от 1 до 15-20 мк, практически постоянна в пределах от 20 до 100 - 200 мк и возрастает с ростом радиуса капель. Описанный характер изменения концентрации примесей еще раз подтверждает различную роль механизмов укрупнения капель: в начале процесса - конденсационный рост капель и на последующих стадиях - коагуляционный рост.

Следует упомянуть и о химическом составе осадков. Он изучен существенно лучше. Многочисленные наблюдения проведены в периоды Международного геофизического года (1957-1959 гг.) на сети различных наблюдательных пунктов. Результаты этих исследований показывают, что концентрация примесей в осадках меняется в зависимости от географического положения пункта наблюдения, сезона, положения пункта относительно промышленных объектов и морей и т. п.

Еще одним фактором, участвующем в формировании и рассеянии облачности является атмосферное электричество. На участие атмосферного электричества в формировании погоды на Земле указывал еще М.В. Ломоносов. В последующие годы мало внимания уделялось этой проблеме по ряду причин - главной из которых, по-видимому, являлось

несовершенство измерительной аппаратуры и техники и ряд других. В 1940 -1948 гг. Я.И. Френкель опубликовал результаты теоретических исследований атмосферного электричества, в том числе изучения механизмов заряжения частиц облаков и осадков. Работы привлекли широкое внимание к этим вопросам.

Было установлено, что частицы облаков и туманов могут быть как электрически нейтральными, так и иметь заряды разных знаков. При этом, число заряженных капель в облаке может достигать 30 -50%, а порой и 80%. Рядом отечественных ученых в 50 - 60-е годы прошлого века было доказано, что число заряженных капель в облаке увеличивается с возрастом облака, а средние заряды капель облаков и туманов колеблются от 10-20 до 80-90 e , доходя в отдельных случаях до 300-500 e . При этом, величина среднего заряда капель линейно возрастает с ростом их диаметра. В результате исследований было установлено, что средний заряд капель в ливневых дождях составляет $3\cdot 5\cdot 10^{-2} \text{ СГС}_q$, а в обложных $2\cdot 3\cdot 10^{-2} \text{ СГС}_q$, а в не очень интенсивных дождях число капель с небольшими зарядами (приблизительно 10^{-4} СГС_q) достаточно велико. Расположение заряженных областей по высоте различно: в нижней части облаков располагается, как правило, область с отрицательным зарядом, в верхней - с положительным. Отличие имеют в кучево-дождевые и особенно грозовые облака, где вертикальное распределение объемных зарядов значительно сложнее. Напряженность электрического поля в облаках меняется от 1-5 в/см в кучевых облаках хорошей погоды до 10 в/см и более в мощных кучево-дождевых облаках, а в грозовых облаках она может достигать нескольких сотен и даже тысяч вольт на сантиметр [1-4, 13-17].

Влияние облачных частиц на различные атмосферные процессы заметно. Оно заключается в нарушении диэлектрической однородности атмосферы; поглощении, рассеянии и отражении электромагнитных волн, что оказывает существенное влияние на оптические свойства атмосферы, ее тепловой режим, а также на распространение радиоволн сантиметрового и миллиметрового диапазонов.

Созданная нашими учеными теория рассеяния света в мутной среде позволила установить количественные связи многих оптических характеристик облака с его микроструктурой. В частности, были проведены такие важные исследования оптических свойств облаков, как зависимость рассеянного света от микроструктуры облака, спектральной и суммарной прозрачности облаков, дальности видимости в облаках и от других факторов.

В 60 - 70 е годы XX века широкое распространение получил радиолокационный метод исследования облаков, основанный на отражении радиоволн от совокупности рассеивающих частиц - элементов облаков и осадков. Были открыты широкие перспективы использования радиолокационных методов для исследования облаков и осадков. Достоинства радиолокационных исследований, к которым следует отнести: оперативное получение данных о структуре и даже микроструктуре изучаемых объектов - облаков и осадков, практически одновременный обзор больших объемов пространства, отсутствие вредного воздействия на изучаемый метеобъект, а также большие объемы осреднения - радиолокационные объемы достигают от 10^4 до 10^6 м^3 и даже более - открывают широкие перспективы использования радиолокационных методов для исследования облаков и осадков, а в ряде задач делают их незаменимыми. Радиолокационные исследования позволяют получить: сведения о строении облаков различных форм и зон осадков; об установившихся и турбулентных скоростях движения частиц облаков и осадков; о фазовом состоянии облаков и осадков; о высоте верхних и нижних границ облаков; интенсивности осадков и о ряде других облачных характеристик.

Как правило, динамика многих облаков завершается выпадением тех или иных видов осадков, продолжительность которых в зависимости от типа облаков может колебаться от нескольких минут до нескольких суток. Изучению размеров, формы и концентрации

частиц осадков, их интенсивности и изменчивости в пространстве и во времени посвящены исследования отечественных ученых в 50-х годах прошлого столетия.

Учитывая большое влияние облаков и осадков на возможности возникновения и развития природных чрезвычайных ситуаций, вызываемых опасными ветровыми нагрузками (ураганы, шторма, сильные ветра и т.п.); опасными осадками (ливневые и продолжительные дожди, сильные и продолжительные снегопады и метели, град и т.п.) на безопасность населения, объектов экономики и окружающей среды, физика облаков и осадков продолжает достаточно интенсивно развиваться. Широко привлекается к решению задач и проблем в области физики облаков современный математический аппарат и новейшие методы исследования, основанные на широком использовании физической и электронной аппаратуры.

Литература

1. Физика облаков и активных воздействий. Труды ордена Трудового Красного Знамени Главной Геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. Выпуск 389. Под редакцией канд. физ.-мат наук Т.Н. Громовой, канд. физ.-мат наук Ю.А. Довгалюк. – Ленинград: Гидрометеиздат. - 1977.
2. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы. Издание третье, переработанное и дополненное. - Санкт - Петербург: Гидрометеиздат. - 2000.
3. <http://big-archive.ru/>.
4. Изменение погоды человеком. Проблемы национальной политики в области природных ресурсов. Перевод с английского И.М. Шейниса. Под ред. И.И. Мазина. - Л: Гидрометеиздат. - 1971.
5. Подрезов Ю.В. Диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук на тему: “Методологические основы прогнозирования динамики и последствий чрезвычайных лесопожарных ситуаций”. - М.: Московский государственный университет леса. - 2005г.
6. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук на тему: “Методологические основы прогнозирования динамики и последствий чрезвычайных лесопожарных ситуаций”. - М.: Московский государственный университет леса. - 2005г.
7. Качурин Л.Г. Физические основы воздействия на атмосферные процессы. Экспериментальная физика атмосферы. - Ленинград: Гидрометеиздат. - 1990.
8. Подрезов Ю.В. Анализ основных климатических изменений на Земле и возможные их последствия. Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций». Выпуск №2.- М.: ВИНТИ. - 2012.
9. Агеев С.В., Подрезов Ю.В., Романов А.С., Юдин С.С. «Анализ современного состояния мониторинга лесных пожаров в Российской Федерации». Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций», № 1 за 2015 год.
10. Агеев С.В., Подрезов Ю.В., Романов А.С., Юдин С.С. Особенности обеспечения экологической безопасности автомобильного транспорта. Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций», №4 за 2013 год.
11. Агеев С.В., Подрезов Ю.В., Романов А.С., Юдин С.С. Оценка рисков возникновения дорожно – транспортных происшествий в Российской Федерации при организации перевозочно-го процесса в условиях чрезвычайных ситуаций. Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций», №5 за 2013 год.
12. Подрезов Ю.В. Анализ особенностей загрязнения атмосферы городов. Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций». Выпуск №2.- М.: ВИНТИ. - 2013.
13. Подрезов Ю.В. «Анализ исторических аспектов работ по воздействию на атмосферные процессы». Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций», №1 за 2015 год.

14. Агеев С.В., Подрезов Ю.В., Романов А.С., Донцова О.С. «Анализ особенностей состояния атмосферы крупных городов. Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций», № 3 за 2015 год.

15. Подрезов Ю.В. «Проблемные аспекты исследований по активным воздействиям на атмосферные процессы». Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций», № 3 за 2015 год.

16. Подрезов Ю.В. «Основные особенности формирования погодных процессов в атмосфере Земли». Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций», № 5 за 2015 год.

17. Агеев С.В., Подрезов Ю.В., Романов А.С., Донцова О.С., Тимошенко З.В. «Основные исторические аспекты развития метеорологии в России». Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций», № 5 за 2015 год.

Сведения об авторах

Агеев Сергей Владимирович, - начальник 5 научно - исследовательского центра ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), тел. (495)-449-99-58, 8-905-748-15-62; электронная почта: asvaser@yandex.ru;

Подрезов Юрий Викторович, - старший научный сотрудник, главный научный сотрудник ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ); Москва, ул. Давыдовская, д.7, заместитель заведующего кафедрой Московского физико-технического института (государственного университета). Тел.: 8-903-573-44-84, (495)449 90 25, 8 967 096 85 95, E-mail:uvp4@mail.ru

Романов Александр Семенович, - заместитель начальника 5 центра ФГБУ ВНИИ ГЧС (ФЦ); тел.: 8-903-625-92-47; e-mail: romalsem@yandex.ru;

Виноградов Андрей Владимирович, - научный сотрудник научно-исследовательского центра ФГБУ ВНИИ ГЧС (ФЦ). Тел. 8-926-620-32-92; e-mail: eddc-112@mail.ru.

Тимошенко Зинаида Владимировна, - научный сотрудник ВИНТИ РАН, 125190 ул. Усиевича, 20, тел. 8 (499) 155-44-26

РЕТРОСПЕКТИВНЫЕ ПЕРЕЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ РАЙОНА, ПОСТРАДАВШЕГО ВО ВРЕМЯ НАВОДНЕНИЯ В АСПЕКТЕ ПРОБЛЕМЫ АДАПТАЦИИ К ЭКСТРЕМАЛЬНЫМ СИТУАЦИЯМ¹

Кандидат биол. наук *С.М. Ситяева*

Кандидат психол. наук *С.В. Яремчук*, кандидат психол. наук *И.Ю. Махова*

Амурский гуманитарно-педагогический государственный университет

Рассматриваются ретроспективные переживания населения (спустя 1,5 года), проживающего на территории, подвергшейся наводнению 2013 года, произошедшему на Дальнем Востоке. Был проведен сравнительный анализ эмоциональных реакций пострадавшего и не пострадавшего населения в пик наводнения и после произошедшего события. Пострадавшее население, чьи дома были затоплены, в пик наводнения характеризовалось более высокими уровнями эмоций негативного прогноза (тревоги, страха, испуга) и фрустрационных эмоций (разочарования). После произошедшего наводнения реакции двух исследуемых выборок были разнонаправлены: радость, воодушевление и облегчение были характерны для не пострадавшего населения и озабоченность, тревога, печаль, опустошенность, разочарование и отчаяние для пострадавшего.

Ключевые слова: экстремальная психология, адаптация, чрезвычайная ситуация, эмоциональные реакции пострадавших, ретроспективные переживания.

RETROSPECTIVE EXPERIENCES OF THE POPULATION OF THE AREA AFFECTED DURING THE FLOOD IN THE ASPECT OF THE PROBLEM OF ADAPTATION TO EXTREME SITUATIONS

PhD (Biolog.) *S.M. Sityaeva*

Ph.D. (Psychol.) *S.V. Yaremchuk*, Ph.D. (Psychol.) *I.J. Makhova*

Amur State University of Humanities and Pedagogy

The article discusses the retrospective experiences of the population (after 1.5 years) living in areas exposed to the flood of 2013 in the Russian Far East. The comparative analysis of people's emotional reactions was made. Participants of the study were flood-affected people who compared with not flood-affected people. The participants were asked about their emotional reactions during and after the flood. Flood-affected population is characterized by more negative emotions (anxiety and frustration) during the flood. People, whose homes were flooded, experienced anxiety, sadness, desolation and despair. People, who do not become a victim at the time of the event, experienced the joy, excitement, relief after the floods.

Key words: extreme psychology, adaptation, extreme situation, emotional reactions of flood-affected people, retrospective experiences.

¹ Публикация подготовлена в рамках поддержанного РГНФ научного проекта №15-06-10067

Введение

Сильнейший паводок, произошедший летом 2013 года на Дальнем Востоке, стал настоящим стихийным бедствием. Всего, по данным МЧС, на Дальнем Востоке было затоплено более 8 млн. км² территории, подтоплены около 13,5 тысяч жилых домов. Пострадало не менее 135 тысяч человек, 32 тысячи из них были эвакуированы.

Произошедшее наводнение может быть отнесено к экстремальным ситуациям природного типа. Экстремальными ситуациями обозначают события, которые выходят за пределы обычного человеческого опыта и нарушают интегрированность и привычные способы реагирования личности [1]. У людей, включенных в экстремальную ситуацию, возникает необходимость в адаптации к изменившимся условиям среды с целью восстановления равновесного состояния. В психологии под адаптацией понимают приспособление организма, личности, их систем к характеру отдельных воздействий или к изменившимся условиям жизни в целом [2]. При рассмотрении проблем адаптации человека принято выделять три функциональных уровня: физиологический, социальный и психологический. Психологическая адаптация – это явление, характеризующее наиболее оптимальное приспособление психики человека к условиям среды, жизнедеятельности и частным [3].

Адаптация в научных работах рассматривается как процесс, так и результат. Затрагивая процессуальную сторону, исследователи раскрывают стадии адаптационного процесса, которые проходит человек. Результатом адаптации является адаптированность личности, под которой обычно понимают уровень фактического приспособления индивида, уровень его социального статуса и самоощущения. Н.А. Нестеренко во всем многообразии показателей адаптированности личности выделяет три основных критерия: интеграция со средой, реализация личностного потенциала и эмоциональное самочувствие [2].

Эмоциональное самочувствие и состояние людей, включенных в экстремальную ситуацию, последовательно сменяется: первый этап характеризуется состоянием острого эмоционального шока, преобладанием чувства отчаяния и страха, затем наступает существенное ухудшение самочувствия и психоэмоционального состояния с преобладанием чувства растерянности, панических реакций, депрессивных тенденций. Последний этап – это стадия разрешения, на которой стабилизируется настроение и самочувствие, однако может сохраняться пониженный эмоциональный фон [4]. Одним из последствий вовлечения человека в экстремальную ситуацию может быть возникновение у него посттравматического стрессового расстройства (ПТСР), для которого характерно доминирование таких негативных эмоциональных переживаний как тревога, страх, депрессия, агрессия, раздражительность, дисфория, что является существенными признаками дезадаптации, как нарушения адаптации, приспособления организма к изменившимся условиям среды.

В зарубежной научной литературе описывается преимущественно негативное влияние наводнения на психологическое состояние пострадавшего населения в краткосрочной и долгосрочной перспективе: развитие ПТСР [5,6,7,8,9] депрессии [10,11] ухудшение сна [5], повышение уровня тревоги [6,7,9,12], подавленность, увеличение потребления алкоголя, табака и медикаментов [13,14]. Так в исследованиях Дж. Глезер с соавторами, у пострадавших от наводнения было выявлено увеличение потребления алкоголя – в 30% семей, курения — в 44%, а потребление медикаментов увеличилось на 52%. Более чем у 75% пострадавших отмечены нарушения засыпания и кошмарные сновидения. Все эти проявления имели место и через 4-5 лет после произошедшего события [14].

К числу факторов, влияющих на выраженность проявления негативных отсроченных реакций, исследователи относят, прежде всего, тяжесть ущерба, полученного людьми в

ситуации наводнения. В ряде исследований показано, что чем больше потерь понес человек (уровень измеряется в большинстве случаев в качестве комбинированного индекса различных аспектов, связанных с уровнем потерь), тем больше вероятность развития у него ПТСР [15,16]. В большей степени это относится к людям, чей дом, в котором они живут, серьезно пострадал во время наводнения [7,17] и тем, кто был эвакуирован во время наводнения [6,17].

Материал и методы

Целью нашего исследования является изучение эмоционального состояния пострадавших от наводнения людей во время и после наводнения в аспекте проблемы адаптации к экстремальным ситуациям.

Объектом исследования выступили жители поселка Молодежный Комсомольского района, который был частично затоплен во время паводка 2013 года. Затопление произошло в поселке вследствие прорыва дамбы 2 сентября. Уровень воды доходил до крыш домов. В срочном порядке было эвакуировано 343 жителя. Экстремальность ситуации усугублялась тем, что подъем воды был очень быстрым, а само затопление произошло ночью.

Всего в исследовании приняло участие 60 человек в возрасте от 21 до 80 лет (средний возраст 41,6 лет), из них 49 женщин и 11 мужчин. Исследование было проведено спустя 1,5 года после произошедшего события. В выборку вошло 30 человек (проживающих в частных домах и имеющих земельные участки с плодово-овощными посадками), дома и земельные участки которых затопило во время паводка 2013 года (из них 7 мужчин и 23 женщины, средний возраст 45,4), и 30 человек - жители п. Молодежный, имущество которых не пострадало (4 мужчины и 26 женщин, средний возраст 37,8).

Испытуемые должны были ретроспективно оценить свое эмоциональное состояние в два временных отрезка: в пик наводнения и после произошедшего наводнения. В перечень эмоциональных состояний входило 27 наименований, представленных в алфавитном порядке: безысходность, вина, воодушевление, гнев, горе, депрессия, замешательство, интерес, испуг, любопытство, неуверенность, облегчение, озабоченность, опустошенность, отвращение, отчаяние, печаль, презрение, принятие, радость, разочарование, растерянность, страх, стыд, тревога, удивление, ужас. На шкале длиной 15,5 сантиметров испытуемые должны были поставить знак (точку), символизирующую интенсивность данного эмоционального состояния. На одном полюсе этой шкалы содержалось высказывание «отсутствие эмоции», а на другом - «эмоция высокой интенсивности». Далее индивидуальные оценки из сантиметров были переведены в баллы – от 0 до 15,5 баллов. Оценка достоверности различий в эмоциональных реакциях между выборками была осуществлена с помощью критерия Манна-Уитни.

Результаты и их обсуждение

Как было выявлено в более ранних наших исследованиях, типичное эмоциональное состояние человека характеризуется преобладанием положительных эмоций над негативными: радости (среднее значение 6,5 баллов по десятибалльной шкале), интереса (6,4 балла) и любопытства (5,5 баллов). Остальные эмоции не достигают в своих средних значениях 5 баллов, и в связи с этим не могут считаться типичными для выборки в целом [18].

В длительной экстремальной ситуации спектр эмоциональных реакций взрослого населения, проживающего на затопленной территории, подвергается значительному изменению. Наибольшую силу имеет эмоция тревоги. Достаточно высокие значения также

имеют такие эмоции, как печаль, страх, испуг, ужас, озабоченность и удивление. Таким образом, для взрослого населения ситуация наводнения стала негативным событием, вызывающим большой спектр отрицательных эмоций негативного прогноза от тревоги до страха и ужаса, а также вызвала удивление. Это свидетельствует о том, что эта ситуация была неожиданностью для большинства. Произошедшее наводнение вызвало озабоченность, что вероятно связано с прогнозом и оценкой возможных последствий для города и себя лично.

Анализ эмоциональных реакций населения в пик наводнения, чьи дома и имущество значительно пострадало во время наводнения, а сами они были эвакуированы, свидетельствует о более высокой их интенсивности по сравнению с реакциями не пострадавшего населения. В большей степени это относится к эмоциям негативного прогноза: для пострадавших в пик наводнения характерны более высокие уровни тревоги ($p \leq 0,001$), испуга ($p \leq 0,01$), страха ($p \leq 0,01$), озабоченности ($p \leq 0,01$), растерянности ($p \leq 0,01$), замешательства ($p \leq 0,01$), неуверенности ($p \leq 0,01$) и отчаяния ($p \leq 0,01$) (табл. 1).

Выявлены достоверные различия и в фрустрационных эмоциях и эмоциях переживания горя в пик наводнения: у пострадавших были выявлены более высокие уровни разочарования ($p \leq 0,001$), печали ($p \leq 0,01$) и опустошенности ($p \leq 0,01$). Ситуация наводнения как у пострадавшего, так и не пострадавшего населения вызвала интеллектуальные эмоции средней интенсивности: любопытство, интерес, удивление (достоверные различия между выборками отсутствуют). В пик наводнения не было выявлено также различий между выборками в интенсивности эмоций удовлетворения и радости: как пострадавшие, так и не пострадавшие характеризовались крайне низкими уровнями (средние значения не превышали 1,1 из 15,5).

Таким образом, в пик наводнения, как для пострадавшего, так и для не пострадавшего населения характерна сходная картина эмоциональных переживаний: испуг, страх и ужас, отражающие разные стадии развития тревоги, имеющие предметную и смысловую направленность на самосохранение в ситуации угрозы; фрустрационные эмоции (разочарование и гнев), связанные с неоправдывающимися ожиданиями; эмоции переживания горя (печаль, горе), связанные с утратой (или угрозой утраты) чего-либо ценного и необходимого, наряду с удивлением и интересом к случившемуся явлению и сниженными эмоциями удовольствия: радости и облегчения. Наряду с этим, для пострадавшего населения проявление вышеописанных эмоциональных реакций является более острой: в большей степени это относится к эмоциям тревоги и разочарования, достигающих у пострадавших очень высоких значений.

После произошедшего наводнения эмоциональные реакции пострадавших и не пострадавших людей характеризуются разной направленностью. У не пострадавшего населения самыми ярко выраженными эмоциями стали эмоции удовлетворения и радости: облегчение (10,3), радость (10,1) и воодушевление (8,5). Этот факт свидетельствует о том, что население, имущество которого в ходе наводнения не пострадало, после произошедшей экстремальной ситуации испытали сильные, положительные, аффективно окрашенные эмоции, а также облегчение, как переживание положительного разрешения сложившейся ситуации. Противоположная картина эмоциональных переживаний была выявлена у пострадавшего населения: преобладали и достигали высоких значений эмоции негативного прогноза: озабоченность (10), отчаяние (8,8) растерянность (8,4), тревога (8,3), фрустрационные эмоции: разочарование (8,9), эмоции переживания горя: печаль (9,7), опустошенность (8,4) при достаточно низком сравнительном уровне эмоций удовлетворения и радости: радость (3,6), облегчение (3,8), воодушевление (3,5). По всем вышеперечисленным эмоциям выборка пострадавших с высокой степенью достоверности ($p \leq 0,001$) (кроме проявления тревоги ($p \leq 0,01$)) отличалась от выборки не пострадавших.

Таблица 1

**Ретроспективная оценка эмоциональных реакций пострадавших
и не пострадавших жителей п. Молодежный в пик наводнения
и после произошедшего наводнения**

Эмоциональные реакции	в пик наводнения		после произошедшего наводнения	
	пострадавшее население	не пострадавшее население	пострадавшее население	не пострадавшее население
Эмоции негативного прогноза				
озабоченность	10,6	6,0**	10,0	3,3***
тревога	12,8	9,6***	8,3	3,6**
неуверенность	7,7	3,5**	7,9	1,9***
растерянность	8,7	4,4**	8,4	1,7***
замешательство	6,6	2,9**	6,0	1,9***
страх	11,0	7,2**	5,5	2,0**
испуг	11,3	6,9**	5,6	1,4***
ужас	6,4	5,0	6,7	2,3***
отчаяние	7,9	3,8**	8,8	0,7***
Интеллектуальные эмоции				
интерес	2,3	4,8	5,3	5,6
любопытство	5,4	4,3	6,1	4,0
удивление	3,6	5,0	5,9	2,8*
принятие	3,7	2,3	4,1	2,8
Эмоции удовлетворения и радости				
радость	0,3	0,5	3,6	10,1***
воодушевление	0,5	0,8	3,5	8,5***
облегчение	1,0	1,1	3,8	10,3***
Фрустрационные эмоции				
разочарование	9,8	3,8***	8,9	1,7***
гнев	6,7	3,0*	5,5	1,3***
Эмоции переживания горя				
печаль	11,9	7,7**	9,7	3,2***
горе	8,7	5,2*	6,9	3,0**
опустошенность	7,0	2,7**	8,4	1,2***
безысходность	5,5	2,9*	4,6	2,0**
депрессия	5,9	2,0*	6,1	1,1***
Коммуникативные эмоции				
отвращение	4,6	1,2*	5,9	1,2***
презрение	3,1	0,9	2,7	0,9*
стыд	3,1	0,7	1,7	0,6
вина	0,9	1,0	0,7	1,0

* различия между выборками значимы для $p \leq 0,05$

** различия между выборками значимы для $p \leq 0,01$

*** различия между выборками значимы для $p \leq 0,001$

Таким образом, несмотря на оперативно оказанную помощь (в том числе, и материальную) жителям п. Молодежный в ходе наводнения, произошедшее событие спустя длительное время воспринимается ими довольно тяжело. На момент обследования пострадавшие люди, заполняя опросные листы, стремились рассказать о пережитых собы-

тиях, показывали последствия наводнения, просили о помощи. Некоторые из них, вспоминая о наводнении, плакали (в основном это были пожилые женщины). Полученные данные свидетельствуют о проявлении признаков дезадаптированности у пострадавшего населения спустя 1,5 года после события – ярко выраженные негативные эмоциональные переживания. Результаты работы ставят проблему отсроченной психологической помощи и сопровождения психологической адаптации пострадавшего от наводнения населения наряду с мероприятиями по восстановлению жилья и имущества пострадавших, поскольку как показали научные исследования, данная категория людей входит в группу риска по развитию психосоматических расстройств, развитию ПТСР, формированию лекарственной, никотиновой и алкогольной зависимости.

Литература

1. Психология экстремальных ситуаций для спасателей и пожарных /Под общей ред. Ю.С. Шойгу. – М.: Смысл. – 2007, С. 20.
2. Акименко А.К. Понятие адаптации, ее критериях и механизмах адаптационного процесса // Адаптация личности в современном мире: Межвуз сб. науч. Тр. Саратов: ИЦ «Наука». – 2011 – Вып. 3, С. 5-18.
3. Словарь психолога-практика. Сост. С.Ю. Головин. – Минск: АСТ, Харвест. – 2001, С. 6.
4. Малкина-Пых И.Г. Экстремальные ситуации. – М.: Эксмо. – 2005, С. 6.
5. Alderman K., Turner L.R., Tong S.L. Assessment of the Health Impacts of the 2011 Summer Floods in Brisbane // Disaster Medicine and Public Health Preparedness. – 2013. – № 7(4), С. 380–386.
6. Bei B., Bryant C., Gilson K.M., Koh J., Gibson P., Komiti A., et al. A prospective study of the impact of floods on the mental and physical health of older adults // Aging & Mental Health. – 2013, №17(8), С. 992–1002.
7. Azuma K., Ikeda K., Kagi N., Yanagi U., Hasegawa K., Osawa H. Effects of water-damaged homes after flooding: health status of the residents and the environmental risk factors // International journal of environmental health research. – 2014, № 24(2), С. 158–175.
8. Auger C., Latour S., Trudel M., Fortin M. Posttraumatic stress disorder—Victims of the Saguenay flood // Can Fam Physician. – 2000, № 46, С 2420–2427.
9. Maltais D., Lachance L., Fortin M., Lalande G., Robichaud S., Fortin C., et al. Psychological and physical health of the July 1996 disaster victims: A comparative study between victims and non-victims // Sante mentale au Quebec. – 2000, № 25(1), С. 116–137.
10. Ginexi E.M., Weihs K., Simmens S.J., Hoyt D.R. Natural disaster and depression: A prospective investigation of reactions to the 1993 Midwest Floods // American Journal of Community Psychology. – 2000, № 28(4), С. 495–518.
11. Tyler K.A., Hoyt D.R. The effects of an acute stressor on depressive symptoms among older adults - the moderating effects of social support and age // Res Aging. – 2000, № 22(2), С. 143–164.
12. Wind T.R., Joshi P.C., Kleber R.J., Komproe I.H. The impact of recurrent disasters on mental health: a study on seasonal floods in northern India // Prehosp Disaster Med. – 2013, № 28(3), С. 279– 281.
13. Turner L.R., Alderman K., Huang C.R., Tong S.L. Impact of the 2011 Queensland floods on the use of tobacco, alcohol and medication // Australian and New Zealand Journal of Public Health. – 2013, № 37(4), С. 396– 405.
14. Александровский Ю.А. Лобастов О.С., Спивак Л.И., Щукин Б.П. Психогении в экстремальных условиях. – М.: Медицина. – 1991, 115 с.
15. Liu A.Z., Tan H.Z., Zhou J., Li S.Q., Yang T.B., Wang J.R., et al. An epidemiologic study of posttraumatic stress disorder in flood victims in Hunan China // Can J Psychiat. – 2006, № 51(6), С.350.

16. Maghrabi K. Impact of Flood Disaster on the Mental Health of Residents in the Eastern Region of Jeddah Governorate, 2010: A Study in Medical geography // Life Science Journal-Acta Zhengzhou University Overseas Edition. – 2012, №9(1), С. 95–110.

17. Tunstall S., Tapsell S., Green C., Floyd P., George C. The health effects of flooding: Social research results from England and Wales // J Water Health. – 2006, №4(3), С. 365–380.

18. Яремчук С.В, Ситяева С.М., Махова И.Ю. Эмоциональные реакции населения, подвергшегося воздействию паводка, в ситуации угрозы повторения данного события // Психологическая безопасность личности в экстремальных условиях и кризисных ситуациях жизнедеятельности: Сборник научных статей V Международной научно-практической конференции /Под ред. Р. В. Кадырова. – Владивосток: Мор. гос. ун-т. – 2015, С. 433-442.

Сведения об авторах

Ситяева Снежана Михайловна – доцент кафедры психологии образования Амурского гуманитарно-педагогического государственного университета, e-mail: snejana-reg27@yandex.ru, контактный телефон: +79098601887

Яремчук Светлана Владимировна – доцент кафедры психологии образования Амурского гуманитарно-педагогического государственного университета, e-mail: svj@rambler.ru, контактный телефон: +79242254122

Махова Ирина Юрьевна – доцент кафедры психологии образования Амурского гуманитарно-педагогического государственного университета, e-mail: miu60@mail.ru, контактный телефон: +79243190658

Реферативный журнал ВИНТИ «РИСК И БЕЗОПАСНОСТЬ»

Реферативный журнал (РЖ) "Риск и безопасность" - периодическое информационное издание, в котором публикуются рефераты, аннотации и библиографические описания, составленные из периодических и продолжающихся изданий книг, трудов конференций, картографических изданий, диссертационных работ, патентных и нормативных документов, депонированных научных работ по проблемам риска и безопасности. За год освещается свыше 1,5 тыс. статей из более чем 70 основных журналов и сборников, примерно из 30 журналов по смежным наукам, издаваемых в Российской Федерации и за рубежом.

Разделы РЖ "Риск и безопасность":

- общие проблемы риска и безопасности;
- теоретические основы обеспечения безопасности и оценки риска;
- организация служб противодействия чрезвычайным ситуациям природного и техногенного характера;
- технология и техника для проведения аварийно-спасательных работ;
- предупреждение возникновения и развития чрезвычайных ситуаций различного характера и их ликвидация;
- социальная безопасность;
- информационная безопасность, защита информации;
- медицина катастроф, медицинская помощь при аварийно-спасательных работах;
- техника безопасности и средства защиты при аварийно-спасательных работах.

Издание выходит 12 раз в год.

Индекс по каталогу: 56224.

Подписка проводится:

- в почтовых отделениях связи по каталогам **ОАО Агентство «Роспечать»** «Издания органов научно-технической информации» и Объединенному каталогу «Пресса России», Том 1 – на квартал и полугодие;

а также у официальных дистрибьюторов ВИНТИ РАН:

- **ООО «Информ-ВИНИТИ»**

Адрес: 125190, Россия, г. Москва, ул. Усиевича, 20,
Телефон: 8 (499) 152-64-00; Факс: 8 (499) 152-64-00;
E-mail: inform-viniti@viniti.ru

- **ООО «Информнаука»**

Телефон: 8 (495) 787-38-73 (многоканальный),
Факс: 8 (499) 152-54-81;
WWW: <http://www.informnauka.com>, E-mail: alfimov@viniti.ru

- **ЗАО «МК-Периодика»**

Телефоны: 8 (495) 672-70-12, (495) 672-70-89 Факс: 8 (495) 306-37-57
WWW: <http://www.periodicals.ru>
E-mail: info@periodicals.ru

Подписку на территории Российской Федерации для ЗАО «МК-Периодика» осуществляет: ООО «НТИ-Компакт»

Телефоны: 8 (495) 368-41-01, +7-985-456-43-10
E-mail: nti-compakt@mail.ru

За справками обращаться в **ВИНИТИ РАН**

Адрес: 125190, Россия, г. Москва, ул. Усиевича, 20, **Отдел взаимодействия с потребителями и дистрибьюторами информационных продуктов ВИНТИ РАН (ОВПД);**
Телефоны: 8 (499) 155-45-25; (499) 155-46-20
Факс: 8 (499) 155-45-25;
E-mail: davydova@viniti.ru, zinovyeva@viniti.ru

Реферативный журнал ВИНТИ «ПОЖАРНАЯ ОХРАНА»

Реферативный журнал "Пожарная охрана" - периодическое издание ВИНТИ по проблемам пожарной безопасности. В выпуске "Пожарная охрана" за год освещается свыше 3 тыс. статей из более чем 60 основных по пожарной тематике журналов и сборников, примерно из 30 журналов по смежным наукам, издаваемых в Российской Федерации и за рубежом.

Разделы РФ "Пожарная охрана":

- общие проблемы пожарной безопасности;
 - организация пожарной охраны; пожарная техника;
 - тушение пожаров и тактика тушения;
 - процессы горения в условиях пожара;
 - пожарная опасность веществ и материалов;
 - снижение пожарной опасности, огнезащита;
 - пожарная безопасность электросетей и электроустановок;
 - пожарная безопасность различных отраслей народного хозяйства, строительства, жилых и общественных зданий, сельского и лесного хозяйства;
 - техника безопасности и индивидуальные средства защиты в пожарной охране;
 - пожарная сигнализация.
- Периодичность издания – 12 номеров в год.

Индекс по каталогу: 56136.

Подписка проводится:

- в почтовых отделениях связи по каталогам **ОАО Агентство «Роспечать»** «Издания органов научно-технической информации» и Объединенному каталогу «Пресса России», Том 1 – на квартал и полугодие;

а также у официальных дистрибьюторов ВИНТИ РАН:

• ООО «Информ-ВИНТИ»

Адрес: 125190, Россия, г. Москва, ул. Усиевича, 20,
Телефон: 8 (499) 152-64-00; Факс: 8 (499) 152-64-00;
E-mail: inform-viniti@viniti.ru

• ООО «Информнаука»

Телефон: 8 (495) 787-38-73 (многоканальный),
Факс: 8 (499) 152-54-81;
WWW: <http://www.informnauka.com>, E-mail: alfimov@viniti.ru

• ЗАО «МК-Периодика»

Телефоны: 8 (495) 672-70-12, (495) 672-70-89 Факс: 8 (495) 306-37-57
WWW: <http://www.periodicals.ru>
E-mail: info@periodicals.ru

Подписку на территории Российской Федерации для ЗАО «МК-Периодика» осуществляет: ООО «НТИ-Компакт»

Телефоны: 8 (495) 368-41-01, +7-985-456-43-10
E-mail: nti-compakt@mail.ru

За справками обращаться в **ВИНТИ РАН**

Адрес: 125190, Россия, г. Москва, ул. Усиевича, 20, **Отдел взаимодействия с потребителями и дистрибьюторами информационных продуктов ВИНТИ РАН (ОВПД);**

Телефоны: 8 (499) 155-45-25; (499) 155-46-20
Факс: 8 (499) 155-45-25;
E-mail: davydova@viniti.ru, zinovyeva@viniti.ru

Центр (Отдел) научно-информационного обслуживания (ЦНИО) ВИНИТИ РАН.

Информационные услуги, предоставляемые ЦНИО ВИНИТИ РАН:

- проведение тематического поиска и консультации поисковых экспертов;
- подготовка списков научной литературы;
- подбор и копирование полнотекстовых материалов из первоисточников;
- библиометрическая оценка эффективности научной деятельности с использованием БД Web of Science и БД SCOPUS;
- информационное обеспечение информационно-аналитической деятельности по подготовке и предоставлению аналитических обзоров и других научных материалов.

ВИНИТИ РАН располагает следующими источниками информации:

- фондом НТЛ, включающим более 2 млн. отечественных и иностранных журналов, книг, депонированных рукописей, авторефератов диссертаций и другой научной литературы, ретроспектива - с 1987 года;
- базами данных и Интернет-ресурсами: БД ВИНИТИ (разработка ВИНИТИ), БД SCOPUS, БД Questel (патенты) и другими реферативными ресурсами;
- полнотекстовыми электронными ресурсами (статьи, патенты, материалы конференций).

Ознакомиться с информацией о доступных полнотекстовых и реферативных ресурсах можно на сайте ВИНИТИ www.viniti.ru

К услугам пользователей – **Электронный Каталог ВИНИТИ** www.catalog.ru и служба электронной доставки документов.

Осуществляется платное информационное обслуживание по разовым заказам и на договорной основе с предоставлением всех необходимых финансовых документов.

Проводится индивидуальное обслуживание пользователей в читальном зале ЦНИО ВИНИТИ.

Обращаться в ЦНИО ВИНИТИ:

- адрес: 125190, Россия, г. Москва, ул.Усевича, 20.
- телефоны: 8(499) 155 -42 -43, 8(499) 155 -42 -09, 8(499) 155 -42 -17.
- эл. почта cnio@viniti.ru, fdk@viniti.ru.
- факс 8(499) 930 -60 -00 (для ЦНИО).

Научный информационный сборник «ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ»

Предназначен для руководителей и специалистов государственных служб, научных организаций и промышленных предприятий, которые занимаются безопасностью населения, территорий и промышленных объектов, а также для преподавательского состава по подготовке кадров всех уровней в области обеспечения безопасности в различных сферах деятельности.

Научный информационный сборник издается Всероссийским институтом научной и технической информации (ВИНИТИ) при участии МЧС России с 1990 г. с периодичностью 6 номеров в год, объемом 12 авт. листов каждый, ISSN 0869-4176.

В состав редколлегии входят ведущие специалисты в области проблем безопасности институтов и организаций РАН, МЧС России, Минатома России, Минюста России, Горгостехнадзора России, Минэкономки России и других министерств и ведомств России.

Сборник является междисциплинарным научно-техническим изданием в данной области. За 21 год существования журнала сложился высокоэрудированный авторский коллектив из специалистов различных отраслей науки и промышленности.

Решением Президиума ВАК Минобрнауки России научно-информационный сборник "Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций" включён в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёных степеней доктора и кандидата наук.

В журнале освещаются:

- основы государственной политики в области безопасности;
- правовое регулирование в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций;
- обзор теоретических и практических методов оценки риска различных объектов и прогнозирования ЧС; управление рисками различных категорий; страхование;
- научно-теоретические и инженерно-технические разработки в области проблем безопасности, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций; проблемы безопасности транспортных систем;
- организация служб гражданской защиты и комплексной безопасности населения; проблемы безопасности личности, общества и государства;
- подготовка специалистов для государственных служб безопасности, преподавательского состава и учащихся высших и средних учебных заведений по дисциплинам: "Безопасность жизнедеятельности", "Пожарная безопасность" и "Экология";
- международное сотрудничество в области безопасности;
- информационная безопасность;
- проблемы "Медицины катастроф";
- статистические данные о чрезвычайных ситуациях в России и за рубежом; информация о конгрессах, семинарах, совещаниях и выставках, а также о новых изданиях по проблемам безопасности и чрезвычайных ситуаций.

Более подробно о журнале можно узнать на сайте по адресу <http://www.viniti.ru>.

По вопросу публикаций обращаться по: телефону (499) 155-44-26; E-mail: tranbez@viniti.ru.

Периодичность журнала - 6 номеров в год, **индекс 55431** по Каталогу Роспечати "Издания органов научно-технической информации" на первое полугодие 2013 года.

Подписка проводится:

- в почтовых отделениях связи по каталогам **ОАО Агентство «Роспечать»** «Издания органов научно-технической информации» и Объединенному каталогу «Пресса России», Том 1 – на квартал и полугодие; а также у официальных дистрибьюторов ВИНИТИ РАН:

• ООО «Информ-ВИНИТИ»

Адрес: 125190, Россия, г. Москва, ул. Усиевича, 20,
Телефон: 8 (499) 152-64-00; Факс: 8 (499) 152-64-00;
E-mail: inform-viniti@viniti.ru

• ООО «Информнаука»

Телефон: 8 (495) 787-38-73 (многоканальный),
Факс: 8 (499) 152-54-81;
WWW: <http://www.informnauka.com>,
E-mail: alfimov@viniti.ru

За справками обращаться в **ВИНИТИ РАН**

Адрес: 125190, Россия, г. Москва, ул. Усиевича, 20,

Отдел взаимодействия с потребителями и дистрибьюторами информационных продуктов ВИНИТИ РАН (ОВПД);

Телефоны: 8 (499) 155-45-25; (499) 155-44-61
E-mail: davydova@viniti.ru, zinovyeva@viniti.ru

• ЗАО «МК-Периодика»

Телефоны: 8 (495) 672-70-12,
8 (495) 672-70-89
Факс: 8 (495) 306-37-57
WWW: <http://www.periodicals.ru>
E-mail: info@periodicals.ru

Подписку на территории Российской Федерации для ЗАО «МК-Периодика» осуществляет:
ООО «НТИ-Компакт»

Телефоны: 8 (495) 368-41-01,
+7-985-456-43-10
E-mail: nti-compakt@mail.ru

Научный информационный сборник зарегистрирован в Роскомнадзоре:
Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-57408 от 24 марта 2014 г.

Подписано в печать 09.02.2016 г. Формат 60x84 1/8

Печать цифровая. Бум. офсетная. Усл. печ. л. 11,00 Уч.-изд. л. 8,54 Тираж 111 экз.

Адрес редакции: 125190, Москва, ул. Усиевича, д. 20

Тел. 8 (499) 155-44-21, e-mail: tranbez@viniti.ru