

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ
(ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ)

NATURAL AND TECHNOLOGICAL RISKS
(PHYSICS-MATHEMATICAL AND APPLIED ASPECTS)

№ 1 (37) – 2021

Редакционный совет

Председатель – доктор химических наук, профессор, лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники **Ивахнюк Григорий Константинович**, заведующий кафедрой инженерной защиты окружающей среды Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета).

Заместитель председателя – доктор политических наук, кандидат исторических наук, доцент **Мусиенко Тамара Викторовна**, помощник начальника университета.

Заместитель председателя (ответственный за выпуск журнала) – доктор педагогических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Медведева Людмила Владимировна**, заведующий кафедрой физико-технических основ обеспечения пожарной безопасности, руководитель учебно-научного комплекса – 6 «Физико-математическое, инженерное и информационное обеспечение безопасности при ЧС».

Члены редакционного совета:

доктор технических наук, профессор **Минкин Денис Юрьевич**, директор Санкт-Петербургского ГУП «Горэлектротранс»;

доктор технических наук, профессор **Шарапов Сергей Владимирович**, профессор кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

кандидат юридических наук, доктор педагогических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Грешных Антонина Адольфовна**, декан факультета подготовки кадров высшей квалификации Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Поляков Александр Степанович**, профессор кафедры физико-технических основ обеспечения пожарной безопасности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

доктор технических наук, профессор, почетный работник науки и техники **Барбин Николай Михайлович**, ведущий научный сотрудник УрИ ГПС МЧС России, директор научно-исследовательского института физико-химических проблем и техносферной безопасности Государственного аграрного университета;

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, лауреат Государственной премии Российской Федерации и премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники **Потапов Анатолий Иванович**, заведующий кафедрой «Приборы контроля и систем экологической безопасности» Северо-Западного

государственного заочного технического университета Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

кандидат физико-математических наук, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Сильников Михаил Владимирович**, профессор кафедры переподготовки и повышения квалификации специалистов Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

кандидат педагогических наук, доцент **Клюй Валерий Владимирович**, профессор кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

Секретарь совета:

капитан внутренней службы **Домничева Анастасия Вячеславовна**, старший редактор отделения предпечатной подготовки редакционного отдела центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.

Редакционная коллегия

Председатель – кандидат технических наук, доцент полковник внутренней службы **Онов Виталий Александрович**, начальник центра организации научно-исследовательской редакционной деятельности.

Заместитель председателя – майор внутренней службы **Дмитриева Ирина Владимировна**, начальник редакционного отдела центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.

Члены редакционной коллегии:

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Щербаков Олег Вячеславович**, профессор кафедры прикладной математики и информационных технологий;

доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Таранцев Александр Алексеевич**, профессор кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ;

кандидат технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Антюхов Валерий Иванович**, профессор кафедры системного анализа и антикризисного управления;

кандидат технических наук, доцент **Романов Николай Николаевич**, доцент кафедры физико-технических основ обеспечения пожарной безопасности;

кандидат технических наук, доцент **Матвеев Александр Владимирович**, заведующий кафедрой прикладной математики и информационных технологий;

кандидат технических наук, доцент **Виноградов Владимир Николаевич**, инженер отдела планирования, организации и координации научных исследований центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.

Секретарь коллегии:

майор внутренней службы **Болотова Полина Александровна**, редактор редакционного отделения редакционного отдела центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.



СОДЕРЖАНИЕ

МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

Лабинский А.Ю. Организация защиты информации в операционной системе LINUX.....	4
Чугунов В.И. Системный подход к оценке уровня готовности подразделений пожарной охраны.....	9
Трофимец Е.Н. Исследование систем нелинейных уравнений методом Ньютона в MS Excel.....	18

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Кузьмин А.А., Кузьмина Т.А. Моделирование процесса охлаждения продуктов горения на пожаре в вертикальных вентиляционных каналах.....	24
Кузьмин А.А., Романов Н.Н., Пермяков А.А. Термодинамическая модель истечения огнетушащей смеси из неизотермического резервуара конечного объема.....	28
Трубилко А.И. Реактивные силы и техносферная безопасность.....	34
Медведева Л.В. Физические основы теплосъема в системах оборотного водоснабжения промышленных объектов.....	43

ИНЖЕНЕРНОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Поначугин А.В., Попенко С.Д. Роль администрирования сетей в школах. Исследование организации информационной инфраструктуры внутри школ.....	49
Сведения об авторах.....	56
Информационная справка.....	57
Авторам журнала «Природные и техногенные риски» (физико-математические и прикладные аспекты).....	62

Полная или частичная перепечатка, воспроизведение, размножение
либо иное использование материалов, опубликованных в журнале
«Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты)»,
без письменного разрешения редакции не допускается

ББК Ц.9.3.2
УДК 504+614.8(051.2)

Отзывы и пожелания присылать по адресу: 196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, 149. Редакция журнала «Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты)»; тел. (812) 645-20-35. E-mail: redakziaotdel@yandex.ru. Официальный интернет-сайт Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России: WWW.IGPS.RU

ISSN 2307-7476

© Санкт-Петербургский университет Государственной
противопожарной службы МЧС России, 2021

МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

УДК 681.3

ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ LINUX

**А.Ю. Лабинский, кандидат технических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены особенности организации защиты информации в операционной системе Linux. Рассмотрены характеристики файловой системы операционной системы Linux, включая типы файлов, права доступа, антивирусную защиту.

Ключевые слова: файловая система, операционная система, программное обеспечение

THE ORGANIZATION OF INFORMATION PROTECTION IN THE OPERATING SYSTEM LINUX

A.Yu. Labinskiy. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

This article presents the problem of the organization of information protection in the operating system Linux. The centre of attention uses descriptions of the organization of information protection in file system the Linux operating system.

Keywords: file system, operating system, computing program

Введение

Важность решения вопросов защиты информации в настоящее время не вызывает сомнений [1]. Этим вопросам автором данной статьи уделяется достаточно большое внимание [2–4]. «Создание отечественных операционных систем (ОС) идет в основном по пути доработки заимствованных исходных кодов ядра ОС Linux» [5]. Достаточно большое число прикладных программ, разработанных под ОС Linux, являются кроссплатформенными. «Это качество выражено у программ, изначально разработанных для Unix-подобных ОС, к которым относится ОС Linux» [6].

Так как защита информации на ЭВМ во многом определяется особенностями файловой системы, рассмотрение организации защиты информации в ОС Linux следует начать с рассмотрения файловой системы.

Иерархическая файловая система, состоящая из вложенных друг в друга каталогов, впервые появилась в ОС Unix. Структура ОС Unix представлена на рис. 1.

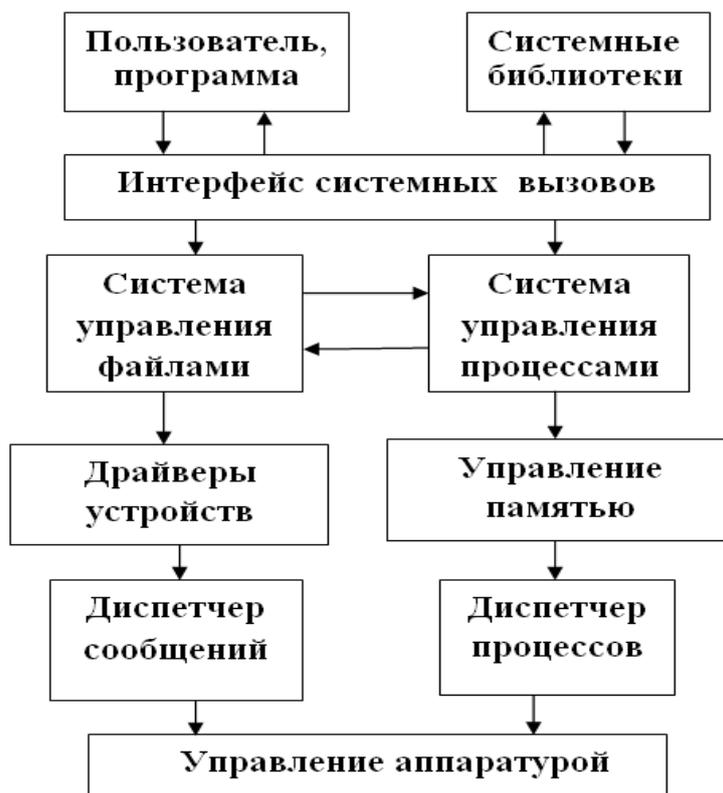


Рис. 1. Структура ОС Unix

Файловая система ОС Linux

«Блоки данных содержат фактические данные, хранящиеся в файле» [7].

ОС Linux может работать со многими файловыми системами (в том числе FAT, VFAT, HPFS, NTFS), но из ОС Windows разделы файловой системы ОС Linux недоступны. Собственные файловые системы Linux – это Ext2 и Ext3.

Структура файловой системы ОС Linux представлена на рис. 2.



Рис. 2. Структура файловой системы ОС Linux

ОС Linux – это журналируемая файловая система, в которой ведется журнал всех операций, предусмотрена возможность отката. В этой файловой системе используются файлы четырех типов (рис. 3): файлы, каталоги (в том числе приводы CD-ROM, Zip и т.п.), файлы устройств (порты ввода/вывода, накопители, звуковые устройства) и ссылки (прямые и символические – аналог ярлыков в ОС Windows).



Рис. 3. Типы файлов ОС Linux

«Файл с точки зрения ОС Linux состоит из двух частей [6]:

- запись inode (узел), в котором содержится информация о размере файла, его формате, правах доступа к файлу и другая информация;
- имя файла, связанное с записью inode с помощью прямой жесткой ссылки».

Файл будет удален только после удаления всех жестких ссылок на него. Символическая ссылка содержит информацию о пути к указанному файлу.

В ОС Linux расширение имени файла не имеет такого значения, как в ОС Windows. Расширение у имени файла может быть любое или не быть вообще, или у файла может быть несколько расширений (например, *.tar.gz). Один и тот же файл может иметь разные имена. Если в начале имени файла стоит точка, то это скрытый файл. Максимальная длина имени файла – 255 символов (русские и латинские буквы). Можно использовать любые символы, кроме следующих: ! @ & * () < > | ; \ / .

В имени файла прописные и строчные буквы различаются. Максимально возможная длина пути для файла – 4 096 символов.

«Каталог в Linux – это файл, содержащий только ссылки на другие файлы или каталоги. Структура каталогов в ОС Linux строго регламентирована [7]:»

- /bin – исполняемые файлы общего назначения (терминалы, редакторы, архиваторы);
- /boot – файлы образа ядра ОС для ее загрузки;
- /dev – файлы устройств (devices);
- /etc – конфигурационные файлы (настройки программ);
- /home – папки отдельных пользователей;
- /lib – общесистемные библиотеки;
- /mnt – монтирование файловых систем;
- /proc – виртуальная файловая система (находится в оперативном запоминающем устройстве);
- /root – каталог администратора ОС;
- /sbin – двоичные файлы системного администрирования;
- /tmp – временные файлы;

/usr – прикладное пользовательское программное обеспечение (обычно самый большой каталог);
 /var – изменяющиеся файлы (очереди печати, электронная почта и т.п.);
 /opt – необязательные компоненты;
 /misc – все остальные файлы.

Права доступа

«Все файлы и каталоги ОС Linux имеют права доступа, которые делятся на две группы [6]:»

- права принадлежности (владелец - u, группа - g, все остальные - o);
- права действия (чтение - r, запись - w, исполнение - x).

Владелец файла обычно имеет права: - rwx;

Привилегированная группа обычно имеет права: - r-x;

Остальные пользователи обычно имеют права: - r--.

Структура прав доступа представлена на рис. 4.



Рис. 4. Структура прав доступа

Имеется числовой метод задания прав доступа, для чего используется восьмеричная система счисления:

8-й	0	1	2	3	4	5	6	7
2-й	000	001	010	011	100	101	110	111

Первый бит – чтение, второй – запись, третий – выполнение, то есть 111 → -rwx, 010 → --w-

Тогда число 644 → -rw- + -r-- + -r--. Это значит, что у владельца права: -rw- , у группы права: -r--, у остальных права: -r--. Число 777 означает максимальные права у всех: -rwx + -rwx + -rwx.

Администратор (root) имеет все права, в том числе на смену права действия и принадлежности для любого пользователя. По умолчанию пользователь является владельцем всех файлов подкаталога /home/имя_пользователя.

В дистрибутиве Linux есть системные учетные записи. Они не имеют привилегий (в отличие от учетной записи администратора (root) и используются для специальных целей. Они существуют, чтобы при выполнении соответствующих операций избежать проблем, связанных с защитой системы (у них отсутствуют пароли). Определенные приложения запускаются от их имени, а не от имени администратора (суперпользователя root). Эти учетные записи должны быть записаны в файле паролей: /etc/passwd. В состав системных

учетных записей могут входить следующие имена: adm, bin, daemon, lp, mail, operator, sync, shutdown и др.

Структура информации о пользователе представлена на рис. 5.



Рис. 5. Структура информации о пользователе

«О пользователе ОС хранит следующую информацию [7]»: Username (логин); Password(пароль); Uid (User ID – идентификатор пользователя); Group (группа пользователя); Full Name (реальное имя пользователя, например «Иванов»); Home Dir (каталог пользователя); Login Shell (оболочка пользователя, которая запускается при входе пользователя в ОС). Эта информация хранится в файле /etc/passwd в виде: Username: password: UID: GID: full_name: home_dir: login_shell.

Пример фрагмента файла /etc/passwd:

```

Root:x:0:0:root:/root:/bin/bash
Bin:x:1:1:bin:/bin:/sbin/nologin
Daemon:x:2:2:daemon:/sbin:/sbin/nologin
Patric:x:500:500:patric:/home/patric:/bin/bash
    
```

Здесь вместо пароля стоят символы «x», так как пароли хранятся в зашифрованном виде в файле /etc/shadow (теньевые пароли).

В файловой системе Linux есть только один корневой каталог (/), даже если данные находятся на различных носителях: HDD, CD-ROM, Zip и т.п. Для подключения файловых систем носителей к общей файловой системе Linux используется процедура монтирования (каталог /mnt). Персональный компьютер с жесткими дисками IDE может иметь до четырех жестких дисков: /dev/hda, /dev/hdb, /dev/hdc, /dev/hdd. Разделам файловой системы Windows будут соответствовать: C: → /dev/hda1, D: → /dev/hda2, E: → /dev/hda3 и т.д. CD-ROM → /dev/cdrom.

В файловой системе Linux используются следующие стандартные имена устройств: ttyN – консоль (N – номер устройства); ttySN – последовательный порт (например, ttyS0 – COM1); lpN – параллельный порт.

Антивирусная защита

«В ОС Linux не запускается львиная доля вирусов, разработанных для других ОС, запускаются только вирусы, разработанные специально для Linux» [3]. Если пользователь запустит такой вирус, то могут пострадать только файлы пользователя, запустившего вирус. Практически все Linux-вирусы распространяются по сети. Такие вирусы ищут на компьютере программу, обладающую привилегированными правами. Затем они запускают эту программу с недопустимыми параметрами, что приводит к разрушению этой программы. В результате привилегированные права получает вирус.

Для ОС Linux в России разработаны антивирусные программы AVP («Лаборатория Касперского») и DrWeb («Лаборатория Данилова»). Эти программы могут распознавать не только Linux-вирусы, но и вирусы для ОС Windows.

Вывод

Файловая система ОС Linux является журналируемой системой, в которой предусмотрена возможность отката за счет ведения журнала всех операций и задаются права доступа для каждого файла и каталога, что обеспечивает высокую степень защищенности информации от несанкционированного доступа.

Литература

1. Безопасность информационных систем и защита информации в МЧС России: учебное пособие / Ю.И. Синешук [и др.]; под ред. В.С. Артамонова. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2012.
2. Лабинский А.Ю., Ильин А.В. Фракталы и защита информации // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2016. № 1. С. 82–86.
3. Лабинский А.Ю., Толстов А.П. Нейронные сети и защита информации // Проблемы управления рисками в техносфере». 2019. № 1. С. 68–73.
4. Лабинский А.Ю. К вопросу создания программ для отечественных операционных систем // Проблемы управления рисками в техносфере». 2019. № 4. С. 45–51.
5. Panigrahy N. Mobile Development for Linux. Hermes, 2018.
6. Бендел Д., Нейпир Р. Использование Linux. М.: Вильямс, 2012.
7. Граннеман С. Linux. Карманный справочник. М.: Вильямс, 2017.
8. Websters. New Riverside University Dictionary. The Riverside Publishing Company, 2017.
9. Websters Desk Dictionary of the English Language. The Portland House (Firm), 2015.
10. Степанов А.М., Масловский Е.К. Англо-русский словарь по вычислительной технике. М.: Русский язык, 2015.

УДК 614.8.06

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ УРОВНЯ ГОТОВНОСТИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ

**В.И. Чугунов, кандидат технических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрен логико-математический подход к оценке уровня подготовленности специалистов и подразделений пожарной охраны. В основу положен закон пропорциональности потоков выполняемых работ и ресурсов, которые определяются целевыми функциями и объективными законами функционирования и развития системы «человек – техника – среда». Изложены принцип и структура построения диагностической

карты. Приведены частные и общие показатели эффективности специалистов и подразделений.

Ключевые слова: система «человек – техника – среда», логико-математическая теория систем, диагностическая карта, частные и общие показатели эффективности

A SYSTEMATIC APPROACH TO ASSESSING THE LEVEL OF READINESS OF FIRE DEPARTMENTS

V.I. Chugunov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The logical and mathematical approach to assessing the level of preparedness of specialists and units of fire protection is considered. The law of proportionality of the flow of work and resources, which are determined by the targeted functions and objective laws of operation and development of the system «man – technology – environment» is the basis. The principle and structure of the diagnostic map is laid out. Private and general indicators of the effectiveness of specialists and departments are presented.

Keywords: «man – technology – environment» system, logic-mathematical theory of systems, diagnostic card, private and general performance indicators

Пожарную охрану можно рассматривать как сложную социотехническую систему «Человек – техника – среда», предназначенную для предупреждения и тушения пожаров. Она располагает соответствующими ресурсами (силами и средствами). Пожарная охрана функционирует в окружающей среде: природной, технической и социально-экономической, которая оказывает влияние на её эффективность.

Априорно эффективность пожарной охраны можно оценивать с применением математического аппарата теории вероятностей [1], на основе статистических данных по тушению пожаров [2].

При этом сопоставляются отношение суммы стоимости спасенного имущества и страховых отчислений к расходам на содержание пожарной охраны, а эффективность – отношением стоимости спасенного имущества к сумме ущерба. Но для этого нужно, чтобы пожары состоялись!

Существуют и другие подходы к оценке эффективности пожарной охраны [3–5]. Однако в настоящее время отсутствует методика оценки уровня готовности подразделения пожарной охраны к тушению пожаров. Он должен рассчитываться априорно.

Для построения моделей подразделений противопожарной службы и составления диагностической карты оценки уровня подготовленности спасателей и готовности подразделений к выполнению поставленных задач применима логико-математическая теория систем.

Пожарная часть – это многоуровневая система, образованная единством и взаимодействием подсистем (звеньев) разной природы и назначения. Все процессы, присущие системе как целому, определяются целевыми функциями и объективными законами её функционирования и развития [6, 7].

Функциональные связи между элементами системы образуют потоки: материальные, энергетические, информационные, финансовые и иные. Первые четыре поддаются измерению и контролю. Иные потоки – это потоки, существование или природа которых не известна или ими невозможно управлять. Они могут входить в состав измеряемых потоков (естественная убыль, хищение, рассеяние энергии, другие потери). В таком случае их влияние учитывается на основе статистических данных и компенсируется созданием резервов по определенным видам ресурсов.

Любой параметр потока может находиться в соответствии с границами заданного диапазона (норма), ниже нормы, выше нормы. При прохождении через элемент системы

значение параметра может уменьшаться или увеличиваться, в зависимости от внутренней функции F_x элемента (рис. 1 а). Разделение потоков в элементе показано на рис. 1 б.

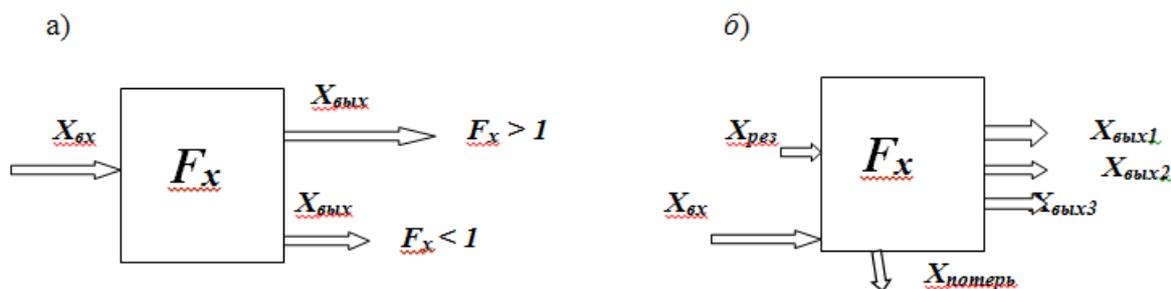


Рис. 1

При разделении потоков для нормального функционирования звена должно соблюдаться условие: $X_{вх} = X_{вых1} + X_{вых2} + X_{вых3}$ при $X_{рез} \geq X_{потерь}$.

Построение математической модели функционирования системы с рассмотренных позиций выдвигает на первый план раскрытие форм математической записи операторов F_x , отображающих технологические процессы производства, переработки информации и отражения во временных параметрах финансовых и материальных ресурсов, информационных потоков, физических и психофизиологических параметров операторов.

Общий принцип моделирования систем: под выполнение целевых функций создаются подсистемы, под выполнение функциональных задач – звенья, которые состоят из элементов. Вторым фактором, полагаемым в основу структурирования модели системы, является временной фактор. Деятельность подразделения и его подсистем, звеньев и элементов разделяется на этапы. В общем плане деятельности спасательных подразделений выделяется три этапа:

- ДО объявления сигнала оповещения (повседневная работа);
- ВО ВРЕМЯ происшествия (организации и осуществления тушения пожара);
- ПОСЛЕ происшествия.

Для каждого из этапов существует вполне определенное функциональное взаимодействие между элементами системы и распределение потоков работ и ресурсов.

Соотношение фактического выполнения работ к потребному объему служит показателем эффективности работы подразделения и является апостериорным показателем. Соотношение показателей, характеризующих реальные (определенные при тестировании) возможности элементов системы по выполнению плановой работы, является априорным показателем готовности подразделения (уровня подготовленности спасателей) к выполнению своих функций.

Элементами в структуре модели подразделения по их масштабу выступают: оператор (спасатель), техническое средство, расчет, команда, отдел, служба, подразделение. Этот ряд можно продолжить по вертикали – гарнизон, территориальная служба и т.д.

Исходным для составления диагностической карты оценки уровня подготовки спасателей и готовности подразделений к выполнению своих функций является анализ технологических процессов с разбивкой по этапам работы. Последнее имеет существенное значение, так как на каждом этапе решаются определенные и только им присущие задачи. При этом в процессах участвуют определенные элементы системы; некоторые из них выполняют свои функции на всех этапах, другие включаются в работу только на отдельных этапах.

Таким образом строится сетевой график развития системы с исходного состояния S_0 с последующим изменением во времени, то есть переходом из одного состояния в другое (рис. 2). По оси абсцисс обозначаются состояния системы в определенные моменты времени, определяемые по характерным признакам.

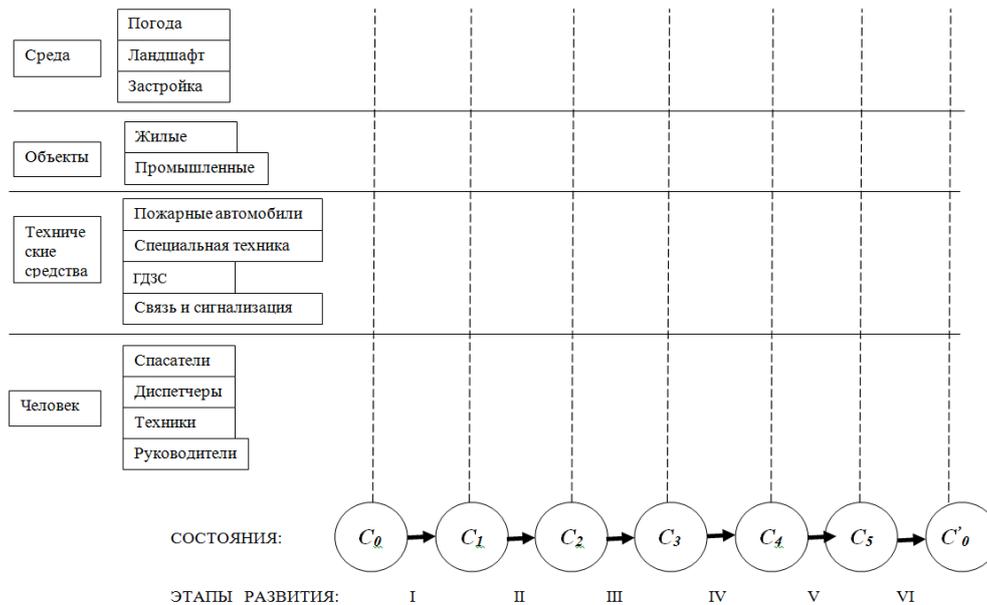


Рис. 2. Шаблон сетевого графика изменения состояний системы: ГДЗС – газодымозащитная служба

На оси ординат обозначаются определяющие факторы подсистем:

– собственно подразделения пожарной охраны с разделением по группам факторов человека и техники (степень детализации зависит от организационной структуры подразделения);

– охраняемых объектов;

– внешней среды.

Векторы перехода из одного состояния в другое являются этапами развития системы.

В представленном на рис. 2 шаблоне сетевого графика изменения состояний системы – промежуточные состояния обозначены:

– C_0 – состояние системы на начальный момент изучения её развития;

– C_1 – поступление вызова, приказа на следование к месту вызова;

– C_2 – прибытие на объект;

– C_3 – начало тушения пожара;

– C_4 – завершение тушения пожара;

– C_5 – завершение расследования пожара;

– C'_0 – возвращение к повседневному функционированию в новый момент времени.

Соответственно, этапы развития системы можно поименовать: I – повседневная работа; II – выезд по тревоге; III – развертывание пожарно-спасательных расчетов; IV – тушение пожара и выполнение спасательных работ; V – расследование пожара; VI – восстановление системы и внедрение плана мероприятий по повышению противопожарной защиты на территории ответственности подразделения.

На каждом этапе решаются определенные задачи. Детализация задач на упражнения (операции) производится исходя из конкретных условий деятельности, располагаемых технических средств и штатного расписания расчетов.

Диагностическая карта оценки готовности подразделения к действиям в чрезвычайной (аварийной) ситуации (рис. 3) составляется на основе диагностических карт оценки уровня подготовки персонала, оценки состояния технических средств (систем), дееспособности системы управления. Она структурируется в соответствии с организационной структурой подразделения, этапами развития системы и решаемыми задачами. Основой определения количественных показателей являются нормативные требования, установленные для определяющих параметров рабочих процессов, технических параметров систем и профессиональных качеств персонала.

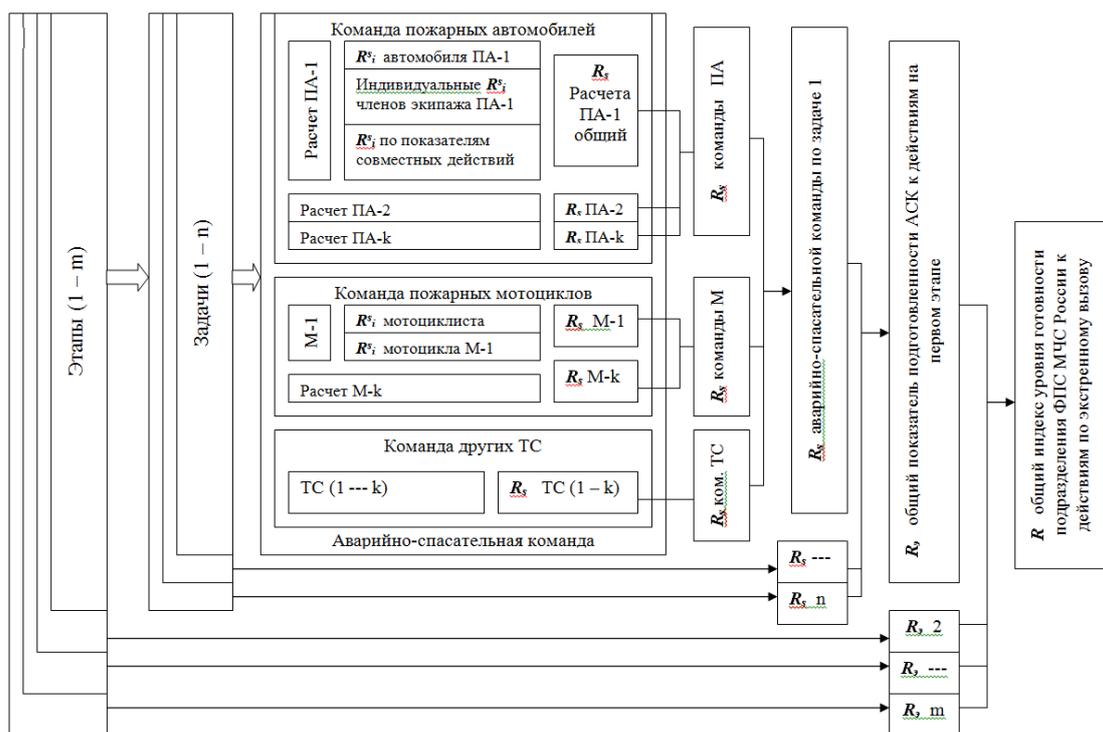


Рис. 3. Блок-схема построения диагностической карты оценки готовности подразделения к действиям в чрезвычайной (аварийной) ситуации: ПА – пожарные автомобили; ТС – транспортные средства;

Применение аппарата математической логики с использованием закона пропорционального распределения потоков работ и ресурсов с соблюдением принципа согласованного оптимума [6–8] позволяет оценить эффективность деятельности подразделения в целом и по конкретным видам деятельности. Данный закон упрощенно можно представить в виде схемы (рис. 4).

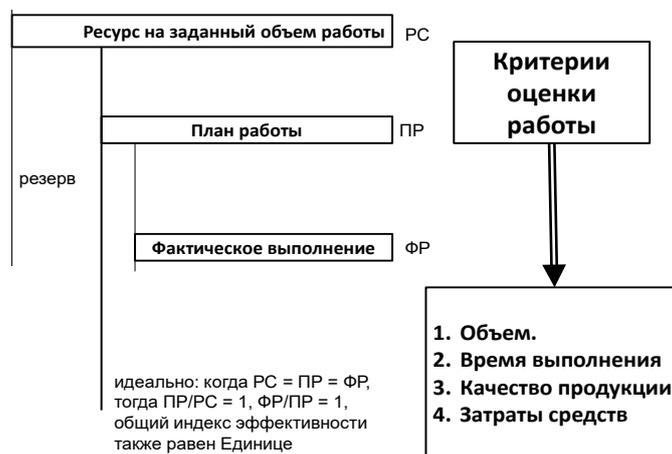


Рис. 4. Схема пропорциональности объема работ и выделенных ресурсов: РС – выделенный ресурс; ПР – плановый объем работ; ФР – фактически выполненная работа

Для этого строится система показателей по группам критериев и видам деятельности. На каждый показатель устанавливается норматив по верхнему или нижнему пределу параметра. Фактическое значение показателя в сравнении с нормативом дает значение частного показателя. Затем определяются общие показатели по задачам и этапам технологического процесса:

- $V_k(t)$ – группа частных показателей: один показатель на один измеряемый параметр;
- $R_i^s(t)$ – группа общих показателей: общий показатель обобщает группу частных показателей, объединяемых по характерному признаку;

- R_s – группа общих показателей по решению определенной задачи;
- $R_э$ – группа общих показателей по выполнению задач на определенном направлении деятельности или этапе;
- R – общий показатель (индекс) оценки деятельности анализируемой системы (подразделения) в целом.

В конечном счете, определяется общий индекс готовности подразделения к действиям по своему функциональному назначению в заданных условиях в безразмерной величине (от 0 до 1) или в процентах (от 0 % до 100 %).

Исходным является значение напряженности выполнения норматива $U_k(t)$.

Схематически их взаимосвязь можно изобразить линейной цепью (рис. 5), но в реальности они отражают функциональную структуру системы.

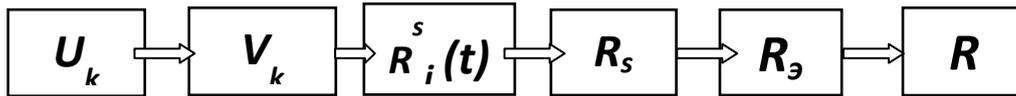


Рис. 5. Линейная цепь взаимосвязи показателей деятельности

Напряженность – безразмерная величина. Это позволяет математически обрабатывать показатели параметров, имеющих различную природу и размерность.

Точность определения напряженности звена по выполнению норматива зависит от реальности установления последнего, имеет существенное значение при оценке деятельности персонала, звена и подразделения в целом.

Норматив может устанавливаться эмпирическим путем или на основе объективных параметров процесса. Он может устанавливаться с верхним пределом (объем работы) или с нижним (время выполнения). При пересечении фактическим значением параметра установленного предела его значение будет больше 1. Значительное превышение свидетельствует об установлении заниженного значения норматива.

На рис. 6 показан пример определения норматива по критическому порогу реагирования на угрозу (сообщение) по критериям цены риска. Для этого на основе статистических или расчетных данных определяется цена риска (цена ущерба при совершении неблагоприятного события) и цена ложной тревоги (цена затрат при ложном выезде по вызову). Терминология принята разработчиками систем противовоздушной обороны. С другой стороны строится функция распределения по времени реагирования на ложные тревоги (ЛТ) и функция распределения по возникновению неблагоприятного события (пропуск цели (ПЦ)). Допустимая вероятность пропуска цели обратно пропорциональна отношению цены ЛТ к цене ПЦ: $P_{пц} = P_{лт} (C_{лт}/C_{пц})$.

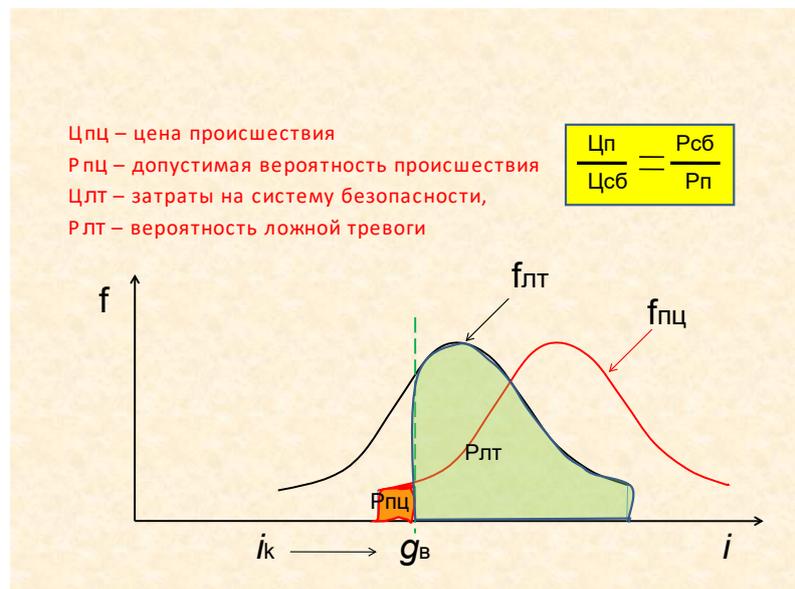


Рис. 6. Определение норматива по уровню приемлемого риска

Норматив по времени выполнения действия устанавливается на основании статистики выполнения этого действия опытными специалистами (инструкторами) по формуле:

$$N = Mn + \sigma n,$$

то есть математическое ожидание по выполнению норматива плюс среднеквадратическое отклонение.

Работа звена должна оцениваться: с позиции звена, с позиции системы, с позиции согласования интересов звена и системы. Соответственно вводятся три вида частных показателей.

Степень напряженности выполнения норматива:

а) при верхнем нормируемом пределе:

$$U_k(t) = \frac{i_k(t)}{g_k(t)}; \quad (1)$$

б) при нижнем нормируемом пределе:

$$U_k(t) = \frac{g_k(t)}{i_k(t)}, \quad (2)$$

где $i_k(t)$ – фактическое значение параметра; $g_k(t)$ – нормируемое значение параметра.

Частные показатели запишутся:

– с позиции системы:

$$V_k(t) = U_k^2(t); \quad (3)$$

– с позиции звена:

а) при верхнем нормируемом пределе:

$$P_k^*(t) = g_k(t) + m \frac{[g_k(t) - i_k(t)]^2}{g_k(t)}; \quad (4)$$

б) при нижнем нормируемом пределе:

$$P_k^*(t) = g_k(t) + m \frac{[g_k(t) - i_k(t)]^2}{i_k(t)}, \quad (5)$$

где $P_k^*(t)$ – частный показатель в приведенных единицах; $m = 1$, если $U_k(t) \geq 1$; $m = -1$, если $U_k(t) < 1$, с учетом (1) и (2).

$V_k^*(t)$ – частный показатель в относительных единицах равен:

– при верхнем нормируемом пределе:

$$V_k^* = \frac{P_k^*(t)}{g_k(t)}; \quad (6)$$

– при нижнем нормируемом пределе:

$$V_k^* = \frac{P_k^*(t)}{i_k(t)} ; \quad (7)$$

– с позиции согласования интересов системы и звена:

$$V_k^{**}(t) = \frac{2 \cdot V_k(t) \cdot V_k^*(t)}{V_k(t) + V_k^*(t)} . \quad (8)$$

Общие показатели деятельности вычисляются в порядке их укрупнения в соответствии со структурой системы и имеют одинаковый вид:

$$R_i^s = \frac{\overbrace{n_i \cdot j=1}^{n_i} V_{ij}(t)}{\sum_{k=1}^{n_i} \overbrace{j=1, j \neq k}^{n_i-1} V_{ij}(t)} , \quad (9)$$

где $V_{ij}(t)$ – частный j -й показатель в i -й группе.

В последующих формулах общий показатель более низкого уровня в формуле определения общего показателя более высокого уровня занимает место частного показателя.

Общий индекс эффективности характеризует уровень готовности (подготовленности, эффективности) и измеряется в относительных единицах от 0 до 1.

Человек как элемент системы управления (объект обучения) имеет пять основных входных каналов (зрение, слух, тактильные ощущения, обоняние, вкус) и два выходных канала: вербальный и моторный (рис. 7) [9].

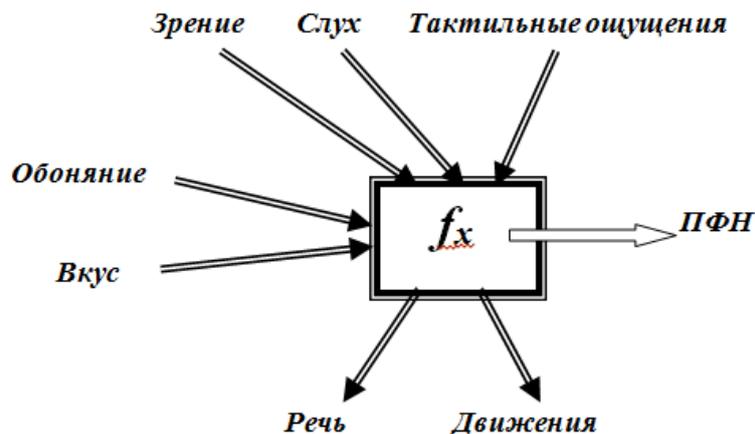


Рис. 7. Человек как элемент системы управления (объект обучения)

Преобразование, кодирование, запоминание, распознавание образов, синтез и принятие решения и его реализация – есть его внутренняя функция f_x . Для определения уровня подготовленности человека к какому-либо виду деятельности важно измерить психофизиологическое напряжение (ПФН), то есть измерить третий выходной поток.

Выходные каналы определяют критерии оценки уровня подготовки: теоретические знания (вербальный канал), профессиональный навык (моторный канал), физическая подготовка и психологическая готовность к действиям (ПФН).

Критериями оценки уровня теоретической подготовленности принимаются:

- знание объема информации;
- умение принимать правильное решение в заданных условиях или выбирать оптимальный вариант из нескольких возможных;
- умение безошибочно производить расчеты;
- количество и тяжесть допускаемых ошибок.

Критериями оценки уровня профессиональных навыков являются:

- время выполнения отдельных операций и задания в целом;
- качество и последовательность выполнения упражнения;
- количество и тяжесть допущенных ошибок.

Качество выполнения упражнения, как правило, оценивается экспертно (от 0 до 100 баллов). Время выполнения по сравнению с качеством играет второстепенную роль. Поэтому некоторые операции (упражнения) по времени могут не оцениваться. С другой стороны, наличие ошибки, ведущей к травмированию или другому опасному явлению, влечет за собой оценку 0,001.

Требуемый уровень психологической готовности к действиям и методике его оценки зависят от категории специалистов и условий их работы, к примеру, требования к личному составу ГПС МЧС России для определения годности к работе в кислородных изолирующих противогазах и дыхательных аппаратах со сжатым воздухом [10].

Оценка готовности технических средств и их функционального состояния производится по техническим картам, разработанным для каждого технического средства. Индексы работоспособности вычисляются по определяющим функциональным параметрам.

Важно при оценке готовности пожарных автомобилей и других технических средств применять количественные показатели.

Первым показателем является отношение количества исправных автомобилей к необходимому: $K_{ПА} = ИПА/НПА$.

По результатам осмотра технических средств определяются два показателя:

- соотношение количества исправных технических средств к их расчетному (установленному) необходимому для выполнения подразделением задач по предназначению;
- степень исправности отдельных единиц техники (отношение необходимых затрат на полное восстановление автомобиля к его балансовой стоимости).

Полученные данные позволяют вычислить (формулы (1)–(9)) общий показатель уровня готовности пожарных автомобилей и специальной техники подразделения.

С учетом запаса средств пожаротушения, наличия резервов и вспомогательного имущества определяется уровень готовности пожарной части в целом.

Вычисление индексов готовности надсистем аналогичен, но более громоздок, так как количество взаимосвязей и воздействующих на надсистему факторов растёт в геометрической прогрессии. Поэтому практически достаточно ограничиться пожарной частью. Для обеспечения действенной пожарной охраны населенных пунктов и территорий целесообразно применять методики оптимального расположения пожарных частей.

Литература

1. Брушлинский Н.Н., Соболев Н.Н. Вероятностная модель процесса функционирования оперативных подразделений пожарной охраны // Вопросы экономики в пожарной охране: сб. науч. тр. М.: ВНИИПО МВД СССР, 1985.
2. Методика оценки деятельности пожарной охраны МВД СССР. М.: ВНИИПО МВД СССР, 1974. 64 с.
3. Методика оценки деятельности пожарных частей по охране населенных пунктов. М.: ВНИИПО МВД СССР, 1978. 24 с.
4. Методика оценки деятельности частей технической службы пожарной охраны. М.: ВНИИПО МВД СССР, 1978.

5. Рекомендации по оценке деятельности частей и отрядов военизированной пожарной охраны по охране особо важных пожароопасных объектов. М.: ВНИИПО МВД СССР, 1975. 84 с.

6. Гогин Ю.А., Запаская Е.С. Математический аппарат системной логики: отчет по НИР АН СССР на 1971–1975 гг. по направлению «Кибернетика» № ГР 74064377. Инв. № Б367947. 1974.

7. Гогин Ю.А. Закон и целевая функция пропорциональности в народном хозяйстве: рукопись деп. в ИНИОН 23 окт. 1987 г. № 31542-Деп. Л.: ОЛАГА, 1987. 127 с.

8. Гогин Ю.А. Принцип согласованного оптимума в экономике. Индекс эффективности системы: рукопись деп. в ИНИОН 23 окт. 1987 г. № 31543-Деп. Л.: ОЛАГА, 1987. 91 с.

9. Зинченко Т.П. Опознавание и кодирование. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1981. 183 с.

10. Об утверждении нормативных актов по газодымозащитной службе Государственной противопожарной службы МВД России: приказ МВД России от 9 нояб. 1999 г. № 86. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».

УДК 517.957

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ НЕЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ МЕТОДОМ НЬЮТОНА В MS EXCEL

**Е.Н. Трофимец, кандидат педагогических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены теоретические вопросы решения систем нелинейных уравнений методом Ньютона в матричной форме. Фокус внимания смещен на построение математической модели исследуемой системы нелинейных уравнений методом Ньютона. Приведены основные этапы разработки компьютерной модели решения систем нелинейных уравнений методом Ньютона в MS Excel.

Ключевые слова: системы нелинейных уравнений, метод Ньютона, условие сходимости, компьютерная модель, математические методы, практико-ориентированные задачи, матрица Якоби

RESEARCH OF SYSTEMS OF NONLINEAR EQUATIONS BY NEWTON'S METHOD IN MS EXCEL

E.N. Trophimets. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Theoretical problems of solving systems of nonlinear equations by the Newton method in matrix form are considered. The focus of attention is shifted to the construction of a mathematical model of the system of nonlinear equations under study using the Newton method. The main stages of developing a computer model for solving systems of nonlinear equations using the Newton method in MS Excel are presented.

Keywords: systems of nonlinear equations, Newton's method, convergence condition, computer model, mathematical methods, practice-oriented problems, Jacobi matrix

В процессе подготовки специалистов МЧС России актуальным является изучение воздействия высоких и низких температур на свойства объектов и материалов. Для будущих специалистов пожарной безопасности, техносферной безопасности, системного анализа и управления решение практико-ориентированных задач (ПОЗ) по исследованию

распределения температуры на заданном интервале пространства и её изменению во времени начинается с представления исходных данных и цели ПОЗ в математической форме.

Корректная формулировка условий и цели, грамотное применение математического аппарата для решения поставленных задач исследования являются точкой отсчета в моделировании различных ситуаций по исследованию задач о распределении температуры.

Исследователь представляет важные свойства объекта с помощью математических кванторов, выражений, формул, соотношений. Данный этап является одним из важных этапов представления исходных данных и цели задач исследования и называется построением математической модели ПОЗ.

На следующем этапе осуществляется отбор базовых идей и методов решения ПОЗ в рамках математической модели. Третий этап – это этап алгоритмизации ПОЗ, который заключается в поиске и разработке алгоритма решения.

Методы математического моделирования сложных систем, математический аппарат и информационные технологии играют ключевую роль при анализе текущих и прогнозе будущих состояний контролируемых объектов, процессов и явлений. Важно логически мыслить и оперативно действовать в зависимости от быстроизменяющихся условий, моделировать различные ситуации и находить оптимальные решения на базе современных методов математического моделирования сложных систем [1–5].

В данной статье фокус внимания смещен на применение метода Ньютона для решения систем нелинейных уравнений (СНУ), встречающихся в различных областях физических процессов и явлений.

Точкой опоры является математическая модель СНУ в матричном виде:

$$F(X) = 0,$$

где X – двумерный вектор-столбец с компонентами $\{x_1, x_2\}$; F – двумерная вектор-функция.

Метод Ньютона – это метод последовательных приближений по формуле:

$$X_{i+1} = X_i - P_i,$$

где $P_i = J_i^{-1} \times F_i$ – произведение матриц J^{-1} и F на i -й итерации ($i = 0, 1, 2, \dots$); J_i^{-1} – матрица, обратная матрице J на i -й итерации; J – матрица Якоби, то есть матрица первых частных производных, то есть:

$$J = \begin{array}{|c|c|} \hline df_1/dx_1 & df_1/dx_2 \\ \hline df_2/dx_1 & df_2/dx_2 \\ \hline \end{array}$$

Таким образом, на каждой итерации вычисляется вектор P , его компоненты сравниваются с заданной погрешностью ε по формуле:

$$d = \sqrt{p_1^2 + p_2^2},$$

причем когда $d \leq \varepsilon$, вычисления прекращаются и вектор X_i считается решением системы. В противном случае вычисляются новые значения X и выполняется следующая итерация.

Достаточным условием сходимости метода служит неособенность матрицы Якоби, то есть её определитель (якобиан) не должен быть равен нулю на любой итерации ($\det J \neq 0$).

Рассмотрим этапы решения СНУ методом Ньютона:

$$\begin{cases} x_1^3 + x_2^3 - 6x_1 + 3 = 0 \\ x_1^3 - x_2^3 - 6x_2 + 2 = 0 \end{cases},$$

с начальными приближениями: $x_1 = 0,55$ и $x_2 = 0,3$ и допустимой погрешностью $\varepsilon = 0,000001$.

Этап 1. Определение элементов матрицы Якоби – вычисление частных производных заданных уравнений:

$$\frac{\partial f_1}{\partial x_1} = 3x_1^2 - 6; \quad \frac{\partial f_1}{\partial x_2} = 3x_2^2;$$

$$\frac{\partial f_2}{\partial x_1} = 3x_1^2; \quad \frac{\partial f_2}{\partial x_2} = -3x_2^2 - 6.$$

Этап 2. Разработка компьютерной модели на рабочем листе MS Excel: создание шаблона – каркас таблиц (рис. 1). В ячейки A19 и A20 вводятся начальные приближения (задаются ячейки, числовой формат которых с шестью знаками после запятой).

Этап 3. Вводятся в шаблон формулы в соответствии с рис. 2. Рекомендуемый порядок ввода формул: вектор X, вектор-функция F, матрица J, матрица J⁻¹, вектор P, погрешность d, якобиан detJ.

Надо обратить внимание на то, что формулы для матрицы J⁻¹ (диапазон E23:F24) и вектора P (диапазон C23:C24) вводятся как формулы массива. Технология ввода таких формул:

- а) выделяют ячейку E23 и, используя Мастер функций, вводят в эту ячейку формулу =МОБР(E19:F20) – в ячейке будет отображаться значение – 0,197886;
- б) выделяют диапазон ячеек E23:F24;
- в) ставят курсор в строку формул;
- г) применяют комбинацию клавиш Ctrl+Shift+Enter.

Аналогичным образом вводят функцию МУМНОЖ для расчета вектора P.

После ввода всех формул на рабочем листе будут отображены результаты нулевой итерации (результаты для начальных приближений) (рис. 3).

	A	B	C	D	E	F	G
16							
17	Метод Ньютона						
18	Вектор X		Вектор-функция F		Матрица J (матрица Якоби)		
19	0,550000						
20	0,300000						
21							
22	Погрешн. d		Вектор P		Матрица J⁻¹ (обратная matr. Якоби)		
23							
24							
25	detJ (якобиан)						
26							

Рис. 1. Шаблон для решения СНУ – каркас таблиц

	A	B	C	D	E	F
16						
17	Метод Ньютона					
18	Вектор X		Вектор-функция F		Матрица J (матрица Якоби)	
19	0,55		=A19^3+A20^3-6*A19+3		=3*A19^2-6	=3*A20^2
20	0,3		=A19^3-A20^3-6*A20+2		=3*A19^2	=-3*A20^2-6
21						
22	Погрешн. d		Вектор P		Матрица J⁻¹ (обратная matr. Якоби)	
23	=КОРЕНЬ(C23^2+C24^2)		=МУМНОЖ(E23:F24;C19:C20)		=МОБР(E19:F20)	=МОБР(E19:F20)
24			=МУМНОЖ(E23:F24;C19:C20)		=МОБР(E19:F20)	=МОБР(E19:F20)
25	detJ (якобиан)					
26	=МОПРЕД(E19:F20)					
27						

Рис. 2. Шаблон для решения СНУ – формулы

	A	B	C	D	E	F	G
16							
17	Метод Ньютона						
18	Вектор X		Вектор-функция F		Матрица J (матрица Якоби)		
19	0,550000		-0,106625		-5,092500	0,270000	
20	0,300000		0,339375		0,907500	-6,270000	
21							
22	Погрешн. d		Вектор P		Матрица J ⁻¹ (обратная matr. Якоби)		
23	0,054616		0,018208		-0,197886	-0,008521	
24			-0,051491		-0,028641	-0,160723	
25	detJ (якобиан)						
26	31,684950						
27							

Рис. 3. Результаты нулевой итерации (для начальных приближений)

Обращаем внимание, что $d > \varepsilon$ ($0,054616 > 0,000001$), поэтому необходима следующая итерация. Также следует обратить внимание, что $\det J \neq 0$, поэтому достаточные условия сходимости выполняются.

Этап 4. Выполнение следующих итераций до достижения условия $d \leq \varepsilon$.

Для выполнения следующей итерации необходимо задать новые начальные приближения в соответствии с ранее рассмотренной формулой $X_{i+1} = X_i - P_i$. Чтобы не вводить дополнительные таблицы для хранения промежуточных результатов, выполняют операцию разности, воспользовавшись технологией специальной вставки. Рассмотрим по шагам данную технологию:

- выделяют диапазон C23:C24 (вектор P) и выполняют операцию копирования;
- выделяют диапазон A19:A20 (вектор X), нажимают правую клавишу мыши и в контекстном меню выбирают пункт «Специальная вставка»;
- в окне «Специальная вставка» переключатель «Вставить» переводят в положение «Значения», а переключатель «Операция» – в положение «Вычесть» (рис. 4). Нажимают кнопку ОК.

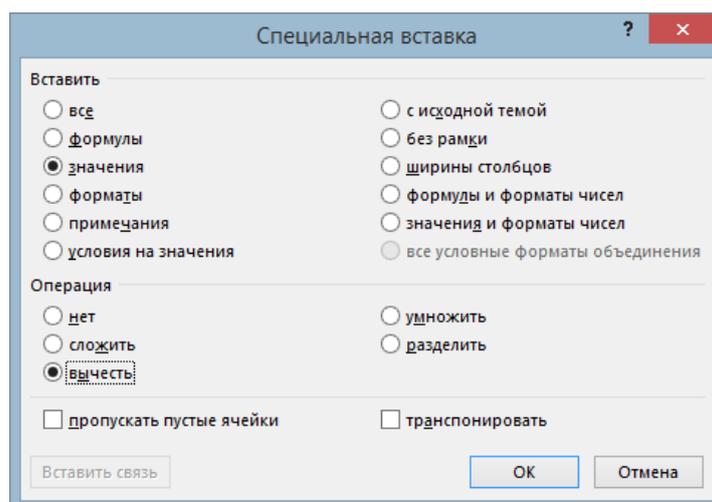


Рис. 4. Окно «Специальная вставка»

В диапазоне C23:C24 (вектор P) будут получены новые приближения для x_1 и x_2 , а на рабочем листе будут отображены результаты первой итерации (рис. 5).

Так как $d > \varepsilon$, то необходима вторая итерация. Результаты второй итерации представлены на рис. 6.

Так как $d < \varepsilon$, то вычисления можно остановить, система решена.

Вместе с тем можно заметить, что значение первого уравнения системы (ячейка C19) не равно 0.

Этап 5. Выполнение ещё одной итерации – результаты представлены на рис. 7.

	A	B	C	D	E	F	G
16							
17	Метод Ньютона						
18	Вектор X		Вектор-функция F		Матрица J (матрица Якоби)		
19	0,531792		0,003064		-5,151591	0,370639	
20	0,351491		-0,001982		0,848409	-6,370639	
21							
22	Погрешн. d		Вектор P		Матрица J ⁻¹ (обратная матр. Якоби)		
23	0,000623		-0,000578		-0,195993	-0,011403	
24			0,000234		-0,026101	-0,158489	
25	detJ (якобиан)						
26	32,504469						
27							

Рис. 5. Результаты первой итерации

	A	B	C	D	E	F	G
16							
17	Метод Ньютона						
18	Вектор X		Вектор-функция F		Матрица J (матрица Якоби)		
19	0,532370		0,000001		-5,149746	0,370145	
20	0,351257		0,000000		0,850254	-6,370145	
21							
22	Погрешн. d		Вектор P		Матрица J ⁻¹ (обратная матр. Якоби)		
23	0,000000		0,000000		-0,196065	-0,011393	
24			0,000000		-0,026170	-0,158503	
25	detJ (якобиан)						
26	32,489911						
27							

Рис. 6. Результаты второй итерации

	A	B	C	D	E	F	G
16							
17	Метод Ньютона						
18	Вектор X		Вектор-функция F		Матрица J (матрица Якоби)		
19	0,532370		0,000000		-5,149745	0,370145	
20	0,351257		0,000000		0,850255	-6,370145	
21							
22	Погрешн. d		Вектор P		Матрица J ⁻¹ (обратная матр. Якоби)		
23	0,000000		0,000000		-0,196065	-0,011393	
24			0,000000		-0,026170	-0,158503	
25	detJ (якобиан)						
26	32,489909						
27							

Рис. 7. Результаты четвертой итерации

Таким образом, решением СЧУ являются следующие значения: $x_1 \approx 0,532370$, $x_2 \approx 0,351257$.

Использование табличного процессора MS Excel для разработки компьютерной модели решения и исследования СЧУ методом Ньютона повышает эффективность и оперативность решения практико-ориентированных задач [6–9].

При этом следует отметить, что технологии компьютерного моделирования поддерживают процесс освоения неартикулируемой части знаний, способствуют развитию у будущих специалистов МЧС России системного и творческого мышления, позволяют принимать рациональные решения в тактических, оперативных, стратегических задачах.

Литература

1. Batkovskiy A.M., Semenova E.G, Trofimets E.N., Trofimets V.Ya., Fomina A.V. Computer Modeling of Leasing Operations // Indian Journal of Science and Technology. 2016. Vol. 9 (28). P. 2–12.
2. Batkovskiy A.M., Semenova E.G, Trofimets E.N., Trofimets V.Ya., Fomina A.V. Method for Adjusting Current Appropriations under Irregular Funding Conditions // Journal of Applied Economic Sciences, Romania: European Research Centre of Managerial Studies in Business Administration. 2016. Vol. XI. Issue 5 (43). P. 828–841.
3. Artamonov V.S., Maximov A.V., Motorygin Y.D., Trofimets E.N., Trofimets V.Ya. Management of the Formation of Rating Preferences of Economic Entities upon Collective Choice // International Journal of Economics and Financial Issues. 2016. № 6 (4). P. 1956–1964.
4. Медведева Л.В., Сугак В.П. Компьютерное моделирование теплофизических процессов в оценке аварийных рисков ограждающих конструкций // Проблемы управления рисками в техносфере. 2010. № 2 (14). С. 83–90.
5. Трофимец Е.Н. Применение информационных технологий математического моделирования в вузах МЧС России // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2017. № 3 (23). С. 66–70.
6. Батьковский А.М., Трофимец В.Я. Системы поддержки принятия решений с модулями прикладных математических моделей и методов // Вопросы радиоэлектроники. 2015. № 9. С. 253–275.
7. Булгаков С.В. Применение мультиагентных систем в информационных системах // Перспективы науки и образования. 2015. № 5 (17). С. 136–140.
8. Трофимец В.Я., Трофимец Е.Н. Оптимизация в Excel: учеб. пособие. Ярославль: Ярославский гос. техн. ун-т, 2008. 104 с.
9. Трофимец Е.Н. Информационные технологии математического моделирования в экономических вузах // Образовательные технологии и общество. 2012. Т. 15. № 1. С. 414–423.



ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

УДК 004.942:519.876.5

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОХЛАЖДЕНИЯ ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ НА ПОЖАРЕ В ВЕРТИКАЛЬНЫХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ КАНАЛАХ

**А.А. Кузьмин, кандидат педагогических наук, доцент;
Т.А. Кузьмина, кандидат педагогических наук.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Проанализированы физические процессы, протекающие при взаимодействии газового потока с орошающей жидкостью. Предложена модель охлаждения восходящего потока продуктов горения на основе смешивания с наружным воздухом в газоохладителе вихревого типа. Представлены результаты моделирования с использованием программно-моделирующего комплекса ANSYS FLUENT.

Ключевые слова: вентиляционный канал, продукты горения, охлаждение, турбулизация, численное моделирование, верификация, ANSYS

SIMULATION OF COMBUSTION PRODUCT COOLING PROCESS AT FIRE IN VERTICAL VENTILATION CHANNELS

A.A. Kuzmin; T.A. Kuzmina.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The physical processes occurring during the interaction of the gas flow with the irrigation liquid are analyzed. A model of cooling the ascending flow of combustion products based on mixing with the outside air in a vortex-type gas cooler is proposed. Gorenje et al. The results of modeling using the software-modeling complex ANSYS FLUENT are presented.

Keywords: ventilation duct, combustion products, cooling, turbulization, numerical simulation, verification, ANSYS

При пожаре в производственных помещениях, связанных с переработкой, транспортировкой или хранением углеводородов, температура продуктов горения достигает 1 000–1 200 °С и более [1]. При этом в воздуховодах системы вентиляции возникают мощные конвективные потоки, которые приводят к увеличению разряжения в зоне горения и тем самым могут интенсифицировать поступление воздуха к очагу пожара. Кроме того, высокотемпературные продукты горения способствуют распространению пожара по объекту. Отсюда возникает задача понижения температуры восходящего потока продуктов горения, перемещающегося по каналам вентиляции, утилизации его тепловой энергии и тем самым уменьшение опасности распространения пожара по другим помещениям промышленного объекта [2].

При традиционном решении проблемы утилизации тепловой энергии продуктов горения обычно предполагается использование поверхностных теплообменников с высокой

кратностью циркуляции, выполненных из высоколегированных сортов стали, что существенно удорожает конструкцию. Другим, не менее дорогостоящим решением проблемы охлаждения продуктов горения с 1 000 °С до 500–600 °С, является использование газотурбинных установок, наличие которых не всегда вписывается в технологический процесс промышленного объекта [3].

Одним из возможных технических решений, обеспечивающих уменьшение температуры восходящего потока продуктов горения, перемещающихся по вертикальным вентиляционным каналам, является непосредственный ввод охлаждающей среды, например наружного воздуха. Выбор способа ввода зависит от специфики технологического процесса, особенностей планировки промышленного объекта, конструктивных решений, принятых при монтаже вентиляционной системы [4].

Для расчета необходимого количества охлаждающего воздуха и температуры продуктов горения после их смешивания используется уравнение баланса:

$$(G_{ng} + G_g) \cdot c_{p,см} \cdot t_{см} = G_{ng} \cdot c_{p,ng} \cdot t'_{ng} + G_g \cdot c_{p,g} \cdot t'_g,$$

где G_{ng} и G_g – массовый расход продуктов горения и охлаждающего воздуха соответственно, кг/с; $c_{p,см}$, $c_{p,ng}$, $c_{p,g}$ – удельная изобарная теплоемкость смеси продуктов горения и охлаждающего воздуха на выходе смесительного устройства, продуктов горения и воздуха соответственно, кДж/(кг·°С); $t_{см}$, t'_{ng} , t'_g – температура смеси продуктов горения и охлаждающего воздуха на выходе, продуктов горения и воздуха соответственно, °С.

Если пренебречь разницей в значениях удельной изобарной теплоемкости смеси продуктов горения и охлаждающего воздуха на выходе смесительного устройства, продуктов горения и воздуха, то величину температуры смеси можно определить при помощи упрощенной формулы:

$$t_{см} = \frac{G_{ng} \cdot t'_{ng} + G_g \cdot t'_g}{G_{ng} + G_g}.$$

При этом возникает проблема регулирования расхода подсоса охлаждающего воздуха, которая решается как вручную, так и автоматически, предусмотрев наличие соответствующего дроссельного устройства [5].

Подобная система может работать в комбинации с орошающим устройством, которое целесообразно рассматривать в качестве периферийного устройства установки автоматической пожарной защиты. При этом если температура орошающей жидкости ниже, чем точка росы водяных паров в смеси продуктов горения и охлаждающего воздуха, то в процессе взаимодействия газового потока с орошающей жидкостью условно можно выделить несколько стадий:

Стадия 1. Процесс конденсации водяного пара на каплях и пленках, а также их нагрев с одновременным понижением температуры смеси продуктов горения и охлаждающего воздуха и концентрации водяного пара в ней. На этой стадии диффузионной составляющей процесса теплопереноса можно пренебречь, так как движущей силой процессов теплопередачи является разность температур между продуктами горения и орошающей жидкостью, которая в начале процесса достаточно значительна.

Стадия 2. Процесс испарения капель и пленок орошающей воды происходит с одновременным увеличением их температуры. С увеличением температуры орошающей воды тепловой поток, обусловленный процессами теплопроводности Q_T , уменьшается, а его диффузионная составляющая Q_D быстро увеличивается, так как температура капель и пленок связана с парциальным давлением газовой смеси экспоненциально. Отношение теплопроводящей и диффузионной составляющих процесса теплообмена в восходящем потоке продуктов горения, орошаемой водой Q_D/Q_T понижается по мере уменьшения

температуры газового потока. Окончание стадии 2 происходит в случае наступления равенства $Q_T=Q_D$.

Стадия 3. Процесс охлаждения восходящего потока продуктов горения происходит за счет испарения воды и продолжается при постоянной температуре t_m до тех пор, пока вся вода не испарится или температура потока продуктов горения не станет равной температуре точки росы [6].

Если пренебречь тепловой энергией, расходуемой на нагрев ограждающих конструкций, уравнение теплового баланса, учитывающее испарительную и конденсационную составляющую, приобретает вид:

$$Q = G_{nz} \left(c_{p,nz} \cdot t'_{nz} + d' \cdot i'_{nap} \right) + G_{год} \cdot c_{год} \cdot t'_{год} = \\ = G_{nz} \cdot \left(c_{p,nz} \cdot t'_{nz} + d'' \cdot i''_{nap} \right) + \left[G_{год} - G_{nz} \cdot (d'' - d') \right] \cdot c_{год} \cdot t''_{год}$$

где d' и d'' – начальное и конечное влагосодержание сухой смеси продуктов горения и охлаждающего воздуха соответственно, кг/кг; $i'_{пар}$ и $i''_{пар}$ – начальная и конечная энтальпия пара соответственно, кДж/кг.

Возможным вариантом организации непосредственного ввода охлаждающей среды, например наружного воздуха, является установка в вертикальном вентиляционном канале смешивающего газоохладителя вихревого типа [7].

Основной принцип работы аппарата подобного типа заключается в смешении, которое возникает в ходе взаимодействия восходящего потока продуктов горения и воздуха, поступающего из внешней среды при их вихреобразном перемещении, что достигается за счет тангенциального подвода компонентов.

Для оценки эффективности функционирования предложенной конструкции использовался программно-моделирующий комплекс ANSYS FLUENT, реализующий соответствующую численную модель, которая описывала трёхмерную задачу движения газов [8]. Подобная модель представляет собой систему дифференциальных уравнений, основана на эйлеровом способе описания и включает в себя: уравнение сохранения масс в газовом потоке (уравнение неразрывности); уравнение баланса энергии компонентов газовой среды; уравнение баланса количества движения в газовом потоке (уравнение Навье-Стокса); уравнения диффузии структурных частиц; уравнения состояния компонентов газовой среды [9].

Дифференциальное уравнение неразрывности газового потока:

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (\rho \cdot w_i) = 0,$$

где x_i – пространственная координата; ρ – плотность восходящего газового потока продуктов горения; w_i – i -я компонента вектора скорости восходящего газового потока продуктов горения.

Уравнение баланса энергии компонентов газовой среды:

$$\nabla [w_m (\rho \cdot E + P)] = \nabla \left[k_{eff} \cdot \nabla T - \sum_{j=1}^n h_j \cdot J_j + (\tau_{eff} \cdot w_m) \right] + S_h,$$

где w_m – средняя скорость восходящего потока продуктов горения; $E=h-P/\rho+w_m^2/2$; h – энтальпия восходящего потока продуктов горения; k_{eff} – эффективный коэффициент теплопередачи, учитывающий турбулентность восходящего потока продуктов горения; J_j – диффузионная составляющая j -го компонента продуктов горения; τ_{eff} – тензор девиации возможных напряжений; S_h – теплота, выделяющаяся при возможном догорании газовой компоненты пожарной нагрузки.

Движение потока продуктов горения описывается уравнением Навье-Стокса:

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (\rho \cdot w_i \cdot w_j) = -\frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu \left(\frac{\partial w_i}{\partial x_j} + \frac{\partial w_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \delta_{i,j} \frac{\partial w_i}{\partial x_j} \right) \right] + P \cdot g_i,$$

где i и j – индексы, соответствующие элементам единичной матрицы; P – статическая составляющая в восходящем потоке продуктов горения; μ – коэффициент динамической вязкости продуктов горения; $\delta_{i,j}$ – символ Кронекера.

По условиям численного эксперимента продукты горения углеводородов с температурой 1 100 °С охлаждаются потоком наружного воздуха с температурой 20 °С до температуры полученной смеси, равной 500 °С.

В ходе моделирования установлено, что распределение температур в зоне выходного сечения канала газоохладителя варьируется между 567 °С и 602 °С, при разбросе 35 °С и среднеквадратичном отклонении 8,4 °С.

Принятые в качестве начальных условий моделирования параметры позволили произвести верификацию предложенной модели процесса охлаждения восходящего потока продуктов горения при их смешивании с наружным воздухом в газоохладителе вихревого типа на основе экспериментальных данных, приведенных в источнике [10]. Результаты сравнения данных моделирования и натурального эксперимента представлены в таблице.

Таблица. Данные моделирования и натурального эксперимента

Результаты моделирования			Результаты натурального эксперимента		
температура смеси на входе, °С	температура смеси на выходе, °С	потери напора, Па	температура смеси на входе, °С	температура смеси на выходе, °С	потери напора, Па
1 100	587	234	1 056	607	256

Анализ результатов сравнения данных, полученных в ходе моделирования и при проведении натурального эксперимента, позволяет сделать вывод об их высокой сходимости, что подтверждает корректность предложенной модели процесса охлаждения восходящего потока продуктов горения на основе смешивания с наружным воздухом в газоохладителе вихревого типа.

Литература

1. Теплофизические закономерности развития пожарной опасности на промышленных предприятиях и нефтегазовых объектах: монография / Д.Ю. Минкин [и др.]. СПб.: С-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2018. 464 с.
2. Кузьмин А.А., Романов Н.Н., Пермяков А.А. Вынужденная конвекция в системах дымоудаления // Проблемы управления рисками в техносфере. 2018. № 3 (47). С. 100–107.
3. Технические решения для контроля вибрационного горения в камере сгорания газовой турбины / Ф.В. Матюгин [и др.] // Газотурбинные технологии. 2016. № 8 (143). С. 16–20.
4. Кузьмин А.А., Кузьмина Т.А., Пермяков А.А. Расчет параметров воздухообмена при пожаре в ограждениях на объектах нефтегазового комплекса // Проблемы управления рисками в техносфере. 2018. № 1 (45). С. 15–25.
5. Lorenz E.N. Deterministic nonperiodic flow II J. At-mosp. Sci. Nu. 20. P. 130–141.
6. Кутателадзе С.С., Стырикович М.А. Гидродинамика газожидкостных систем. М.: Энергия, 1976. 296 с.
7. Lir J. T. and Lin T.F. Visualization of roll patterns in Rayleigh-Benard convection of air in a rectangular shallow cavity // Intern. J. Heat Mass Transfer. 2016. V. 44. № 15. P. 2889–2902.
8. ANSYS FLUENT, 14.5. (2014). User's and theory guide. Canonsburg, Pennsylvania, USA: ANSYS, Inc.

9. Михайлова Н.А. Численная реализация интегральной математической модели пожара в помещении в интегрированной среде Mathcad // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительная информатика. 2014. Вып. 11 (32). Ст. 4.

10. Численные исследования высокотемпературного газоздушного теплообменника для схемы обезвреживания медицинских отходов / Н.А. Зройчиков [и др.] // Наука сегодня: факты, тенденции, прогнозы: сб. докладов междунар. науч.-практ. конф. Вологда, 2018. С. 12–14.

УДК 536.34

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИСТЕЧЕНИЯ ОГNETУШАЩЕЙ СМЕСИ ИЗ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОГО РЕЗЕРВУАРА КОНЕЧНОГО ОБЪЕМА

А.А. Кузьмин, кандидат педагогических наук, доцент;

Н.Н. Романов, кандидат технических наук, доцент;

А.А. Пермяков, кандидат педагогических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Сформулированы допущения, ограничивающие применимость традиционной модели истечения из изотермического резервуара. Предложено аналитическое выражение, позволяющее установить зависимость расхода огнетушащего вещества от текущих значений давления и температуры. Сформирована модель истечения огнетушащего вещества с учетом неизотермичности резервуара конечного объема. Приведены результаты численного моделирования зависимости величины коэффициента расхода от показателей неизотермичности потока огнетушащей смеси.

Ключевые слова: газовое пожаротушение, огнетушащая смесь, неизотермический резервуар, коэффициент расхода

THERMODYNAMIC MODEL OF FIRE-EXTINGUISHING MIXTURES OUTFLOW FROM NONISOTHERMAL TANK WITH FINAL VOLUME

A.A. Kuzmin; N.N. Romanov; A.A. Permyakov.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Assumptions, that limit the applicability of the traditional model of outflow from an isothermal reservoir, are formulated. An analytical expression that makes it possible to establish the dependence of the flow rate of the extinguishing agent on the current values of pressure and temperature has been proposed. A model of an extinguishing agent outflow was formed, taking into account the non-isothermality of reservoir of a finite volume. The results of numerical modeling of the dependence of the value of the flow rate on the indicators of non-isothermality of the fire-extinguishing mixture flow are presented.

Keywords: gas fire extinguishing, fire extinguishing mixture, non-isothermal reservoir, consumption coefficient

В настоящее время существует значительное количество программных продуктов, которые в ходе проектирования систем газового пожаротушения облегчают проведение расчета времени выхода в помещение необходимого количества газового огнетушащего вещества для систем газового пожаротушения, в которых огнетушащее вещество находится в резервуаре конечной емкости. В общем случае, с учетом всех теплофизических факторов, которые могут влиять на показатели процесса истечения газа, определение зависимостей

изменения термодинамических параметров газа от времени является достаточно трудоемкой задачей, требующей создания специального программного продукта. Обзор таких компьютерных программных комплексов представлен в источнике [1].

Однако численные алгоритмы, положенные в основу существующих программных продуктов, основаны на неопределенности коэффициента истечения, который, в свою очередь, должен учитывать: сжимаемость среды, геометрию проточной части оконечной арматуры, степени шероховатости поверхности проточной части оконечного устройства [2]. Поэтому установление механизма влияния и его численная оценка каждого из вышеперечисленных возмущающих воздействий на величину коэффициент истечения оконечного устройства системы газового пожаротушения в отдельности или в совокупности представляет значительный практический интерес.

В ходе решения задачи могут быть приняты следующие допущения:

- огнетушащую смесь считаем идеальным газом, для которого процесс истечения происходит без фазовых переходов, а связь между термодинамическими параметрами огнетушащей смеси (давление P , абсолютная температура T , удельный объем v) описывается уравнением Клайперона-Менделеева;

- изменение основных термодинамических параметров огнетушащей смеси в резервуаре и в выходной насадке соответствует адиабатическому процессу, а потери энергии потока огнетушащей смеси при истечении условно отнесены к коэффициенту расхода насадка μ , численное значение которого нуждается в уточнении;

- в ходе расчета основных термодинамических параметров принимается, что показатель адиабаты огнетушащей смеси k в ходе процесса истечения остается величиной постоянной.

Вывод основного расчетного уравнения процесса адиабатического истечения огнетушащей смеси из резервуара конечного объема основан на известной зависимости [3]:

$$P \cdot v^k = Const .$$

Переходя к практически более значимому показателю остаточной массы огнетушащего вещества в резервуаре m , получаем:

$$\frac{P}{P_0} = \left(\frac{m}{m_0} \right)^k , \quad (1)$$

где P_0 , m_0 – соответственно начальные давление и масса огнетушащего вещества в резервуаре; P , m – соответственно текущие давление и масса огнетушащего вещества, остающегося в резервуаре.

Считая текущие значения давления и массы огнетушащей смеси временными функциями, после дифференцирования уравнения (1) по времени τ получаем:

$$\frac{dx}{d\tau} = -k \cdot \frac{m^{k-1}}{m_0^k} \cdot \frac{dm}{d\tau} ,$$

где $x(\tau) = P(\tau)/P_0$ – приведенное значение текущего давления огнетушащей смеси в резервуаре.

Переходя к такому более применимому в технических расчетах показателю производительности как массовый расход $G = dm/dt$, при этом знак (-) показывает падение массы огнетушащей смеси, оставшейся в резервуаре в ходе развития процесса истечения:

$$-\frac{dx}{d\tau} = -k \cdot \frac{G}{m} \cdot x. \quad (2)$$

Учитывая уравнение Менделеева-Клайперона и зависимость, связывающую абсолютную температуру и давление в адиабатном процессе для всей области истечения огнетушащей смеси из резервуара конечного объема, после несложных преобразований получаем дифференциальное уравнение, детерминирующее временную зависимость для массового расхода $G(\tau)$:

$$-\frac{dx}{d\tau} = \frac{k \cdot R \cdot T_o}{V \cdot P_o} \cdot x^{\frac{k-1}{k}} \cdot G(\tau),$$

где R – универсальная газовая постоянная; V – объем резервуара; T_o – температура огнетушащей смеси в резервуаре на момент начала процесса истечения.

Учитывая требования к техническим характеристикам систем газового пожаротушения (например, [4, 5]), можно утверждать, что процесс истечения огнетушащей смеси на начальном этапе будет происходить при критическом режиме, при условии, что начальный перепад давлений $\pi_o = P_o/P_2$ будет превышать свое критическое значение $\pi_{кр}$, то есть:

$$\pi_o = \frac{P_o}{P_2} \geq \pi_{кр} = \left(\frac{k+1}{2} \right)^{\frac{k}{k-1}},$$

где P_2 – давление в пространстве пожаротушения.

В этом случае расход огнетушащей смеси можно определить с использованием известного из источника [3] соотношения:

$$G = \mu_n \cdot f_n \cdot P_o \cdot \frac{\sqrt{k \cdot \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}}}{\sqrt{R \cdot T}},$$

где f_n и μ_n – соответственно, площадь выходного сечения и коэффициент расхода оконечного устройства.

Дифференциальное уравнение, описывающее процесс истечения огнетушащей смеси из резервуара объемом V в критическом режиме, приобретает вид:

$$-\frac{dx}{d\tau} = \frac{f_n \cdot \mu_n}{V} \cdot x^{\frac{3 \cdot k - 1}{2 \cdot k}} \cdot \sqrt{k^3 \cdot \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}} \cdot R \cdot T_o}.$$

Разделение переменных позволяет осуществить переход к виду, удобному для интегрирования:

$$-\int_{x_0}^x x^{\frac{3 \cdot k - 1}{2 \cdot k}} \cdot dx = \frac{f_n \cdot \mu_n}{V} \cdot \sqrt{k^3 \cdot \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}} \cdot R \cdot T_0} \cdot \int_{\tau_0}^{\tau} d\tau.$$

Тогда временная зависимость падения давления огнетушащей смеси в резервуаре ограниченного объема принимает вид:

$$P(\tau) = P_0 \cdot (B_0 \cdot \tau + 1)^{\frac{k-1}{2 \cdot k}},$$

где значение константы B_0 можно определить с помощью уравнения:

$$B_0 = \frac{f_n \cdot \mu_n \cdot (k-1)}{2 \cdot V} \cdot \sqrt{\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}} \cdot R \cdot T_0}.$$

Значение этой же константы позволяет определить момент τ_1 перехода от критического режима истечения огнетушащего вещества к докритическому:

$$\tau_1 = \frac{1}{B_0} \cdot \left(\sqrt{\frac{2}{k+1} \cdot \left(\frac{P_0}{P_2}\right)^{\frac{k-1}{k}}} - 1 \right).$$

В момент перехода от критического режима истечения к докритическому, расход огнетушащего вещества начинает зависеть от значений текущего давления P и текущей температуры T в резервуаре:

$$G = f_n \cdot \mu_n \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot k \cdot P^2}{(k-1) \cdot R \cdot T} \cdot \left[\left(\frac{P_2}{P}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_2}{P}\right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}.$$

Если подставить зависимость значения массового расхода огнетушащего вещества для докритического режима истечения в дифференциальное уравнение (2), получим ее соответствующую дифференциальную форму:

$$\frac{z^q}{\sqrt{z-1}} \cdot dz = A \cdot d\tau. \quad (3)$$

В уравнении (3) текущий параметр z связан с текущим давлением огнетушащей смеси P :

$$z = \left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{k-1}{k}},$$

а постоянные q и A являются константами, величина которых зависит главным образом от физических свойств огнетушащей смеси:

$$q = \frac{2-k}{k-1}; \quad A = 2 \cdot B_o \cdot \sqrt{\frac{2}{k-1} \cdot \left(\frac{k+1}{2}\right)^{\frac{k+1}{k-1}} \cdot \left(\frac{P_0}{P}\right)^{\frac{k-1}{k}}}$$

После интегрирования дифференциального уравнения (3) получаем временную зависимость значения давления огнетушащей смеси:

$$\tau = \tau_{od} + \frac{1}{A} \cdot \int_z^{z_{od}} \frac{z^q}{\sqrt{z-1}} \cdot dz, \quad (4)$$

где τ_{od} – момент начала докритического режима истечения; z_{od} – значение соответствующего параметра в этот момент.

Выражение (4) содержит интегральное выражение, аналитическое решение которого возможно только при определенных дискретных значениях постоянной q [6], что невозможно для случая огнетушащих смесей, имеющих достаточно сложный состав, и ограничивает его использование для практических расчетов систем газового пожаротушения.

Возможности современного программного продукта, в частности программного комплекса MathWorks MATLAB & Simulink, позволили обнаружить функциональную зависимость, которая позволяет произвести замену интеграла в зависимости (4) на аналитическое выражение (5):

$$\int \frac{z^q}{\sqrt{z-1}} \cdot dz \approx 2 \cdot z^q \cdot \sqrt{z-1} \cdot \alpha(z, q) + C, \quad (5)$$

где функция $\alpha(z, q)$ представляет собой ряд, число членов N в котором определяет аутентичность отображения правой половины зависимости (5) левой:

$$\alpha(z, q) = 1 + \sum_{n=1}^N \left\{ (-1)^n \cdot \left[2 \cdot \left(1 - \frac{1}{z} \right) \right]^n \cdot \left[\prod_{m=1}^n \frac{(q+1)-m}{2 \cdot m + 1} \right] \right\}.$$

Расчетные уравнения, лежащие в основе модели процесса истечения огнетушащей смеси из резервуара ограниченного объема предполагали, прежде всего, изотермичность этого процесса, что не всегда является корректным из-за конфигурации выбранных конструкторско-планировочных решений систем газового пожаротушения. В условиях пожара могут возникнуть неизоэтермические условия, когда температура огнетушащей смеси будет отличаться от температуры внутренней поверхности стенки трубопровода вследствие воздействия на внешнюю поверхность продуктов горения, что может оказать значительное влияние на структуру потока огнетушащей смеси. Учет влияния неизоэтермичности процесса истечения газовой среды обычно производится посредством введения корректировочного показателя α_n в состав коэффициента расхода оконечного устройства μ_n [7, 8].

В работе [3] предложена зависимость, связывающая значение корректировочного показателя α_n и относительную величину пограничного слоя:

$$\alpha_n = 1 - 2 \cdot \frac{\delta^*}{r_o},$$

где δ^* – толщина вытеснения пограничного слоя огнетушащей смеси в зоне оконечного устройства; $r_o = d/2$ – радиус внутреннего сечения оконечного устройства.

В работе [9] показано, что значение корректировочного показателя α_n тесно связано с локальными проявлениями сил трения, которые вызывают возмущения в потоке огнетушащего вещества:

$$\delta^* = \int_0^{\delta} \left(1 - \frac{\rho \cdot w_x}{\rho_o \cdot w_o} \right) \cdot \left(1 - \frac{r}{r_o} \right) \cdot dr, \quad (6)$$

где ρ и w_x – локальные величины плотности огнетушащей смеси и скорости ее потока на дистанции y от стенки трубопровода; ρ_o и w_o – плотность огнетушащей смеси и скорость потока по оси трубопровода; r – текущая радиальная координата.

Для выявления факторов, влияющих на изотермичность потока огнетушащего вещества, необходимо из уравнения (6) выделить два слагаемых:

$$\delta^* = \int_0^{\delta} \left(1 - \frac{w_x}{w_o} \right) \cdot \left(1 - \frac{r}{r_o} \right) \cdot \frac{\rho}{\rho_o} \cdot dr + \int_0^{\delta} \left(1 - \frac{\rho}{\rho_o} \right) \cdot \left(1 - \frac{r}{r_o} \right) \cdot dr. \quad (7)$$

Первое слагаемое уравнения (7) описывает распределение скоростей в потоке огнетушащего вещества, и на него практически не влияют процессы теплообмена. Однако второе слагаемое, описывающее распределение плотности газового потока, тесно связано с динамикой температурного поля [10]. Если подставить в выражение (7) из источника [6] значение интеграла Крокко, можно после несложных преобразований получить искомое уравнение, связывающее плотность, скорость и температуру пограничного слоя потока огнетушащей смеси:

$$\frac{\rho_o}{\rho^*} = \frac{T_o}{T_w} + \left(1 - \frac{T_o}{T_w} \right) \cdot \frac{w_x}{w_o},$$

где T_o и T_w – абсолютные температуры на оси потока и в пристенном пограничном слое соответственно.

Для анализа влияния фактора неизотермичности на процесс истечения огнетушащего вещества из резервуара конечного объема был использован программный комплекс MathWorks MATLAB & Simulink, результаты анализа представлены в таблице.

Таблица. Численная оценка фактора неизотермичности потока на интенсивность подачи огнетушащей смеси

T_o/T_w	δ^*/r_o	α_n	T_o/T_w	δ^*/r_o	α_n
0,950	0,0088	0,8240	0,0981	0,0160	0,9680
0,750	0,0734	0,8530	0,0921	0,0156	0,9681
0,580	0,0597	0,8806	0,0870	0,0151	0,9698
0,369	0,0407	0,9186	0,0827	0,0147	0,9706
0,266	0,0304	0,9392	0,0794	0,0144	0,9712
0,261	0,0236	0,9528	0,0760	0,0140	0,9720
0,149	0,0196	0,9608	0,0734	0,0370	0,9726
0,130	0,0183	0,9634	0,0712	0,0134	0,9732
0,112	0,0170	0,9660	0,0692	0,0131	0,9738
0,105	0,0165	0,9670	0,0674	0,0123	0,9742

Таким образом, в ходе термодинамического анализа была сформирована модель процесса истечения огнетушащего вещества из резервуара конечного объема, которая позволяет установить зависимость его расхода от текущих значений давления и температуры с учетом неизотермичности газового потока.

Литература

1. Обзор программного обеспечения для пожарного дела. URL: <http://www.pojarunet.ru/obzor-programmnogo-obespechenia-dla-pojarnogo-dela/> (дата обращения: 06.11.2020).
2. Кузьмин А.А., Романов Н.Н. Моделирование пожароопасных ситуаций на промышленных объектах при разгерметизации технологического оборудования // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2018. № 3. С. 15–22.
3. Пореев Д.С., Шарай Е.Ю. Моделирование термодинамических процессов // Молодой ученый. 2020. № 19 (309). С. 46–48.
4. Корольченко А.Я., Шилина Е.Н. Газовое пожаротушение // Пожаровзрывобезопасность. 2016. Т. 25. № 5. С. 57–65. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.05.57-65.
5. Yang J.C., Vazquez I., Boyer C.I., Huber M.L., Weber L. Measured and predicted thermodynamic properties of selected halon alternative/nitrogen mixtures. Int. J. Refrig. 2017. Vol. 20. № 2. PP. 96–105.
6. Двайт Г.Б. Таблицы интегралов и другие математические формулы. М.: Наука, 1983. 180 с.
7. Теоретическая оценка влияния фактора неизотермичности на величину коэффициента истечения / А.А. Гайнуллина [и др.] // Вестник Казан. технол. ун-та. 2016. № 1. С. 136–141.
8. Кузьмина Т.А., Кузьмин А.А., Лобова С.Ф. Циклический алгоритм расчета параметров взрыва горючего газа при истечении из резервуара конечной емкости // Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2018.
9. Курбатов Е.С. Газодинамика процесса истечения из резервуаров со сжатыми газами // Молодой ученый. 2014. № 8. С. 49.
10. Теплофизические закономерности развития пожарной опасности на промышленных предприятиях и нефтегазовых объектах: монография / Д.Ю. Минкин [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2018. 464 с.

РЕАКТИВНЫЕ СИЛЫ И ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

**А.И. Трубилко, кандидат физико-математических наук.
Санкт Петербургский университет ГПС МЧС России**

В рамках представлений классической механики рассмотрен класс реактивных сил. Они порождены изменением во времени массы движущейся системы.

Ключевые слова: реактивные силы, техносферная безопасность, классическая механика

REACTIVE FORCES AND TECHNOSPHERE SECURITY

A.I. Trubilko. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The classical mechanics properties are used for the class of the reactive mechanics forces. These forces can be produced by variation of mass mechanical systems in time.

Keywords: reactive forces, technosphere security, classical mechanics

В работе [1] на основе представлений молекулярно-кинетической теории вещества рассмотрены некоторые явления и законы такого важного раздела общего курса физики, как гидростатика и гидродинамика. Физическими понятиями, вводимыми в этом разделе [2–5], как хорошо известно, оперируют также и многие технические дисциплины, изучаемые при подготовке инженеров пожарно-технического профиля. Можно с уверенностью сказать, что

обсуждаемый раздел является тем фундаментом основных теоретических знаний, который закладывается подготовкой специалиста и проходит сквозной нитью всей профессиональной деятельности будущего специалиста. Именно поэтому и в других статьях [6–8], связанных с применением понятий и законов курса физики, неизменно проводится тезис о том, что основой безопасности жизнедеятельности является соблюдение объективных законов природы окружающего мира.

В данной статье автор вновь обращается к понятиям и законам гидростатики и гидродинамики и преследует цель обратить внимание читателей на широкий класс явлений, связанных с понятием «реактивные силы». На взгляд автора, указанное понятие не находит должного внимания в большинстве существующих учебников и пособий по курсу общей физики. Более того, в некоторых ситуациях о наличии существования таких сил многие и не задумываются. Вместе с тем именно они продуцируют не только движение систем посредством реактивной тяги, но и могут определять различного вида опасности техносферного характера, такие как различные разрывы магистральных линий тушения пожаров, соблюдение техники безопасности при работе со стволами гидрантов и др.

Чтобы ввести понятие реактивной силы как силы реакции рассмотрим цилиндрический аквариум, заполненный водой. Пусть вблизи дна, в боковой поверхности аквариума существует отверстие малого диаметра. Площадь этого отверстия S_0 много меньше площади основания цилиндра S : $S_0 \ll S$ (рис. 1).

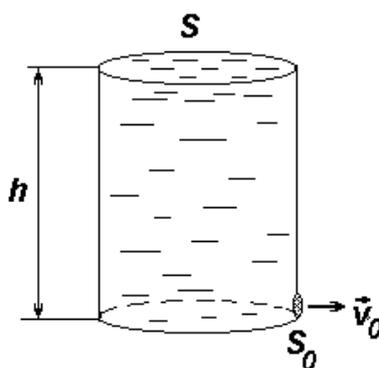


Рис. 1. К определению понятия реактивной силы

Будем считать, что скорость вытекания жидкости одинакова по всему сечению отверстия и воспользуемся уравнением Бернулли:

$$\rho gh + \rho \frac{V^2}{2} + p = \text{const} ,$$

которое для рассматриваемого случая примет следующий явный вид:

$$\rho \frac{V_0^2}{2} + p_0 = \rho gh + \rho \frac{V^2}{2} + p_0 ,$$

где h — высота верхнего уровня жидкости.

Обратим внимание, что внешним давлением в данном случае является атмосферное давление p_0 , значение которого в рассматриваемых точках одинаково. Воспользовавшись законом сохранения протекающей массы жидкости $VS = \text{const}$, можно установить, что скорость истечения жидкости много больше скорости движения верхней поверхности жидкости $V_0 \gg V$, поскольку по условию $S_0 \ll S$. Тогда нетрудно определить скорость истечения:

$$V_0 = \sqrt{2gh} .$$

Это очевидный результат, который выражает закон сохранения механической энергии для идеальной жидкости.

Теперь вычислим величину силы, действующую на сосуд со стороны вытекающей жидкости. Скорость изменения массы, вытекающей из малого отверстия S_0 , определяется как:

$$\frac{dm}{dt} = \rho V_0 S_0.$$

Тогда скорость изменения импульса такой массы жидкости, протекающей за единицу времени, равна:

$$\frac{dP}{dt} = \frac{dm}{dt} V_0 = \rho S_0 V_0^2 = 2\rho S_0 gh.$$

Обратим внимание, что любой малый объем жидкости имеет в отверстии одну и ту же скорость V_0 . Скорость изменения импульса по второму закону Ньютона – есть сила, действующая со стороны стенок сосуда на струю. Тогда по третьему закону Ньютона, эта сила в точности равна и противоположна по направлению силе реакции струи на стенки сосуда. Ее величина в данном случае равна:

$$F = \rho S_0 V_0^2 = 2\rho S_0 gh. \tag{1}$$

При выводе этого выражения предполагалось, что площадь отверстия и площадь сечения установившейся струи одинаковы и равны S_0 .

Опыт показывает, что форма отверстия определяет условие постоянства скорости истечения жидкости по сечению. Вычислим силу, действующую на сосуд в начальный момент вытекания жидкости, когда сосуд еще покоится. Эта сила равна силе, действующей на соответствующее сечение противоположной стенки:

$$F_0 = \rho \tilde{S} gh,$$

где \tilde{S} – площадь отверстия.

Обратим внимание, что в выражение (1) входит площадь сформированной струи жидкости S_0 . Эта площадь не всегда равна площади отверстия \tilde{S} . Детальный анализ является сложным и выходит за рамки данного рассмотрения.

Рассмотрим проявление сил, возникающих под действием движущейся жидкости, на некоторых примерах. Найдем изменение импульса жидкости, движущейся со скоростью V по изогнутой трубе, представленной на рис. 2. Сечение трубы одинаково и равно S .

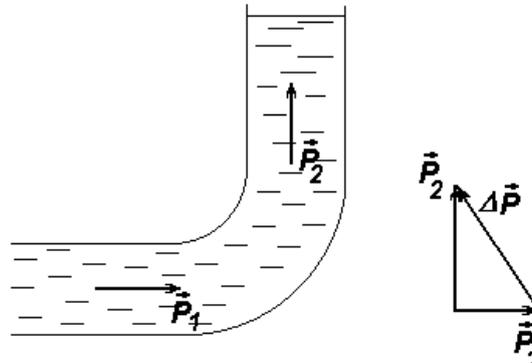


Рис. 2. К определению изменения импульса жидкости, движущейся по изогнутой трубе

При протекании жидкости по трубе импульс ее бесконечно малого элемента изменяется по направлению, оставаясь одинаковым по величине. За время dt через входное сечение S протекает масса $dm = \rho SVdt$, а ее импульс определяется вектором $\vec{P}_1 = \rho SVdt \vec{V}_1$.

За это же время, через точно такое же по величине выходное сечение протекает то же количество жидкости. При этом ее импульс равен $\vec{P}_2 = \rho SVdt \vec{V}_2$. Тогда изменение импульса за время dt равно:

$$d\vec{P} = \vec{P}_2 - \vec{P}_1 = \rho SVdt \cdot (\vec{V}_2 - \vec{V}_1).$$

Импульс силы давления струи на стенки сосуда равен по величине и противоположен по направлению этому изменению импульса. Поскольку скорость стационарного течения не изменяется по величине, а только по направлению, то величина $dP = \sqrt{2} \rho SV^2 dt$ в силу теоремы Пифагора. Следовательно, величина силы давления жидкости на стенки:

$$F = \frac{dP}{dt} = \sqrt{2} \rho SV^2. \quad (2)$$

Рассмотрим теперь струю воды, имеющую постоянную скорость V и действующую на сечение площадью S , под углом α к поверхности. Определим силу давления струи на стену. В этом случае можно предполагать взаимодействие со стеной как абсолютно упругий удар. Тогда определим полное изменение импульса материальной точки массой m при таком ударе (рис. 3).

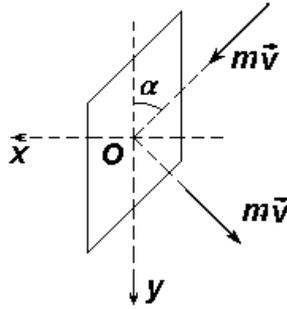


Рис. 3. К изменению импульса материальной точки при абсолютно упругом ударе

Изменение импульса вдоль оси OY равно:

$$\Delta p_y = p'_y - p_y = mV'_y - mV_y = mV_y - mV_y = 0,$$

где V'_y, V_y – проекции скорости материальной точки на ось OY после и до взаимодействия, соответственно.

Изменение импульса вдоль оси OX равно соответственно:

$$\Delta p_x = p'_x - p_x = mV'_x - mV_x = -mV_x - mV_x = -2mV_x = -2mV \sin \alpha,$$

где $V'_x = V_x = V \sin \alpha$ – проекции скорости материальной точки на ось OX после и до взаимодействия соответственно.

Найдем величину изменения полного импульса частицы:

$$\Delta p = \sqrt{\Delta p_x^2 + \Delta p_y^2} = 2mV \sin \alpha.$$

Теперь учтем тот факт, что имеем не материальную точку, а поток жидкости, движущейся с постоянной по величине скоростью. Значит, масса жидкости, падающей на площадку S за время dt , равна $m = \rho SVdt$. Тогда изменение импульса жидкости за время dt :

$$dp = 2\rho SV^2 \sin \alpha dt.$$

Сила давления на стенку со стороны движущейся жидкости определяется согласно второго закона Ньютона:

$$F = \frac{dp}{dt} = 2\rho SV^2 \sin \alpha. \quad (3)$$

На рассмотренных примерах (формулы (1–3)) показано, что вследствие вытекания жидкости из отверстия в сосуде и при действии струи жидкости на стенки сосуда, возникает сила реакции струи и сила давления, пропорциональные квадрату скорости стационарного течения жидкости. Эти силы называют реактивными силами. Их проявления чрезвычайно многогранны – это и водометный двигатель, и реактивный двигатель самолетов, и, наконец, движение ракет.

Рассмотрим движение ракеты переменной массы за счет реактивной силы. В двигателе происходит сгорание топлива, и образуются газы, которые с большой скоростью выбрасываются через выходное сопло двигателя, из-за чего и возникает реактивная сила. Рассмотрим рис. 4.

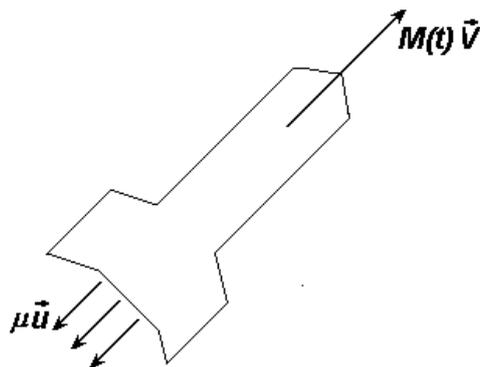


Рис. 4. Движение ракеты переменной массы

Здесь представлена ракета в некоторый момент времени t . Для этого момента $M(t)$ – масса ракеты и топлива. Она меняется с течением времени. Введем следующие обозначения: пусть \vec{V} – скорость ракеты в инерциальной системе отсчета; \vec{i} – скорость газов, истекающих из ракеты относительно ракеты, μ – масса газов, вырывающихся из сопла за единицу времени (ее размерность [кг/с]). Для нахождения уравнения движения ракеты необходимо воспользоваться вторым законом Ньютона:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}, \quad (4)$$

где $d\vec{P}$ – изменение импульса системы; \vec{F} – результирующая внешних сил, действующих на систему. Будем работать в инерциальной системе отсчета. Найдем изменение импульса ракеты за бесконечно малый промежуток времени dt . Все вычисление будем для простоты

проводить в проекции на направление, выделенное на рис. 4. В начальный момент времени импульс ракеты $P_0 = M(t)V$. За промежуток dt из двигателя отделяется масса газов μdt . Значит, масса ракеты становится равной $M(t) - \mu dt$. Скорость ракеты при этом увеличивается на величину dV и становится равной $V + dV$. Скорость отделяющихся газов относительно инерциальной системы отсчета равна $u + V$. Следовательно, полный импульс системы в момент времени $t + dt$ равен:

$$P = (M(t) - \mu dt)(V + dV) + \mu dt(u + V) \approx M(t)V + MdV + \mu u dt. \quad (5)$$

При выводе (5) необходимо оставить слагаемые первого порядка малости по приращениям и пренебречь слагаемым второго порядка $\mu dV dt$. Найдем изменение импульса $dP = P - P_0 = MdV + \mu u dt$. Теперь с помощью (4) найдем дифференциальное уравнение движения ракеты:

$$M(t) \frac{dV}{dt} = -\mu u + F. \quad (6)$$

Это уравнение описывает движение тела переменной массы. Само движение тела происходит либо вследствие отделения ($\mu > 0$), либо присоединения ($\mu < 0$) некоторой массы, имеющей скорость u относительно ракеты. Уравнение (6) называется уравнением Мещерского.

Движение механических систем переменной массы в рамках классической механики описывается уравнением (6). В общем случае такая задача является достаточно сложной. Часто ее рассматривают применительно к движению ракет в космическом пространстве. В этом случае масса движущегося объекта уменьшается. Рассмотрим движение объекта с увеличивающейся массой. Такие ситуации часто встречаются даже в обыденной повседневной жизни и могут служить простыми явлениями, демонстрирующими важность для техносферной безопасности.

Пусть на санки, имеющие массу m_0 и движущиеся по горизонтальной дороге со скоростью V_0 вертикально с постоянной скоростью u относительно Земли, падает η килограмм снега в секунду. Определим скорость санок $V(t)$ к моменту времени t . Трением будем пока пренебрегать. Вычислим также время движения санок до остановки. Рассматриваемая ситуация представлена на рис. 5.

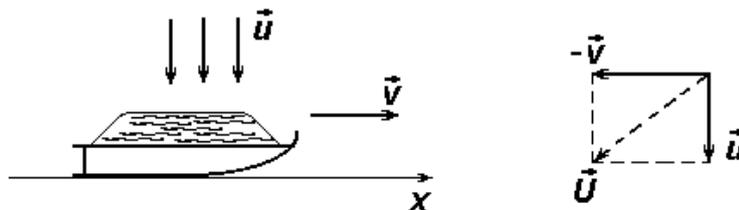


Рис. 5. Движение без учета трения скольжения при действии на них постоянной падающей массы снега

Запишем уравнение (6) в проекции на ось OX , учитывая тот факт, что внешние силы отсутствуют:

$$M(t) \frac{dV}{dt} = -\eta V. \quad (7)$$

Обратим внимание, что в правую часть входит проекция скорости \vec{U} снежинки относительно санок, которая определяется величиной мгновенной скорости тележки V (рис. 5). Масса санок со снегом в этот момент времени t равна:

$$M(t) = m_0 + \eta t. \quad (8)$$

Из (7) с учетом (8) имеем:

$$\frac{dV}{V} = -\frac{\eta}{m_0 + \eta t} dt.$$

Интегрируя это выражение, получим:

$$\ln \frac{V(t)}{V_0} = -\ln \left(\frac{m_0 + \eta t}{m_0} \right)$$

и окончательно:

$$V(t) = \frac{V_0}{1 + \frac{\eta t}{m_0}}. \quad (9)$$

График функции (9) представлен на рис. 6. Видно, что под действием реактивной силы санки останавливаются. Однако полная остановка осуществляется за бесконечно большое время, поскольку силой трения пренебрегаем.

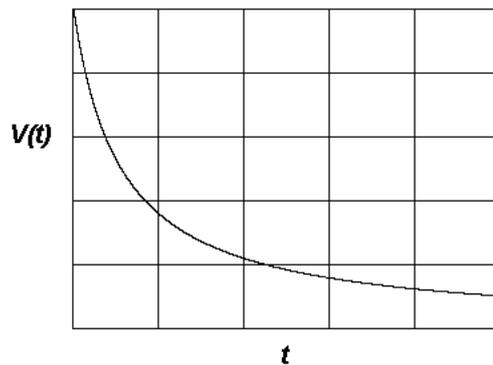


Рис. 6. Зависимость скорости движения от времени

Теперь в условиях предыдущей задачи учтем действие на систему силы трения скольжения, будем считать коэффициент трения заданным и равным μ . Вновь определим изменение скорости со временем и время до остановки.

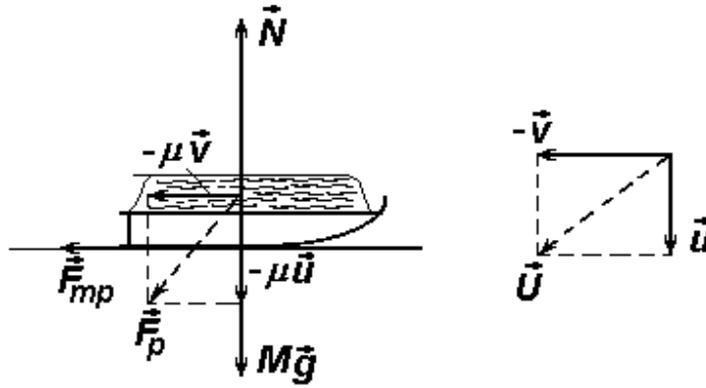


Рис. 7. Движение с учетом трения скольжения при действии на них постоянной падающей массы снега

Внесение небольшого изменения в задачу – учет трения скольжения – приводит к кардинальным изменениям.

Теперь необходимо написать уравнения движения как в проекции на ось OX , добавив силу трения (рис. 7):

$$M(t) \frac{dV}{dt} = -\eta V - F_{mp},$$

так и в проекции на ось OY :

$$0 = N - (m_0 + \eta t)g - \eta u,$$

где N – сила реакции опоры; $(m_0 + \eta t)g$ – сила тяжести тележки со снегом к моменту времени t ; ηu – проекция реактивной силы на ось OY .

Изменение массы санок с течением времени происходит по закону:

$$M(t) = m_0 + \eta t.$$

Используя определение силы трения скольжения $F_{mp} = \mu N$, где μ – коэффициент трения, получим уравнение изменения мгновенной скорости:

$$\frac{dV}{dt} + \frac{\eta}{m_0 + \eta t} V = -\mu g - \frac{\mu \eta u}{m_0 + \eta t}. \quad (10)$$

Уравнение (10) является неоднородным дифференциальным уравнением первого порядка. Его окончательное решение имеет следующий вид:

$$V(t) = \frac{1}{m_0 + \eta t} \left[m_0 V_0 - \mu t (g m_0 + \eta u) - \mu g \eta \frac{t^2}{2} \right].$$

Остановка механической системы, то есть выполнение условия $V(\tau) = 0$, произойдет через интервал времени, который определяется решением квадратного уравнения:

$$\left[m_0 V_0 - \mu t (g m_0 + \eta u) - \mu g \eta \frac{t^2}{2} \right] = 0.$$

Из двух значений решения уравнения имеет физический смысл только одно, поскольку время $\tau > 0$:

$$\tau = \left(\frac{m_0}{\eta} + \frac{u}{g} \right) \left[\sqrt{1 + 2 \frac{\eta g m_0 V_0}{\mu (m_0 g + \eta u)^2}} - 1 \right]. \quad (11)$$

Видно, что в отсутствии трения $\mu = 0$ решение соответствует решению предыдущей задачи, и имеем бесконечно большое время до остановки санок $\tau \rightarrow \infty$.

Получили громоздкое решение, характерное для обычных инженерных задач. Справедливость полученных результатов проверяют в предельных случаях, для которых ответ известен.

Рассмотрим случай слабого изменения массы:

$$\frac{\eta u}{m_0 g} \ll 1 \quad (12)$$

для не слишком больших скоростей движения санок. В этих условиях, ограничиваясь разложением квадратного корня (11):

$$\left[\sqrt{1 + 2 \frac{\eta g m_0 V_0}{\mu (m_0 g + \eta u)^2}} - 1 \right] \approx \frac{\eta g m_0 V_0}{\mu (m_0 g + \eta u)^2},$$

имеем:

$$\tau = \frac{V_0}{\mu g \left(1 + \frac{\eta u}{m_0 g} \right)}.$$

Полагая в этой формуле $\eta = 0$, получаем хорошо известный результат. Он отвечает движению тела при наличии действующей на него постоянной силы трения. Если $\eta \neq 0$, но выполняется условие малости (12), то движение тела является равнозамедленным с эффективным коэффициентом трения, равным $\mu \left(1 + \frac{\eta u}{m_0 g} \right)$. В общем случае при определении времени до остановки расчеты следует производить по формуле (11).

В рамках приведенного рассмотрения хочется обратить внимание читателей на существование широкого класса сил реакции, связанных с наличием движущейся жидкости, газа или еще какой-либо субстанции. Эти силы, физическое происхождение которых связано с изменяющейся во времени переносимой массой, могут встречаться не только при описании движения космических кораблей, но и в обыденной жизни. Они оказываются важными при описании движения транспортных средств по дороге, движении систем с переменной массой, движении воды в канале магистральной линии тушения пожара. Следовательно, рассматриваемые силы могут служить источником техносферной опасности, и об их существовании не надо забывать при рассмотрении движения механических систем.

Литература

1. Трубилко А.И. Некоторые вопросы гидростатики и гидродинамики в вопросах безопасности жизнедеятельности // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2020. № 2 (34). С. 26–36.
2. Хайкин С.Э. Физические основы механики. СПб.: изд-во Лань, 2008. 768 с.
3. Стрелков С.П. Общий курс физики. Механика. М.: Наука, 1975. 559 с.
4. Механика: сб. задач по общему курсу физики. Кн. 1 / Стрелков С.П. [и др.]. М.: Физматлит, Лань, 2006. 240 с.
5. Бутиков Е.И., Быков А.А., Кондратьев А.С. Физика в примерах и задачах. М.: Наука, 1989. 464 с.
6. Трубилко А.И., Трубилко Л.А. Пожарная безопасность в некоторых задачах электростатики // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2018. № 2 (26). С. 30–41.
7. Трубилко А.И., Трубилко Л.А. Простая модель короткого замыкания // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2019. № 3 (31). С. 10–19.
8. Трубилко А.И. Физические основания регистрации переменных сигналов // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2020. № 4 (36). С. 26–36.

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕПЛОСЪЕМА В СИСТЕМАХ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

**Л.В. Медведева, доктор педагогических наук, профессор,
залуженный работник высшей школы Российской Федерации.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Выделено фундаментальное ядро естественнонаучных знаний молекулярной физики и теории теплообмена, которые являются ориентировочной основой решения актуальной инженерной задачи расчета эффективного теплосъема в системах оборотного водоснабжения оборудования промышленных объектов.

Ключевые слова: теплосъем, градирня, системы оборотного водоснабжения, теплообмен

PHYSICAL BASIS OF HEAT REMOVAL IN IN-PLANT WATER RECIRCULATION SYSTEMS

L.V. Medvedeva. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article highlights the fundamental core of the natural science knowledge of molecular physics and the theory of heat and mass transfer, which are basis for solving the urgent engineering problem of effective heat removal calculating in in-plant water recirculation systems.

Keywords: heat removal, cooling tower, in-plant water recirculation systems, heat and mass transfer

Выполнение требований по обеспечению нормальных условий работы оборудования промышленных объектов на практике достигается специальными инженерными мероприятиями, с помощью которых осуществляется перенос энергии и вещества от одних

тел к другим. Эти процессы имеют важное значение при теплоснабжении, конденсации, очистке, осушке и увлажнении, при решении инженерной задачи теплосъема в системах оборотного водоснабжения промышленных объектов, а также при работе оборудования атомных и тепловых станций [1].

При решении инженерных задач естественного или искусственного перемещения вещества в пространстве от одной среды в другую необходимо рассчитывать скорости процессов и подбирать оптимальные условия, режимы и аппаратуру для интенсификации переноса тепла и вещества. Базой для инженерных расчетов являются закономерности гидро- и аэромеханики, физические закономерности явлений диффузии, теплопроводности, лучистого теплообмена, переноса импульса при массовых движениях сред и законы термодинамики.

Владение понятийным аппаратом фундаментальных знаний как ориентировочной основой решения практических инженерных задач позволяет:

1. Определить факторы, от которых наиболее существенно зависит интенсивность теплообмена в данных условиях.
2. Выполнить простые оценочные расчеты.
3. Получить количественные инженерные формулы расчета аппаратов, имеющие достаточную точность.

Следует отметить, что для решения проблемы теплосъема на оборудовании промышленных объектов используют воду, которую многократно после отработки возвращают в цикл, который становится замкнутым. При этом осуществляется теплосъем при непосредственном контакте поверхности воды с воздухом, при максимальном развитии поверхности соприкосновения, что позволяет части воды испаряться и за счет поглощения скрытой теплоты парообразования дополнительно охлаждать оставшуюся воду [2, 3].

Для обеспечения эффективного теплосъема используют специальные инженерные сооружения – градирни, внутри которых вода стекает в оросительном устройстве в виде тонкой пленки или капель, а тепло отдается по всей поверхности соприкосновения от воды потоку воздуха.

Современные градирни классифицируют [4]:

- 1) по принципу обеспечения контакта воды с воздухом: пленочные, капельные, брызгательные, комбинированные;
- 2) по способу подвода воздуха: вентиляторные с нагнетанием или отсосом воздуха вентилятором, башенные, в которых тяга воздуха создается высокой вытяжной башней, открытые атмосферные, в которых для протока воздуха используется сила ветра и естественная конвекция;
- 3) по относительному направлению потоков воды и воздуха: противоточные, градирни с перекрестным током;
- 4) по применяемым конструктивным материалам: деревянные, железобетонные, с использованием асбестоцементных или пластмассовых щитов.

В зависимости от конструкции испаряется 0,5–2 % оборотной воды, что позволяет снизить ее температуру на 5–10 °С. Сильное развитие поверхности соприкосновения фаз интенсифицирует процессы теплообмена и теплосъем увеличивается до 420 МДж в час с одного квадратного метра поверхности [3, 4].

Для того чтобы уменьшить площади земель, изъятые для сооружения градирен из землепользования, увеличивают высоту инженерного сооружения, которая может, например, на мощной тепловой электростанции превышать многоэтажный дом.

Таким образом, основной расчетной величиной для обеспечения оптимального теплосъема промышленного объекта является необходимая высота градирни.

Рассмотрим физические основы инженерного расчета необходимой высоты рабочей (оросительной) части градирни.

Процесс теплосъема осуществляется общим переносом вещества, тепла (энергии) и импульса при хаотическом движении молекул.

В молекулярной физике процесс достижения системой равновесного наиболее вероятного состояния описывают как перенос соответствующих молекулярных признаков [5].

При отклонении температуры от равновесного значения в некоторой области в системе возникает направленный поток теплоты (тепловой поток), который называют теплопроводностью. Явление теплопроводности описывается уравнением Фурье, согласно которому в случае одномерной задачи в среде с коэффициентом теплопроводности λ поток тепла q направлен противоположно градиенту температуры ($\frac{dT}{dx}$):

$$q = -\lambda \frac{dT}{dx} . \quad (1)$$

Коэффициент теплопроводности воздуха равен $\approx 0,02$ Вт/м·К, в жидкости значение коэффициента теплопроводности возрастает на порядок, а в твердых телах – на два порядка (коэффициент воды равен 0,5 Вт/м·К, а органической жидкости 0,2 Вт/м·К).

При отклонении концентрации от равновесного значения в некоторой области в системе возникает направленный поток вещества, который называют диффузией. Явление диффузии описывается уравнением Фика, согласно которому в случае одномерной задачи в среде с коэффициентом диффузии D диффузионный поток j направлен противоположно градиенту концентрации ($\frac{dc}{dx}$):

$$j = -D \cdot \frac{dc}{dx} . \quad (2)$$

Механизм передачи импульса в жидкости связан не только с перемешиванием молекул соседних слоев, которые движутся с разными скоростями, но и с силовым взаимодействием между слоями (явление вязкости).

При теплосъеме на границе твердой стенки с температурой $T_{гр}$ с движущейся средой температуры $T_{ср}$ температурный градиент сосредотачивается в узком пограничном слое толщиной δ , и формула (1) закона Ньютона может быть записана в виде:

$$q = -\lambda \cdot \frac{T_{ср} - T_{гр}}{\delta} = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (T_{гр} - T_{ср}) = \alpha \cdot \Delta T , \quad (3)$$

где α – коэффициент теплоотдачи твердой поверхности.

Аналогично могут быть получены соотношения для расчета диффузионного потока, возникающего в узком пограничном слое толщиной δ , и формула (2) может быть записана в виде:

$$j = -D \cdot \frac{c_{ср} - c_{гр}}{\delta} = \frac{D}{\delta} \cdot (c_{гр} - c_{ср}) = \beta \cdot \Delta c , \quad (4)$$

где β – коэффициент массопереноса.

С увеличением интенсивности массопереноса толщина пограничного слоя сокращается, а коэффициент теплоотдачи (α) и коэффициент массопереноса (β) возрастают.

При естественной конвекции значения коэффициента теплоотдачи имеют значения в пределах $\alpha \cong 5 \div 10$ Вт/м² · К, а при наличии турбулентности могут достигать значений порядка $\sim 10^4$ Вт/м² · К [6, 7].

В прозрачных средах теплообмен осуществляется и излучением. Лучистый поток между телами различной температуры рассчитывается с помощью закона Стефана-Больцмана и понятия поглотительной способности тела при малых перепадах температуры:

$$q_{л} = a \cdot \sigma \cdot \Delta(T^4) \cong 4 \cdot a \cdot \sigma \cdot T_{ср}^2 \cdot \Delta T = \alpha_{луч} \cdot \Delta T .$$

При испарении надо учитывать перенос энергии, в котором участвуют испаряющиеся молекулы. При испарении увеличивается объем пара $V_{п}$ и совершается работа:

$$p \cdot \Delta V = p \cdot (V_{п} - V_{ж}) \approx p \cdot V_{п} = R \cdot T .$$

Так как тепло от нагретой поверхности переносится механизмами теплообмена и испарением, то для расчета необходимой высоты нужно ввести некоторые характеристики влажного воздуха.

Влажный воздух представляет собой смесь сухого воздуха и водяных паров, которые при нормальных условиях можно считать идеальными газами, подчиняющимися уравнению Менделеева-Клапейрона [5]:

$$P \cdot V = \frac{m}{\mu} \cdot R \cdot T . \quad (5)$$

Выразим плотность из уравнения (5):

$$\rho = \frac{P \cdot \mu}{R \cdot T} . \quad (6)$$

Плотность влажного воздуха является парциальной плотностью, равной массовой концентрации (c) диффундирующего пара в уравнении (4).

В инженерных расчетах градирен вводят понятие «влагосодержание», которое для данного объема воздуха характеризуется относительной величиной X , равной отношению массы пара к массе сухого воздуха в этом же объеме. Следовательно, влагосодержание должно быть равно отношению плотности пара (ρ_n) к плотности сухого воздуха ($\rho_{св}$). Тогда, с учетом формулы (6), получим для расчета влагосодержания выражение [8]:

$$X = \frac{\rho_n}{\rho_{св}} = \frac{P_n \cdot \mu_n}{R \cdot T} : \frac{P_{св} \cdot \mu_{св}}{R \cdot T} = \frac{P_n \cdot \mu_n}{P_{св} \cdot \mu_{св}}, \quad (7)$$

где P_n – давление пара; μ_n – молярная масса пара ($\mu_n=0,018$ кг/моль); $P_{св}$ – давление сухого воздуха; $\mu_{св}$ – молярная масса воздуха ($\mu_{св}=0,029$ кг/моль).

Относительная влажность воздуха рассчитывается по формуле:

$$\varphi = \frac{P_n(T)}{P_{нас}(T)} \cdot 100\%; \quad P_n(T) = \varphi \cdot P_{нас}(T) .$$

Давление сухого воздуха рассчитывается по формуле:

$$P_{св} = P_B - P_n = P_B - \varphi \cdot P_{нас} .$$

Тогда формула (7) может быть записана в виде:

$$X = \frac{\rho_n}{\rho_{св}} = \frac{P_n \cdot \mu_n}{P_{св} \cdot \mu_{св}} = \frac{18}{29} \cdot \frac{\varphi \cdot P_{нас}}{P_B - \varphi \cdot P_{нас}} = 0,622 \cdot \frac{\varphi \cdot P_{нас}}{P_B - \varphi \cdot P_{нас}} .$$

Теплосодержание влажного воздуха относят к килограмму сухого воздуха и обозначают i_B , а за условное начало отсчета теплосодержаний принимают состояние сухого воздуха и воды при температуре 0 °С. Если теплота испарения воды при температуре 0 °С равна $r_0 = 595$ ккал/кг, а удельные теплоемкости сухого воздуха и водяного пара при постоянном давлении соответственно равны $c_{св}=0,24$ ккал/кг и $c_n=0,47$ ккал/кг, то эмпирическая зависимость для расчета теплосодержания влажного воздуха имеет вид [9, 10]:

$$i_B = c_{св} \cdot t + X \cdot (r_0 + c_n \cdot t) = 0,24 \cdot t + X \cdot (595 + 0,47 \cdot t) \text{ ккал/кг} .$$

Рассмотрим границу раздела между текущими противотоком водой и воздухом (рис). В пограничном слое температура воздуха меняется от температуры поверхности жидкости (t'') до температуры в ядре воздушного потока (t).

В пограничном слое влагосодержание изменяется от значения, соответствующего насыщению (X''), до влагосодержания в воздухе (X), достигнутого за счет испарения влаги при его прохождении через нижележащие участки градирни. Влагосодержание, соответствующее насыщению, определяется по формуле:

$$X'' = 0,622 \cdot \frac{P_{нас}(t'')}{P_B - P_{нас}(t'')} .$$

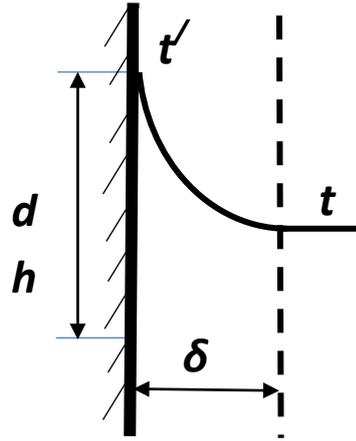


Рис. Пограничный слой воздуха

Движущей силой процесса передачи тепла от воды к воздушному потоку через пограничный слой является разность теплосодержаний, которая определяется следующим образом:

$$\Delta i = i'' - i = [c_p \cdot t'' + X'' \cdot (r_0 + c_n \cdot t'')] - [c_p \cdot t + X \cdot (r_0 + c_n \cdot t)].$$

Преобразуем полученное выражение:

$$\Delta i = i'' - i = (c_p + X \cdot c_n) \cdot \Delta t + i_n \cdot \Delta X = c_B \cdot \Delta t + i_n \cdot \Delta X.$$

На основании полученных ранее выражений (3), (4), можно выразить полный поток энергии от воды к воздуху через единицу площади поверхности контакта:

$$q = \alpha \cdot \Delta T + i_n \cdot \beta \cdot \Delta c = \beta \cdot \rho_v \cdot \Delta i.$$

На участке градирни высотой dh полная величина поверхности раздела фаз равна произведению площади удельной поверхности участка ($S_{уд}$) на объем участка $F_{гр} \cdot dh$ ($F_{гр}$ – площадь сечения аппарата).

Полное количество энергии, переданное за единицу времени от воды к воздуху на участке равно [7, 8]:

$$E = \beta \cdot \rho_v \cdot \Delta i \cdot S_{уд} \cdot F_{гр} \cdot dh.$$

При полном расходе жидкости $G_{ж}$ через все сечение аппарата $F_{гр}$ температура воды ($c_{ж}$ – теплоемкость воды) снизится на рассматриваемом участке на некоторую величину dT , а полный поток воздуха $G_{возд}$, который протекает через этот участок, увеличит свое теплосодержание на некоторую величину di .

Таким образом получим равенство:

$$-G_{ж} \cdot c_{ж} \cdot dt = \beta \cdot \rho_v \cdot \Delta i \cdot S_{уд} \cdot F_{гр} \cdot dh = G_{возд} \cdot di.$$

Из полученного равенства найдем для расчета необходимой высоты рабочей (оросительной) части градирни:

$$h = \int_1^2 dh = \frac{G_{возд}}{\beta \cdot \rho_v \cdot S_{уд} \cdot F_{гр}} \cdot \int_1^2 \frac{di}{\Delta i}.$$

По мере продвижения жидкости через градирню постепенно уменьшается ее температура и влагосодержание насыщающего пара над ней, поэтому вычисление полученного интеграла для расчета необходимой высоты рабочей части градирни становится сложной задачей, требующей расчетов с помощью современных информационных технологий [9–11].

Литература

1. Галустов В.С., Беличенко Ю.П. Современные методы, системы и оборудование охлаждения оборотной воды. М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1988. 47 с.
2. Беличенко Ю.П. Замкнутые системы водообеспечения химических производств. М.: Химия, 1989. 207 с.
3. Кучеренко Д.И., Гладков В.А. Обратное водоснабжение (системы водяного охлаждения). М.: Стройиздат, 1980. 169 с.
4. Пономаренко В.С., Арефьев Ю.И. Градирни промышленных и энергетических предприятий: справ. пособие / под. общ. ред. В.С. Пономаренко. М.: Энергоатомиздат, 1998. 371 с.
5. Основы термодинамики, газовой динамики и теплопередачи: учеб. пособие для авиац. техникумов / С.И. Исаев [и др.]; под общ. ред. В.И. Хвостова. М.: Машиностроение, 1968. 275 с.
6. Prinzipien der Kühlturmtechnik // Chem.-Ing.-Tehn. 1994. V. 66. № 11. P. 1436.
7. Леонтьев А.И. Теория тепломассообмена. 3-е изд. М.: Изд-во МГТУ, 2018.
8. Grundlagen der industriellen Wasserbehandlung. Firmenschrift der Drew Chemical Corp. Bi'onton. New Jersey (USA). 20. Held, H.D.: Kühlwasser, 2. Aun. Essen: Vulkan-Verlag, 1977.
9. Федяев В.Л. Модернизация теплотехнического оборудования на основе методов математического моделирования: дис. ... д-ра техн. наук. Казань: КГТУ, 2001.
10. Ведьгаева И.А. Математическое моделирование, исследование и повышение эффективности работы промышленных градирен: дис. ... канд. техн. наук. Казань: КГЭУ, 2003.
11. Фисенко С.П. Математическое моделирование охлаждения капельных и пленочных течений воды в башенных испарительных градирнях // ИФЖ. 2001. Т. 74. № 1. С. 45–49.



ИНЖЕНЕРНОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

УДК 004.05

РОЛЬ АДМИНИСТРИРОВАНИЯ СЕТЕЙ В ШКОЛАХ. ИССЛЕДОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ВНУТРИ ШКОЛ

А.В. Поначугин, кандидат экономических наук, доцент;

С.Д. Попенко.

**Нижегородский государственный педагогический университет
им. Козьмы Минина**

Рассматриваются различные особенности и аспекты администрирования и обеспечения безопасности сетей в учебных учреждениях, возможные проблемы в работе и планировании школьной сети, выявленные методами исследования и анализа теоретического материала. Проведено исследование, в рамках которого было выявлено, что некоторые школы ещё сталкиваются со сбоями в работе сетей. По результатам исследования и их анализа был предложен авторский концепт для устранения выявленных проблем.

Ключевые слова: локальные сети, администрирование, система, безопасность, защита, угроза, устройства

THE ROLE OF NETWORK ADMINISTRATION IN SCHOOLS. RESEARCH ON THE ORGANISATION OF INFORMATION INFRASTRUCTURE WITHIN SCHOOLS

A.V. Ponachugin; S.D. Popenko.

Nizhny Novgorod State pedagogical university named after Kozmy Minin

This article deals with various features and aspects of the administration and security of networks in educational institutions. Considered possible problems in the operation and planning of the school network identified by research and theoretical material analysis methods in the implementation and maintenance of these networks. The article also contains research that revealed that some schools are still faced with failures in the networks. Based on the results of the research and their analysis, an author's concept was proposed to address these identified problems.

Keywords: local area networks, administration, system, security, protection, threat, devices

В современном мире школьные руководители все чаще задумываются о будущем развитии своих школ. На сегодняшний день трудно представить работу учебных заведений без выхода в интернет, ведь он является универсальным средством для поиска и передачи знаний. Многие учителя уже взаимодействуют с глобальной сетью в рабочих целях,

разрабатывая новые методики обучения при помощи сети. С развитием цифровых технологий, которые могут применяться в обучении, в школах появилась потребность в доступе к интернету среди учеников и учителей. Сейчас все большее количество школ пытается реализовать сетевое пространство для удобства поиска и обмена данными [1–3].

Но, помимо построения локальной сети, необходимо ее обслуживать и модернизировать, вследствие чего появилась необходимость в квалифицированных работниках, которые умеют обращаться с новыми технологиями. Их обязанностями и будет обслуживание сетевых систем.

Так как школы только начинают переход к технологиям использования сетей, у них возникает множество проблем с контролем содержания информации. Для нормального функционирования сети нужно, чтобы сотрудники умели грамотно работать с ней. Для этого необходимо выдвинуть ряд требований:

1. Учет ограниченного времени урока. При отказе работы системы, учителя не могут долго ждать, пока сеть вернется в нормальное состояние, ведь время урока ограничено, а это значит, что сетевой администратор должен быстро реагировать на неполадки в функционировании системы, чтобы как можно скорее вернуть ее в рабочее состояние.

2. Фильтрация контента. Согласно проведенным исследованиям, более 70 % школ контролируют то, что ученики могут увидеть в сети Интернет. Существует большое количество программного обеспечения, при помощи которого можно ограничить доступ к определенным интернет-ресурсам. Эти программы позволяют сетевым администраторам наблюдать, откуда исходит неавторизированный трафик и принимать меры по защите системы на ранних этапах угрозы.

3. Использование пропускной способности. Школьные сети часто не используют пропускную способность, поскольку они пытаются приспособить множество конечных точек (включая постоянный приток мобильных устройств). Мониторинг сети должен работать в реальном времени, чтобы выявлять проблемные коммутаторы и порты, а также потери соединения и доступа к ним. Школы могут настроить SDN (программно-определяемая сеть) для автоматического и динамического распределения сетевых ресурсов, включая полосу пропускания между сетью и определенными устройствами, в соответствии с приоритетами, которые указало руководство школы. Такими приоритетами могут обладать персональные компьютеры учителей для быстрой загрузки необходимых данных. Кроме того, школы должны также гарантировать, что все соединения WAN и LAN имеют достаточную пропускную способность для удовлетворения требований к передаче данных. Таким образом, школы могут гарантировать, что их инфраструктура находится на должном уровне [4].

Как можно обеспечить управление сетью в школах? Благодаря использованию специального программного обеспечения для мониторинга сети, школы получают комплексное решение, позволяющее улучшить управление сетью. Это помогает им максимально эффективно использовать новую сетевую инфраструктуру с помощью следующих функций:

1. Сквозная диагностика позволяет выявить и решить проблемы за считанные минуты с помощью адаптивного веб-дизайна, поддерживающего современные браузеры (включая телефоны и планшеты).

2. Визуализация потоков обнаруживает проблемные IP-адреса, коммутаторы и порты.

3. Исторический анализ прошлых моделей трафика и установление ориентиров на действия в будущем [5].

Администрирование школьных сетей способствует структурированию передачи информации внутри учреждения, возможности быстрой передачи данных, благодаря грамотно сформированной сетевой инфраструктуре школы.

Сейчас одним из важных критериев безопасности является обеспечение защиты персональных данных пользователей интернета. Использование правильного

администрирования сети в школах позволит достичь необходимого уровня конфиденциальности информации.

По данной теме было проведено исследование в виде опроса по теме «Школьная сеть», в котором принимали участие учителя Либеевской, четвертой и пятой школ в г. Нижнем Новгороде. Всего опрос прошли 55 человек. В результате проведенного опроса было важно узнать есть ли сетевая инфраструктура в школе и как она работает, а также выяснить с какими трудностями сталкиваются пользователи сети.

На первый вопрос: «Реализована ли сетевая инфраструктура у вас в школе?», подавляющее большинство ответило положительно – 80 %, остальные ответили «нет» – 14,5 %, а меньшая часть респондентов – 5,5 % – не знает, что это такое (рис. 1).

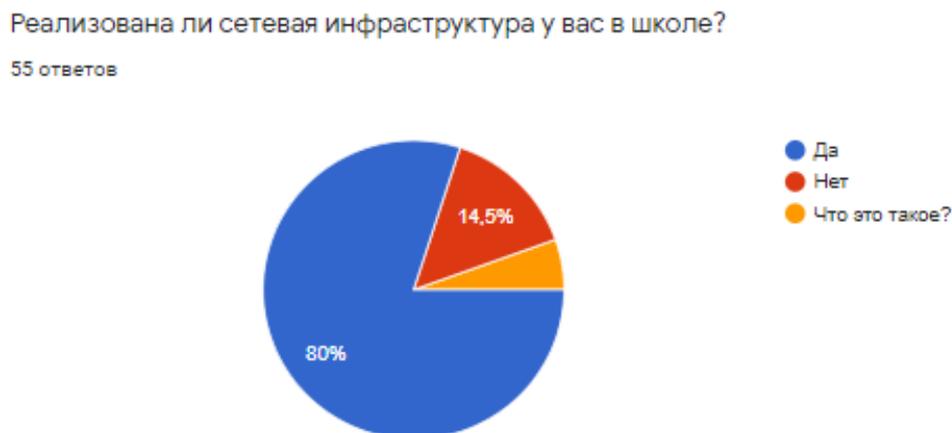


Рис. 1. Реализация сетевой инфраструктуры в учебных заведениях респондентов

На второй вопрос: «Работают ли в школе системные администраторы?», 74,5 % опрошенных ответили «да» (рис. 2), что говорит о том, что уже большая часть учебных заведений пополнила штат сотрудников новой должностью системного администратора.

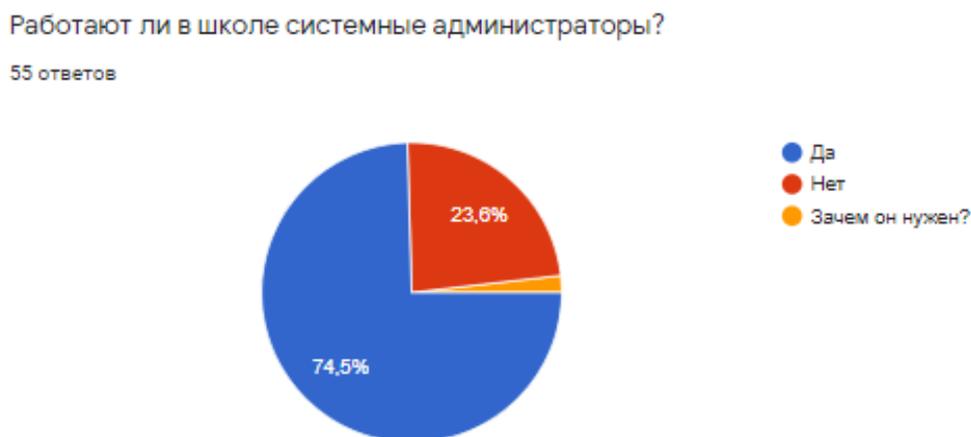


Рис. 2. Наличие должности системного администратора в школах респондентов

На вопрос: «Есть ли у вашей школы доступ в интернет?», почти все участники опроса – 94,5 % ответили «да» (рис. 3). Следовательно, можно сказать, что большинство учебных заведений используют базовые современные технологии для обучения. Это позволяет сделать следующий вывод: интернет-ресурсы максимально используются в образовательном процессе.

Есть ли у вашей школы доступ в интернет?

55 ответов

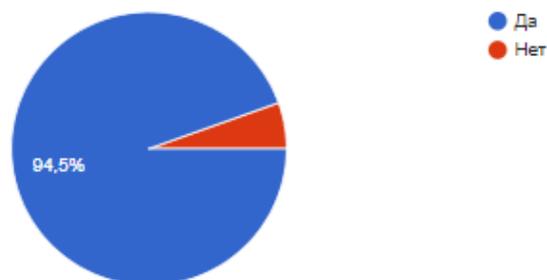


Рис. 3. Наличие доступа в интернет в школах респондентов

На четвертый вопрос: «Случались ли у вас проблемы в работе сети?», 90,9 % голосов выбрали ответ «да» (рис. 4). Исходя из этого, можно сделать вывод, что современные школы имеют недостаточно хорошее проектирование внутренней сети и слабую мощность серверов учреждения.

Случались ли у вас проблемы в работе сети?

55 ответов

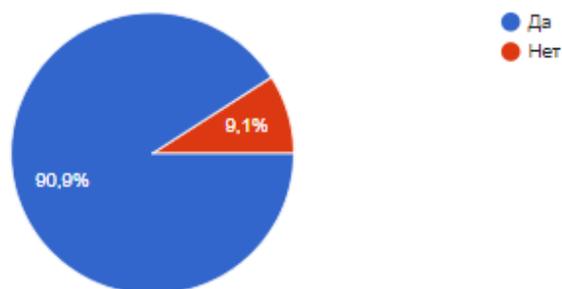


Рис. 4. Наличие проблем в работе сети

На вопрос: «Были ли у вас случаи несанкционированного доступа к сети?», основная часть голосов была отдана ответу «нет» – 92,7 %. Данные результаты опроса говорят о том, что организация защиты от вторжения злоумышленников находится на довольно высоком уровне (рис. 5).

Были ли у вас случаи несанкционированного доступа к сети?

55 ответов

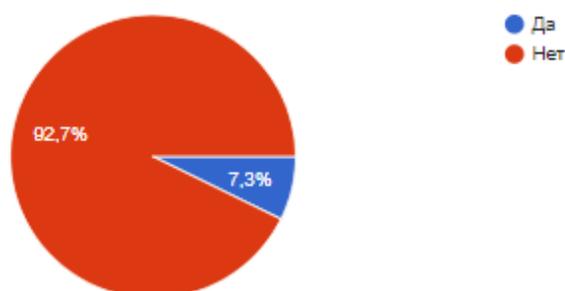


Рис. 5. Организация попыток несанкционированного доступа

Одним из основных вопросов стал следующий: «Каким образом совершается электронный документооборот в школе» (рис. 6). В XXI в. при реализации передачи информации с помощью сетевых папок не обязательно всегда иметь с собой какой-то внешний носитель. Учителям больше не придется осуществлять передачу файлов с одного рабочего места на другое, используя электронную почту, тем самым накапливая в ней нежелательный спам.

По результатам опроса можно увидеть, что наибольший процент – 85,5 % учителей пользуются электронной почтой. Также большинство преподавателей привыкли к традиционному методу передачи информации – с помощью информационного носителя (56,4 %). Относительно небольшое количество школ все же используют возможности сетевого администрирования (27,3 %) и осуществляют обмен данными через сетевые папки.

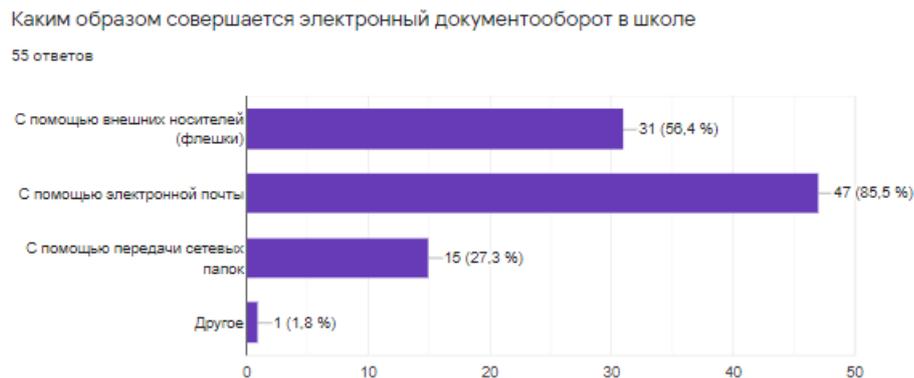


Рис. 6. Методы электронного документооборота в школе

В ходе проведенного исследования можно сделать вывод, что большинство школ оснащены собственной сетевой инфраструктурой, но ее реализация находится на низком уровне. Причиной этому служит недоступность сетевых папок для обмена информацией, недостаточное оснащение оборудованием и плохая реализация проектирования сети. Из достоинств можно выделить надежную защиту системы от несанкционированного доступа и подключение к глобальной сети Интернет.

Одна из важнейших причин обязательного наличия правильного администрирования сетей – это безопасность данных учеников и сотрудников.

В настоящее время информация является грозным оружием, и чтобы она не попала в руки злоумышленника необходимо соблюдать меры защиты. В обязанности системного администратора также входит обеспечение безопасности данных учреждения. Сотрудник обеспечивает защиту информации, безопасность межсетевое взаимодействия и правильную работу антивирусных систем.

Соответственно, создание внутреннего информационного пространства позволяет системному администратору контролировать входящие и исходящие данные школы. То есть контролироваться будут не только конфиденциальные данные, которые могут быть украдены или повреждены, но и данные, просматриваемые учениками в интернете в ходе учебного процесса. Следовательно, системный администратор также должен вести контроль запрещенных веб-сайтов и веб-страниц.

Условно процесс защиты информации делится на три этапа:

1. Формирование необходимой политики школы в области использования информационных технологий, а именно создание свода правил и документов.

2. Внедрение специального защитного программного обеспечения, которое будет лицензированным и надежным.

3. Проведение мероприятий среди системных администраторов и структур школьного управления для отчётности об использовании защитной инфраструктуры и планирования дальнейших действий.

Данные этапы необходимо выполнить для формирования успешной работы школьного сетевого пространства по защите конфиденциальных данных. Соблюдение данной структуры позволяет детям безопасно получать необходимую информацию для учебного процесса [6].

Системный администратор – специалист, который отвечает за работу внутренней сетевой инфраструктуры компании. Он должен иметь навыки по поддержанию работоспособности, модернизации и обеспечению безопасности сети. Системный администратор несет ответственность за всю технику в компании, которая подключена к локальной сети.

В обязанности системного администратора входит планирование размещения и работы сети, создание сетевых папок общего и ограниченного доступа для упрощения работы сотрудников предприятия.

Так же системный администратор должен оградить сеть от несанкционированного доступа из глобальной сети или внутреннего вмешательства [7].

Для построения надежной и защищенной от внешних и внутренних угроз сети, в которой будут устранены основные проблемы в реализации и администрировании школьной сети необходимо обеспечить следующие технологии:

- защита от внешних угроз – это программные или аппаратные средства, позволяющие предотвратить попытки несанкционированного доступа, такие как неавторизованный физический доступ к файлам, хранящимся на компьютере, а также уничтожение этих конфиденциальных данных. Если система будет иметь выход в интернет, то необходимо установить межсетевой экран. При его помощи входящий интернет-трафик будет регулироваться. Такая система может ограничить входящие и исходящие данные, что позволит обезопасить систему от внешних угроз;

- идентификация и аутентификация – это процедуры подлинности личности, которые позволяют пользователям находиться в сети. Они позволяют защитить от внешних и внутренних угроз. Для его реализации необходимо разделить устройства различными правами доступа, при их помощи учителя и ученики смогут использовать разные возможности общей базы данных;

- права доступа – это одна из самых важных частей защиты системы. При взломе системы злоумышленник не сможет получить полную информацию из-за ограничения доступа в систему. Для реализации разграничения прав необходимо подключить устройства к разным сетевым коммутаторам, при помощи которых можно настроить доступ к общей базе данных. Права доступа нельзя получить, взломав систему, это может сделать только сетевой администратор;

- точное планирование работы системы. Чтобы избежать неполадок и сбоев в работе сети в будущем, необходимо правильно подойти к построению сети в самом начале. Для правильного планирования необходимо иметь знания о работе устройств, контролирующих подключения к общему серверу и разбираться в их функционале [8, 9];

- установка антивирусных программ. Если вирус попадет на сервер, то он может нарушить работу всей информационной системы, из-за этого вычислительная мощность устройства будет направлена на сортирование папок или файлов, которые создает вирус. И через определенное время система выйдет из строя, что создаст угрозу взлома и кражи конфиденциальной информации. Для борьбы с вирусами были созданы антивирусные программы, которые имеют свою базу данных вирусов и предотвращают заражение устройства вредоносной программой;

- укрепление слабого звена. Даже в самых защищённых и хорошо спланированных системах всегда есть слабое звено и этим звеном является человек. Чаще всего сбои и заражения систем происходят из-за человеческого фактора. Чтобы снизить риск человеческого фактора, нужно поставить ограничения на интернет-трафик и разделить права доступа к общей базе данных для разных отделов. При разграничении прав доступа, у сотрудника не получится нарушить работу базы в других отделах.

Для реализации хорошей защиты необходимо соблюдать все перечисленные условия. Если пропустить один метод защиты, то злоумышленники с легкостью найдут уязвимость и украдут важную информацию [10, 11].

Учитывая то, что в настоящее время популярность интернета очень возросла, люди используют его по-разному. Благодаря развитию сети, человек может позволить себе получать самый важный ресурс – информацию. Кроме того, любое предприятие сейчас имеет комплексную сетевую инфраструктуру для упрощения своей работы внутри организации.

Именно исходя из доступности интернета, а также его пользы, каждой школе необходимо создавать условия для успешного системного администрирования учреждения, чтобы двигаться в ногу со временем. Поскольку сфера образования становится все более зависимой от технологий, жизненно важно, чтобы ИТ-администраторы готовили свои сети для пользователей и устройств, а также постоянно отслеживали активность в сети 24/7. Несмотря на то, что избежать серьезных проблем с сетью может быть трудно, хорошая подготовка имеет важное значение для уменьшения воздействия от отклонений, чтобы обеспечить учащимся высококачественное образование, независимо от местоположения или устройства.

Администрирование школьных сетей улучшит взаимодействие между учеником и учителем в рамках учебного процесса, позволит научить школьника работать с данной системой, что в дальнейшем гарантирует адаптацию ребенка в будущей работе с подобными сетевыми пространствами.

По итогам проведенного исследования, можно сделать вывод, что сети есть в большинстве учебных учреждений, но им недостает администрирования и правильного проектирования системы.

Литература

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. СПб.: Питер, 2011. С. 944.
2. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Безопасность компьютерных сетей. М.: Горячая Линия – Телеком, 2017. С. 644.
3. Тенгайкин Е.А. Организация сетевого администрирования. Сетевые операционные системы, серверы, службы и протоколы. М.: Лань, 2020. С. 128.
4. Задорожный С.С., Мартынов Н.Н., Поденков К.Ф. Компьютерная сеть кабинета информатики на базе Альт Линукс 6 Школьный Сервер // Юниор (+2CD). Сер.: СПО в средней школе. М.: Бином, 2011. С. 160.
5. Семенов А.Б., Мовчан Д.А. Администрирование структурированных кабельных систем. НОУДПО «Институт АйТи». М.: ДМК-Пресс, 2014. С. 192.
6. Мартемьянов Ю.Ф., Яковлев Ал.В., Яковлев Ан.В. Операционные системы. Концепции построения и обеспечения безопасности: учеб. пособие для вузов. М.: Горячая Линия – Телеком, 2018. С. 332.
7. Фуфаев Э.В., Фуфаев Д.Э. Разработка и эксплуатация удаленных баз данных. М.: Academia, 2014. С. 256.
8. Уймин А.Г., Макаров С.В. Сетевое и системное администрирование. Демонстрационный экзамен КОД 1.1: учеб.-метод. пособие. М.: Лань, 2020. С. 480.
9. Крейг Хант TCP/IP. Сетевое администрирование. М.: Символ-Плюс, 2006. С. 816.
10. Мэйволд Э., Трубников Г.Г., Макарова Е.А. Безопасность сетей. М.: Эком, 2005. С. 528.
11. Корячко В.П., Перепелкин Д.А. Программно-конфигурируемые сети: учеб. для вузов. М.: Горячая Линия – Телеком, 2020. С. 288.



СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Кузьмин Анатолий Алексеевич – доц. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. наук, доц.;

Кузьмина Татьяна Анатольевна – доц. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. наук;

Лабинский Александр Юрьевич – доц. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Медведева Людмила Владимировна – зав. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р пед. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ;

Пермяков Алексей Александрович – зам. нач. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. наук;

Поначугин Александр Викторович – препод. каф. прикл. мат. и информ. технол. в образовании Нижегородского гос. пед. ун-та им. Козьмы Минина (603005, г. Нижний Новгород, ул. Ульянова, д. 1), канд. экон. наук, доц.;

Попенко Сергей Дмитриевич – студент Нижегородского гос. пед. ун-та им. Козьмы Минина (603005, г. Нижний Новгород, ул. Ульянова, д. 1);

Романов Николай Николаевич – доц. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Трофимец Елена Николаевна – зав. каф. высш. мат. и систем. моделир. слож. проц. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. наук, доц.;

Трубилко Андрей Игоревич – доц. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. физ.-техн. наук, доц.;

Чугунов Валерий Иванович – ведущ. науч. сотр. отд. информац. обеспеч. нас. и технол. информац. поддержки РСЧС и пож. безопасн. центра орг. науч.-исслед. и ред. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.



ИНФОРМАЦИОННАЯ СПРАВКА

Старейшее учебное заведение пожарно-технического профиля России образовано 18 октября 1906 г., когда на основании решения Городской Думы Санкт-Петербурга были открыты Курсы пожарных техников. Наряду с подготовкой пожарных специалистов, учебному заведению вменялось в обязанность заниматься обобщением и систематизацией пожарно-технических знаний, оформлением их в отдельные учебные дисциплины. Именно здесь были созданы первые отечественные учебники, по которым обучались все пожарные специалисты страны.

Учебным заведением за вековую историю подготовлено более 40 тыс. специалистов, которых всегда отличали не только высокие профессиональные знания, но и беспредельная преданность профессии пожарного и верность присяге. Свидетельство тому – целый ряд сотрудников и выпускников вуза, награжденных высшими наградами страны, среди них: кавалеры Георгиевских крестов, четыре Героя Советского Союза и Герой России. Далеко не случаен тот факт, что среди руководящего состава пожарной охраны страны всегда было много выпускников учебного заведения.

Сегодня федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» – современный научно-образовательный комплекс, интегрированный в российское и мировое научно-образовательное пространство. Университет по разным формам обучения – очной, заочной и заочной с применением дистанционных технологий – осуществляет обучение по 25 программам среднего, высшего образования, а также подготовку специалистов высшей квалификации: докторантов, адъюнктов, аспирантов, переподготовку и повышение квалификации специалистов более 30 категорий сотрудников МЧС России.

Начальник университета – генерал-майор внутренней службы, кандидат технических наук, доцент Гавкалюк Богдан Васильевич.

Основным направлением деятельности университета является подготовка специалистов в рамках специальности «Пожарная безопасность». Вместе с тем организована подготовка и по другим специальностям, востребованным в системе МЧС России. Это специалисты в области системного анализа и управления, законодательного обеспечения и правового регулирования деятельности МЧС России, психологии риска и чрезвычайных ситуаций, экономической безопасности в подразделениях МЧС России, пожарно-технической экспертизы и дознания. По инновационным программам подготовки осуществляется обучение специалистов по специализациям «Руководство проведением спасательных операций особого риска» и «Проведение чрезвычайных гуманитарных операций» со знанием иностранных языков, а также подготовка специалистов для военизированных горноспасательных частей по специальности «Горное дело».

Широта научных интересов, высокий профессионализм, большой опыт научно-педагогической деятельности, владение современными методами научных исследований позволяют коллективу университета преумножать научный и научно-педагогический потенциал вуза, обеспечивать непрерывность и преемственность образовательного процесса. Сегодня в университете свои знания и огромный опыт передают: 7 заслуженных деятелей науки Российской Федерации, 11 заслуженных работников высшей школы Российской Федерации, 2 заслуженных юриста Российской Федерации, заслуженные изобретатели Российской Федерации и СССР. Подготовку специалистов высокой квалификации в настоящее время осуществляют 56 докторов наук, 277 кандидатов наук, 58 профессоров, 158 доцентов, 12 академиков отраслевых академий, 8 членов-корреспондентов отраслевых академий, 5 старших научных сотрудников, 6 почетных работников высшего профессионального образования Российской Федерации, 1 почетный работник науки и техники Российской Федерации, 2 почетных радиста Российской Федерации.

В составе университета:

– 32 кафедры;

- Институт безопасности жизнедеятельности;
- Институт заочного и дистанционного обучения;
- Институт нравственно-патриотического и эстетического развития;
- Институт профессиональной подготовки;
- Институт развития;
- Научно-исследовательский институт перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности;
- Дальневосточная пожарно-спасательная академия – филиал университета (ДВПСА);
- пять факультетов: факультет инженерно-технический, факультет экономики и права, факультет подготовки кадров высшей квалификации, факультет пожарной безопасности (подразделение ДВПСА), факультет дополнительного профессионального образования (подразделение ДВПСА).

Институт безопасности жизнедеятельности осуществляет образовательную деятельность по программам высшего образования по договорам об оказании платных образовательных услуг.

Приоритетным направлением в работе Института заочного и дистанционного обучения является подготовка кадров начальствующего состава для замещения соответствующих должностей в подразделениях МЧС России.

Институт развития реализует дополнительные профессиональные программы по повышению квалификации и профессиональной переподготовке в рамках выполнения государственного заказа МЧС России для совершенствования и развития системы кадрового обеспечения, а также на договорной основе.

Научно-исследовательский институт перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности осуществляет реализацию государственной научно-технической политики, изучение и решение научно-технических проблем, информационного и методического обеспечения в области пожарной безопасности. Основные направления деятельности научно-исследовательского института: организационное и научно-методическое руководство судебно-экспертными учреждениями федеральной противопожарной службы МЧС России; сертификация продукции в области пожарной безопасности; проведение испытаний и разработка научно-технической продукции в области пожарной безопасности; проведение расчетов пожарного риска и расчетов динамики пожара с использованием компьютерных программ.

Факультет инженерно-технический осуществляет подготовку специалистов по специальностям: «Пожарная безопасность» (специализации: «Пожаротушение», «Государственный пожарный надзор», «Руководство проведением спасательных операций особого риска», «Проведение чрезвычайных гуманитарных операций»), «Судебная экспертиза», по направлениям подготовки: «Системный анализ и управление», «Техносферная безопасность».

Факультет экономики и права осуществляет подготовку специалистов по специальностям: «Правовое обеспечение национальной безопасности», «Пожарная безопасность» (специализация «Пожарная безопасность объектов минерально-сырьевого комплекса»), «Судебная экспертиза», «Горное дело» и по направлениям подготовки «Техносферная безопасность» и «Системный анализ и управление».

Факультет подготовки кадров высшей квалификации осуществляет подготовку докторантов, адъюнктов, аспирантов по очной и заочной формам обучения.

Университет имеет представительства в городах: Выборг (Ленинградская область), Вытегра, Горячий Ключ (Краснодарский край), Мурманск, Петрозаводск, Пятигорск, Севастополь, Стрежевой, Сыктывкар, Тюмень, Уфа; представительства университета за рубежом: г. Алма-Ата (Республика Казахстан), г. Баку (Азербайджанская Республика), г. Бар (Черногория), г. Ниш (Сербия).

Общее количество обучающихся в университете по всем специальностям, направлениям подготовки, среднему общему образованию составляет 7 057 человек. Ежегодный выпуск составляет более 1 100 специалистов.

В университете действует два диссертационных совета по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по техническим и экономическим наукам.

Ежегодно университет проводит научно-практические конференции различного уровня: Всероссийскую научно-практическую конференцию «Сервис безопасности в России: опыт, проблемы и перспективы», Международную научно-практическую конференцию «Подготовка кадров в системе предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций». Совместно с Северо-Западным отделением Научного Совета РАН по горению и взрыву, Российской академией ракетных и артиллерийских наук (РАРАН), Балтийским государственным техническим университетом «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова и Российской секцией Международного института горения на базе университета проводится Международная научно-практическая конференция «Комплексная безопасность и физическая защита». Также университет принимает активное участие в организации и проведении Всероссийского форума МЧС России и общественных организаций «Общество за безопасность».

Университет ежегодно принимает участие в выставках, организованных МЧС России и другими ведомствами и организациями. Традиционно большим интересом пользуется выставочная экспозиция университета на Международном салоне средств обеспечения безопасности «Комплексная безопасность», Петербургском международном экономическом форуме, Международном форуме «Арктика: настоящее и будущее».

Международная деятельность вуза направлена на всестороннюю интеграцию университета в международное образовательное пространство. На сегодняшний момент университет имеет 18 действующих соглашений о сотрудничестве с зарубежными учебными заведениями и организациями, среди которых центры подготовки пожарных и спасателей Германии, КНР, Франции, Финляндии.

В университете обучаются иностранные курсанты из числа сотрудников Государственной противопожарной службы МЧС Кыргызской Республики и Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан в пределах квот на основании межправительственных соглашений и постановления Правительства Российской Федерации от 7 декабря 1996 г. № 1448 «О подготовке лиц офицерского состава и специалистов для правоохранительных органов и таможенных служб государств-участников СНГ в образовательных учреждениях высшего профессионального образования Российской Федерации». В настоящее время в университете проходят обучение 30 сотрудников Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан и 15 сотрудников МЧС Кыргызской Республики.

В соответствии с двусторонними соглашениями университет осуществляет обучение по программам повышения квалификации. Регулярно проходят обучение в университете специалисты Российско-сербского гуманитарного центра, Российско-армянского центра гуманитарного реагирования, Международной организации гражданской обороны, Министерства нефти Исламской Республики Иран, пожарно-спасательных служб Финляндии, Туниса, Республики Корея и других стран.

Преподаватели, курсанты и студенты университета имеют возможность проходить стажировку за рубежом. За последнее время стажировки для профессорско-преподавательского состава и обучающихся в университете были организованы в Германии, Сербии, Финляндии, Швеции.

В университете имеются возможности для повышения уровня знания английского языка. Организовано обучение по программе дополнительного профессионального образования «Переводчик в сфере профессиональной коммуникации» студентов, курсантов, адъюнктов и сотрудников.

Компьютерный парк университета составляет более 1 200 единиц. Для информационного обеспечения образовательной деятельности функционирует единая локальная сеть с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, справочно-правовую систему «КонсультантПлюс», систему «Антиплагиат». Компьютерные классы позволяют обучающимся работать в сети Интернет, с помощью которой обеспечивается выход на российские и международные информационные сайты, что

позволяет значительно расширить возможности учебного, учебно-методического и научно-методического процесса.

Нарастающая сложность и комплексность современных задач заметно повышают требования к организации образовательного процесса. Сегодня университет реализует программы обучения с применением технологий дистанционного обучения.

Библиотека университета соответствует всем современным требованиям. Фонды библиотеки университета составляют более 350 700 экземпляров литературы по всем отраслям знаний. Они имеют информационное обеспечение и объединены в единую локальную сеть. Все процессы автоматизированы. Установлена библиотечная программа «Ирбис». В библиотеке осуществляется электронная книговыдача. Это дает возможность в кратчайшие сроки довести книгу до пользователя.

Читальные залы (общий и профессорский) библиотеки оснащены компьютерами с выходом в Интернет, Интранет, НЦУКС и локальную сеть университета. Создана и функционирует Электронная библиотека, она интегрирована с электронным каталогом. В сети Интранет работает Единая ведомственная электронная библиотека МЧС России, объединяющая библиотеки системы МЧС России.

В Электронной библиотеке оцифровано 2/3 учебного и научного фонда. К электронной библиотеке подключены: Дальневосточный филиал и библиотека Арктического спасательного учебно-научного центра «Вытегра». Имеется доступ к Президентской библиотеке им. Б.Н. Ельцина. Заключены договоры с ЭБС IPRbooks и ЭБС «Лань» на пользование и просмотр учебной и научной литературы в электронном виде. Имеется 8 000 точек доступа.

В фондах библиотеки насчитывается более 150 экземпляров редких и ценных изданий. Библиотека располагает богатым фондом периодических изданий, их число составляет 8 121 экземпляр. На 2019 г., в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, выписано 80 наименований журналов и газет. Все поступающие периодические издания расписываются библиографом для электронных каталога и картотеки. Издания периодической печати активно используются читателями в учебной и научно-исследовательской деятельности. На базе библиотеки создана профессорская библиотека и профессорский клуб вуза.

Полиграфический центр университета оснащен современным типографским оборудованием для полноцветной печати, позволяющим обеспечивать не только заказы на печатную продукцию университета, но и единый план изготовления печатной продукции МЧС России. Университет издает 8 научных журналов, публикуются материалы ряда международных и всероссийских научных мероприятий, сборники научных трудов профессорско-преподавательского состава университета. Издания университета соответствуют требованиям законодательства Российской Федерации и включены в электронную базу Научной электронной библиотеки для определения Российского индекса научного цитирования, а также имеют международный индекс (ISSN). Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере» и электронный «Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России» включены в утвержденный решением Высшей аттестационной комиссии «Перечень рецензируемых научных журналов, в которых публикуются основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук».

Курсанты университета проходят обучение по программе первоначальной подготовки спасателей.

На базе Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России 1 июля 2013 г. открыт Кадетский пожарно-спасательный корпус.

Кадетский пожарно-спасательный корпус осуществляет подготовку кадет по общеобразовательным программам среднего общего образования с учетом дополнительных образовательных программ. Основные особенности деятельности корпуса – интеллектуальное, культурное, физическое и духовно-нравственное развитие кадет, их адаптация к жизни в обществе, создание основы для подготовки несовершеннолетних

граждан к служению Отечеству на поприще государственной гражданской, военной, правоохранительной и муниципальной службы.

В университете большое внимание уделяется спорту. Команды, состоящие из преподавателей, курсантов и слушателей, – постоянные участники различных спортивных турниров, проводимых как в России, так и за рубежом. Слушатели и курсанты университета являются членами сборных команд МЧС России по различным видам спорта.

Деятельность команды университета по пожарно-прикладному спорту (ППС) включает в себя участие в чемпионатах России среди вузов (зимний и летний), в зональных соревнованиях и чемпионате России, а также проведение бесед и консультаций, оказание практической помощи юным пожарным кадетам и спасателям при проведении тренировок по ППС.

В университете создан спортивный клуб «Невские львы», в состав которого входят команды по пожарно-прикладному и аварийно-спасательному спорту, хоккею, американскому футболу, волейболу, баскетболу, силовым единоборствам и др. В составе сборных команд университета – чемпионы и призеры мировых первенств и международных турниров.

Курсанты и слушатели имеют прекрасные возможности для повышения своего культурного уровня, развития творческих способностей в созданном в университете Институте нравственно-патриотического и эстетического развития. Творческий коллектив университета принимает активное участие в ведомственных, городских и университетских мероприятиях, направленных на эстетическое и патриотическое воспитание молодежи, а также занимает призовые места в конкурсах, проводимых на уровне университета, города и МЧС России. На каждом курсе организована работа по созданию и развитию творческих объединений по различным направлениям: студия вокала, студия танцев, клуб веселых и находчивых. Для курсантов и студентов действует студия ораторского искусства, команда технического обеспечения, духовой оркестр.

На территории учебного заведения создается музей истории Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, в котором обучающиеся и сотрудники, а также гости университета смогут познакомиться со всеми этапами становления учебного заведения – от курсов пожарных техников до университета.

В Санкт-Петербургском университете Государственной противопожарной службы МЧС России созданы все условия для подготовки высококвалифицированных специалистов как для Государственной противопожарной службы, так и в целом для МЧС России.



АВТОРАМ ЖУРНАЛА

«ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ»

(ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ)

Материалы, публикуемые в журнале, должны отвечать профилю журнала, обладать несомненной новизной, относиться к вопросу проблемного назначения, иметь прикладное значение и теоретическое обоснование и быть оформлены по следующим правилам:

1. Материалы для публикации представляются куратору журнала. Материал должен сопровождаться:

а) для **сотрудников** СПб университета ГПС МЧС России – *выпиской* из протокола заседания кафедры о целесообразности публикации и отсутствии материалов, запрещенных к публикации в открытой печати, *рецензией от члена редакционного совета* (коллегии). По желанию прилагается вторая рецензия от специалиста соответствующего профиля, имеющего ученую степень;

б) для авторов **сторонних** организаций – сопроводительным *письмом* от учреждения на имя начальника университета и *разрешением* на публикацию в открытой печати, *рецензией* от специалиста по соответствующему статье профилю, имеющему ученую степень;

в) **электронной версией** статьи, представленной в формате редактора Microsoft Word (версия не ниже 2003). Название файла должно быть следующим:

Автор1, Автор2 – Первые три слова названия статьи.doc, например: **Иванов – Анализ существующей практики.doc**;

г) **плата** с адъюнктов и аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

2. Статьи, включая рисунки и подписи к ним, список литературы, должны иметь объем от 8 до 13 машинописных страниц.

3. Оформление текста:

а) текст материала для публикации должен быть тщательно отредактирован автором;

б) текст на одной стороне листа формата А4 набирается на компьютере (шрифт Times New Roman 14, **интервал 1,5**, без переносов, в одну колонку, **все поля по 2 см**, нумерация страниц внизу посередине);

в) на первой странице авторского материала должны быть напечатаны **на русском и английском языках**: УДК (универсальная десятичная классификация); название (прописными буквами, полужирным шрифтом, без подчеркивания); инициалы и фамилии **авторов (не более трех)**; ученая степень, ученое звание, почетное звание; место работы (название учреждения), аннотация, ключевые слова.

Требования к аннотации. Аннотация должна быть краткой, информативной, отражать основные положения и выводы представляемой к публикации статьи, а также включать полученные результаты, используемые методы и другие особенности работы. Примерный объем аннотации 40–70 слов.

4. Оформление формул в тексте:

а) формулы должны быть набраны на компьютере в редакторе формул Microsoft Word (Equation), размер шрифта эквивалентен 14 (Times New Roman);

б) в формулах рекомендуется использовать буквы латинского и греческого алфавитов (курсивом);

в) формулы печатаются по центру, номер – у правого поля страницы (нумеровать следует только формулы, упоминаемые в тексте).

5. Оформление рисунков и таблиц:

а) рисунки необходимо выделять отдельным блоком для удобства переноса в тексте или вставлять из файла, выполненного в любом из общепринятых графических редакторов, под рисунком ставится: Рис. 2. и далее следуют пояснения;

б) если в тексте не одна таблица, то их следует пронумеровать (сначала пишется: Таблица 2, на той же строке название таблицы полужирно, и далее следует сама таблица);

в) если в тексте одна таблица или один рисунок, то их нумеровать не следует;

г) таблицы должны иметь «вертикальное» построение;

д) в тексте ссылки на таблицы и рисунки делаются следующим образом: рис. 2, табл. 4, если всего один рисунок или одна таблица, то слово пишется целиком: таблица, рисунок.

6. Оформление библиографии (списка литературы):

Список литературы должен содержать не менее 10 источников. При этом в него не следует включать ссылки на учебники, учебные пособия, патенты, ГОСТы, приказы, распоряжения и другие нормативные документы, сайты компаний и т.п. Информация о них должна быть дана непосредственно по тексту или в сносках. Если статья рассматривает проблемы нормирования, то нормативные документы допускается включать в Список литературы.

При этом количество ссылок на статьи из иностранных научных журналов и другие иностранные источники должно быть не менее 30 % от общего количества ссылок. Не более половины от оставшихся 70 % должны составлять статьи из русскоязычных научных журналов, остальное – другие первоисточники на русском языке.

В списке литературы должно быть не более 30 % источников, автором либо соавтором которых является автор статьи.

Не менее половины источников должны быть включены в один из ведущих индексов цитирования: Российский индекс научного цитирования eLibrary, Web of Science, Scopus, Chemical Abstracts, MathSciNet, Springer и др. В случае присвоения публикациям цифрового идентификатора объекта (DOI) его необходимо указать, что позволит однозначно идентифицировать объект в базах данных (в поиске DOI поможет сайт: URL: <http://www.crossref.org/>).

Состав источников должен быть актуальным и содержать не менее половины современных (не старше 7 лет) статей из научных журналов или других публикаций.

Правила оформления списка литературы:

а) в тексте ссылки на цитируемую литературу обозначаются порядковой цифрой в квадратных скобках;

б) список должен содержать цитируемую литературу, пронумерованную в порядке ее упоминания в тексте.

Пристатейные библиографические списки должны соответствовать ГОСТ Р 7.0.5–2008.

Примеры оформления списка литературы:

Литература

1. Адорно Т.В. К логике социальных наук // Вопросы философии. 1992. № 10. С. 76–86.
2. Информационные аналитические признаки диагностики нефтепродуктов на местах чрезвычайных ситуаций / М.А. Галишев [и др.] // Жизнь и безопасность. 2004. № 3–4. С. 134–137.
3. Щетинский Е.А. Тушение лесных пожаров: пособ. для лесных пожарных. 5-е изд., перераб. и доп. М.: ВНИИЛМ, 2002.
4. Грждяну П.М., Авербух И.Ш. Вариант вероятностного метода оценки оползнеопасности территории // Современные методы прогноза оползневой опасности: сб. науч. тр. М.: Наука, 1981. С. 61–63.
5. Минаев В.А., Фаддеев А.О. Безопасность и отдых: системный взгляд на проблему рисков // Туризм и рекреация: тр. II Междунар. конф. / МГУ им. М.В. Ломоносова. М., 2007. С. 329–334.
6. Белоус Н.А. Прагматическая реализация коммуникативных стратегий в конфликтном дискурсе // Мир лингвистики и коммуникации: электрон. науч. журн. 2006. № 4. URL: http://www.tverlingua.by.ru/archive/005/5_3_1.htm (дата обращения: 15.12.2007).
7. Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей: Федер. закон Рос. Федерации от 22 авг. 1995 г. № 151-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1995. № 35. Ст. 3 503.

7. Оформление раздела «Сведения об авторах»

Сведения об авторах прилагаются в конце статьи и включают: Ф.И.О. (полностью), должность, место работы с указанием адреса и его почтового индекса; номер телефона, адрес электронной почты, ученую степень, ученое звание, почетное звание.

Статья должна быть подписана авторами и указаны контактные телефоны.

Внимание авторов: материалы, оформленные без соблюдения настоящих требований, будут возвращаться на доработку.

Редакция оставляет за собой право направлять статьи на дополнительное анонимное рецензирование.

МЧС РОССИИ
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет
Государственной противопожарной службы»

Научно-аналитический журнал

Природные и техногенные риски
(физико-математические и прикладные аспекты)

№ 1 (37) – 2021

Выпускающий редактор
А.В. Домничева

Подписано в печать 30.03.2021. Формат 60×84_{1/8}
Усл.-печ. 8 л. Тираж 1000 экз. Зак. № 98

Отпечатано в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России
196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149