ISSN 2618 -7167

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНЫХ, СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

- ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
- МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
- ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
- ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
- ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ
- ИНФОРМАЦИОННО - УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ
- ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И КОНФЛИКТОЛОГИЯ
- АКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ И БАЗЫ ДАННЫХ

ВЫПУСК №2 (20), 2020

ISSN 2618 - 7167

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНЫХ, СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Выпуск №2 (20)

Июль, 2020

- **СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ТЕОРИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ**
- **ПРОБЛЕМНО - ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**
- **СИНТЕЗ, АНАЛИЗ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ**
- **АЛГОРИТМЫ, ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА**

ВОРОНЕЖ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНЫХ, СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

ВЫХОДИТ ЧЕТЫРЕ РАЗА В ГОД

НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет»
(394026, Россия, г. Воронеж, Московский проспект, 14)

Территория распространения - Российская Федерация

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА:

Главный редактор - Д.К. Проскурин, канд. физ.-мат. наук, доц.
Зам. главного редактора - Д.В. Сысоев, канд. техн. наук, доц.
Ответственный секретарь - Н.В. Акамсина, канд. техн. наук, доц.

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

Авдеев В.П., д-р техн. наук, проф.(ВГТУ)
Алгазинов Э.К., д-р техн. наук, проф.(ВГУ)
Баркалов С.А., д-р техн. наук, проф.(ВГТУ)
Голиков В.К., канд. техн. наук, доц.(РАП)
Головинский П.А., д-р физ.-мат. наук, проф.(ВГТУ)
Зольников В.К., д-р техн. наук, проф.(ВГЛТУ)
Князева Т.Н., д-р техн. наук, проф.(ВГМУ)
Курипта О.В., канд. техн. наук, доц.(ВГТУ)
Лавлинский В.В., д-р техн. наук, доц.(ВГЛТУ)
Ряжских В.И., д-р техн. наук, проф.(ВГТУ)
Хаустов И.А., д-р техн. наук, проф.(ВУНЦ ВВС ВВА)
Хвостов А.А., д-р техн. наук, проф.(ВУНЦ ВВС ВВА)

Статьи, поступившие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных с статьях, ответственность несут авторы публикаций. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. Перепечатка без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.

Материалы публикуются в авторской редакции.

16+

© ВГТУ, 2020

Дата выхода в свет 31.07.2020. Формат 60x84/8. Бумага писчая. Усл.-печ.л. 17,7. Уч.-изд.л. 12,1.
Тираж: 500 экз. Заказ № ____. Цена свободная.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394026 Воронеж, Московский проспект, 14

Отпечатано: отдел оперативной полиграфии издательства ВГТУ
394006, г.Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84

Уважаемые коллеги!

Воронежский государственный технический университет получил статус опорного университета Воронежской области, объединив образовательный, научный, кадровый и материально-технический потенциалы двух ведущих технических вузов региона – Воронежского государственного технического университета и Воронежского государственного архитектурно-строительного университета.

Жизнь любого учебного заведения является отражением судьбы страны и тесно переплетается с судьбами его сотрудников и студентов. XX век называют эпохой научно-технического прогресса, совершенного инженерами, и значительный вклад в развитие новых технологий внес Воронежский технический университет и его выпускники. Нам есть чем гордиться. За всю историю в стенах вузов подготовлено более 80 тыс. архитекторов, инженеров – строителей, экономистов, специалистов в области компьютерной безопасности, авиационного машиностроения, нефтегазового оборудования, радиоэлектронных устройств в России, странах ближнего и дальнего зарубежья. Воронежским техническим университетом созданы научные школы в области архитектуры и градостроительства, строительно–дорожных машин и пневмоколесного транспорта, конструирования и производства радиоаппаратуры, автоматизированного проектирования информационных систем и др.

Но пришел XXI век, и технические, архитектурно–строительные специальности сегодня не просто востребованы – они необходимы для экономического прорыва нашей страны. В условиях формирования инновационной экономики, задач по модернизации и технологическому обновлению, которые ставит руководство Российской Федерации, подготовка высококвалифицированных инженерных кадров должна включать множество аспектов: это и эффективное взаимодействие работодателя с вузами, это и пополнение профессорско–преподавательского состава молодыми кадрами, и повышение престижа профессии.

В Воронежском опорном университете сложился и работает талантливый, творческий профессорско–преподавательский коллектив. У нас представлен весь спектр технических, экономических, управленческих и социально–гуманитарных направлений, востребованных в современном мире, а также имеется большой выбор специальностей, соответствующих потенциалу и профилю вуза, его университетскому статусу.

Испытывая гордость за свое прошлое, сохраняя и приумножая достижения наших предшественников, мы должны сделать всё, чтобы образование, полученное нашими выпускниками, стало действительно востребованным, а система вузовской подготовки была максимально приближена к потребностям современной экономики и понятна всем!

Я желаю только движения вперед, новых перспектив, планов, творческих идей, смелых решений, успехов и удачи и, конечно, всем доброго здоровья!

Приветствуем своих читателей и приглашаем авторов к активному сотрудничеству.

Главный редактор журнала,
кандидат физ.-мат. наук, доцент *Д.К. Проскурин*

СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ТЕОРИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Глущенко С.В. О формализации систем, склонных к риску, в условиях гомеостаза …….. 7

Сазонова С.А., Кораблин С.Н., Звягинцева А.В. Применение комплекса математических моделей потокораспределения систем теплоснабжения в задаче технической диагностики объектов промышленной теплоэнергетики ……... 10

Гуляева Д.А. Поведение систем защиты информации при выбранной политике безопасности …… 15

Хвостов А.А., Иванов А.В., Журавлев А.А. Оптимизация параметров трубопровода для транспортирования жидкообразных сред с аномалией вязкости ……. 18

Шипилова Е.А., Паненко А.А. Математическое моделирование и реализация задачи поиска оптимальной стратегии замены оборудования в военных подразделениях …… 22

Поляков С.И., Ухин А.С., Челышев С.Г. Автоматизация непрерывного дозирования компонентов бетонных смесей …….. 27

Алемасов Е.П., Зарипова Р.С. Перспективы применения технологий машинного обучения …… 32

Гречишников А.Л. Математическое моделирование в обучении подправлению мяча в хоккее на траве …… 35

Gluschenko S.V. On the formalization of risk-based systems in conditions of homeostasis ….. 7

Sazonova S.A., Korablin S.N., Zvyagintseva A.V. Application of a complex of mathematical models of the flow-distribution of heat supply systems in the problem of technical diagnostics of objects of industrial heat power engineering ……... 10

Gulyaeva D.A. Behavior of information security systems under the selected security policy ……. 15

Khvostov A.A., Ivanov A.V., Zhuravlev A.A. Optimization of pipeline parameters for transportation liquid media with a viscosity anomaly ……... 18

Shipilova E.A., Panenko A.A. Mathematical modeling and realization of the task of finding the optimal strategy of equipment replacement in military units ……... 22

Polyakov S.I., Ukhin A.S., Chelyshey S.G. Automation of continuous dosing of concrete components ……. 27

Alemasov E.P., Zaripova R.S. Machine learning perspectives …….. 32

Grechishnikov A.L. Mathematical modeling in training to correct the ball in field hockey …….. 35

ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Глушков А.И. Теоремы Коши и Лагранжа о среднем значении …… 40

Калачёва О.А., Прицепова С.А. Современные вопросы экологической безопасности на железнодорожном транспорте ……... 45

Хвостов А.А., Журавлев А.А., Плотникова И.В. Аналитическое описание изотермы сорбции влаги продуктов кондитерского производства ……... 49

Набиуллин А.С., Зарипова Р.С. Краудфандинг как инновационный финансовый инструмент цифровой экономики …….. 52

Glushkov A.I. Cauchy and Lagrange mean value theorems …… 40

Kalacheva O.A., Pritsepova S.A. Current ecological safety issues in railway transport ….. 45

Khvostov A.A., Zhuravlev A.A., Plotnikova I.V. Analytical description of the moisture sorption isotherm of confectionery products …… 49

Nabiullin A.S., Zaripova R.S. Crowdfunding as an innovative financial instrument of the digital economy …….. 52

Вербицкая М.В., Жидко Е.А. Статистический анализ производственного травматизма на хозяйствующем субъекте ……... 55

Иванова В.И., Раковская Е.Г. Выбор систем сбора и очистки поверхностного стока ……... 59

Самигуллина Г.З., Корепанова М.В. Анализ утилизации ветеринарных отходов на территории Малопургинского района Удмуртской республики 64

Поляков С.И., Ухин А.С., Челышев С.Г. Технические средства непрерывного дозирования компонентов бетонных смесей …….. 70

Звягинцева А.В., Сазонова С.А., Николенко С.Д. Оценка пожаровзрывоопасности объектов нефтебазы и воздействия авиационных горюче-смазочных материалов на окружающую среду при тушении резервуаров …….. 76

Verbitskaya M.V., Zhidko E.A. Statistical analysis of industrial injuries in the economic object ……... 55

Ivanova I.V., Rakovskaya E.G. Selection of surface collection and cleaning systems ……. 59

Samigullina G.Z., Korepanova M.V. The analysis of utilization of veterinary waste in the territory of the Malopurginsky region of the Udmurt republic …….. 64

Polyakov S.I., Ukhin A.S., Chelyshey S.G. Technical means of continuous dosing of concrete components …….. 70

Zvyagintseva A.V., Sazonova S.A., Nikolenko S.D. Evaluation of fire and explosion hazards of oil facilities and exposure to aircraft fuel and lub-ricants on the environment when extinguishing reservoirs …….. 76

СИНТЕЗ, АНАЛИЗ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ

Никитина У.О., Зарипова Р.С. Проблемы и перспективы применения технологий виртуальной реальности …… 81

Марданова А.М., Будникова И.К. Применение технологий Big Data в страховании ……... 83

Набиуллин А.С., Зарипова Р.С. Цифровизация логистики с применением блокчейн ……. 86

Поляков С.И., Зимин Д.А., Корж С.Ю. Математическая модель динамики дозирования сыпучих материалов ……... 88

Бырдин А.П., Надеев А.А., Сидоренко А.А., Соколова О.А. Температурная динамика фаз при теплообмене в псевдоожиженном слое ……. 92

Сафиуллин А.А., Селифанов С.Е. Совершенствование плана тушения пожаров в резервуарном парке на пробном складе ОАО «Ижсталь» …… 97

Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Методы и проблемы переобучения многослойной нейронной сети …….. 101

Nikitina U.O., Zaripova R.S. Challenges and prospects for virtual reality technologies …… 81

Mardanova A.M., Budnikova I.K. Application of Big Data technologies in insurance …… 83

Nabiullin A.S., Zaripova R.S. Digitalization of logistics using blockades …… 86

Polyakov S.I., Zimin D.A., Korzh S.Yu. Mathematical model of dosing dynamics bulk materials …….. 88

Byrdin A.P., Nadeev A.A., Sidorenko A.A., Sokolova O.A. Temperature dynamics of phases during heat transfer in a fludized bed ….. 92

Safiullin A.A., Selifanov S.E. Improvement of fire extinguishing plan in the reservoir park at the trial warehouse of Izhstal OJSC …… 97

Pyrnova O.A., Zaripova R.S. Methods and problems of retraining a multilayer neural network ……... 101

АЛГОРИТМЫ, ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА

Поляков С.И., Зимин Д.А., Корж С.Ю. Регрессионные модели прочности контрольных образцов бетона ……... 103

Алемасов Е.П., Зарипова Р.С. Цифровизация промышленности как инструмент повышения производства …… 107

Калачёва О.А. Выявление причин возникновения погрешностей в действиях человека ……. 110

Polyakov S.I., Zimin D.A., Korzh S.Yu. Regression control strength models concrete samples ……... 103

Alemasov E.P., Zaripova R.S. Industrial digitization as a tool to increase production ….. 107

Kalacheva O.A. Identifying causes of errors in human actions …… 110

Хвостов А.А., Журавлев А.А., Целюк Д.И., Сысоев Д.В. Математическая модель нагретой термоанемометрической нити …… 115

Набиуллин А.С., Зарипова Р.С. Роль искусственного интеллекта в сфере управления программными проектами …….. 119

Тихонов Н.А., Будникова И.К. Анализ и обработка резервных копий Redis ……... 121

Жидко Е.А., Власов А.Б. Парадигма устойчивого развития организаций социальной сферы …… 124

Давлетшина Л.А. Автоматизация анализа состояния проводов линий электропередач ……. 129

Долгих Е.О. Использование библиотеки JSAT в прикладных программных решениях …… 132

Игнатов Д.В., Волынкин Е.В., Шемяков П.В. Применение технологии LORAWAN в интересах органов исполнительной власти и подразделений РЭБ …… 136

Гречишников А.Л., Руцкой И.А. Методы информационно-управляющих систем и тренажерно-контролирующих средств в подготовке стрелка-спортсмена ……. 140

Ефремов В.В., Звягинцева А.В., Сазонова С.А. Особенности воздействия электромагнитных излучений на развитие радиоволновых заболеваний …….. 143

Карпушкина Е.С., Жданова О.А., Батищева Г.А. Компьютерное моделирование лекарственного взаимодействия при острых отравлениях у детей ... 148

Khvostov A.A., Zhuravlev A.A., Celuk D.I., Sysoev D.V. A mathematical model of the heated hot-wire filament ……... 115

Nabiullin A.S., Zaripova R.S. The role of artificial intelligence in software project management …… 119

Tikhonov N.A., Budnikova I.K. Redis backup analysis and processing ……... 121

Zhidko E.A., Vlasov A.B. The paradigm of sustainable development of organizations social sphere …….. 124

Davletshina L.A. Automation of analysis of the state of power line wires ……. 129

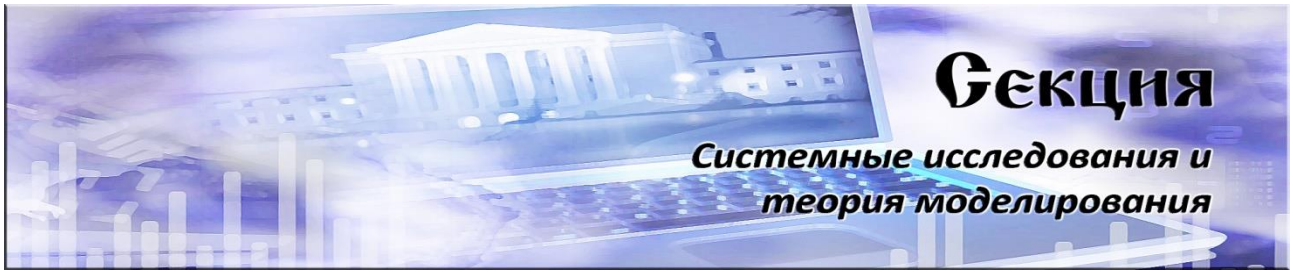
Dolgikh E.O. Using JSAT library in application software solutions ……... 132

Ignatov D.V., Volynkin E.V., Shemuakov P.V. Application of LORAWAN technology in the interests of executive authorities and EW divisions …….. 136

Grechishnikov A.L., Rutskoi I.A. Methods information management systems and training of regulatory tools in the preparation of arrow-athlete …….. 140

Efremov V.V., Zvyagintseva A.V., Sazonova S.A. Features of the impact of electromagnetic radiation on the development of radio-wave diseases ……... 143

Karpushkina E.S., Zhdanova O.A., Batishcheva G.A. Computer simulation of drug interaction at acute intoxication in children …… 148



УДК 303.732

О ФОРМАЛИЗАЦИИ СИСТЕМ, СКЛОННЫХ К РИСКУ, В УСЛОВИЯХ ГОМЕОСТАЗА

С.В. Глущенко

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация: В статье предлагается подход к оптимизации целеполагаемой системы, основанный на использовании функции полезности, склонной к риску. При этом формализация системы рассматривается в условиях гомеостаза. Для этого предлагается вариационный подход с уравнением Лагранжа

Ключевые слова: система, факторный анализ, функция полезности, потенциальная энергия, кинетическая энергия, гомеостаз

ON THE FORMALIZATION OF RISK-BASED SYSTEMS IN CONDITIONS OF HOMEOSTASIS

S.V. Gluschenko

MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)

Abstract: The article proposes an approach to optimizing a goal-oriented system based on the use of a risk-sensitive utility function. Moreover, the formalization of the system is considered in conditions of homeostasis. For this, a variational approach with the Lagrange equation is proposed

Keywords: System, factor analysis, utility function, potential energy, kinetic energy, homeostasis

В статье [1] показана целесообразность построения функции полезности на основании факторного анализа. Оптимизация функционирования системы определяется формированием функции полезности. Наряду с наиболее распространенным ее видом

$$f = \lambda_1 f_1 + \lambda_2 f_2 + ... + \lambda_k f_k$$

целесообразно рассмотреть квадратичную функцию полезности, известную как функцию полезности Неймана-Моргенштерна [2]. Популярность данной функции основана на теореме Неймана-Моргенштерна, доказывающей, что в некоторых конкретных случаях с допустимой степенью риска можно максимизировать ожидаемое значение полезности. В нашем случае такую функцию полезности можно представить следующим образом:

$$f = \lambda_1 f_1^{\,2} + \lambda_2 f_2^{\,2} + ... + \lambda_k f_k^{\,2}. \qquad (1)$$

На очередном этапе оптимизации системы встает вопрос формализации факторов f_i $(i = 1,2,...,k)$, соответствующих собственным векторам корреляционной матрицы R. В предположении соответствия корреляционной матрицы R некоторому гипотетическому оператору $\hat{R}$, а собственных векторов V_i – собственным вещественным функциям $f_i(t)$ возникает задача построения этих функций. При этом и V_i и $f_i(t)$ соответствует один и тот спектр собственных значений λ_i $(i = 1,2,...,k)$.

Результаты факторного анализа позволяют определить наборы значений f_i и на их основе аппроксимировать собственные функции $f_i(t)$. В силу ортогональности этих функций должны выполниться соотношения (условия, накладываемые на $f_i(t)$):

© Глущенко С.В., 2020

$$\int_0^T f_i(t) f_j(t) dt = 0,\ i \neq j, \quad i, j = 1,2,...,k. \qquad (2)$$

Здесь $0 \le t \le T$ – временной интервал оптимизации системы. Соотношения (2) накладывают условия на процесс аппроксимации функций $f_i(t)$ и вносят корректировку в этот процесс.

Построение функций $f_i(t)$ подводит нас к основному шагу оптимизации системы – окончательной формализации функции полезности. Любая саморазвивающаяся система в процессе своего функционирования затрачивает энергию (совершает работу), поэтому здесь применимы понятия потенциала системы и действия системы. Затрачиваемая системой энергия не должна превысить ее потенциала (ресурса), в противном случае система прекращает свое существование (дезинтегрируется). Энергия затрачивается на внутрисистемную деятельность (в частности на поддерживание связей между элементами системы) и на внешнесистемную (взаимодействие с другими системами, борьба за ресурсы, конфликт, противодействие и т.д.).

Целесообразно представлять потенциальную и кинетическую энергию системы в виде соответствующих квадратичных функций. Если измерять значения функции полезности системы единицами энергии, то очевидно, что максимальное значение функции полезности не должно превышать максимального значения ее потенциальной энергии. По сути дела достижение максимального значения функция полезности реализует потенциал системы. Таким образом справедливо соотношение $U \ge f_{max}$ (U – потенциальная энергия, f – функция полезности системы). По логике рассуждений потенциальную энергию системы предполагается представить в виде:

$$U = \alpha * [\lambda_1 f_1^{\,2} + \lambda_2 f_2^{\,2} + ... + \lambda_k f_k^{\,2}] \qquad (3)$$

в оптимальной точке. То есть

$$U(0) = \alpha * f_{\max}. \qquad (4)$$

Здесь $\alpha \ge 1$– энергетическая константа, смысл которой будет установлен ниже. Формализация кинетической энергии системы предполагает следующие рассуждения. Не ограничивая общности, можно считать, что исследуемая система по аналогии с механической – голономная и склерономная, задана в потенциальном поле с помощью обобщенных координат $f_1, f_2, ..., f_k$,. Пусть условная точка системы с координатами f_i $(i = 1,2,...,k)$ в момент времени t занимает положение, определяемого радиус-вектором $r = r(f_1, f_2, ..., f_k)$. Функцию $r = r(f_1, f_2, ..., f_k)$ будем интерпретировать функцию действия (движения) системы. Тогда, исходя из рассматриваемой задачи оптимизации ее функционирования (основанной на корреляционном и факторном анализе), естественно принять

$$r = \lambda_1 f_1 + \lambda_2 f_2 + ... + \lambda_k f_k .$$

Скорость ее действия будет

$$v = \sum_{j=1}^{k} \partial r / \partial f_j \, \dot{f}_j .$$

По аналогии с определением кинетической энергии механической системы, а также, принимая во внимание ортогональность функций $f_j(t)$, кинетическую энергию системы определим в виде квадратичной функции следующим образом:

$$T = \sum_{j=1}^{k} \lambda_j^{\,2} \, \dot{f}_j^{\,2}. \qquad (5)$$

T и U определяются в одинаковых единицах, поэтому α измеряется в $1/сек^2$.

Что касается потенциальной энергии системы, то целесообразно ее принять в виде выражения (3).

Далее, естественно полагать, что при $f_1(T) = f_1$, $f_2(T) = f_2, ...,$ $f_k(T) = f_k$, абстрагируясь от формулы (3), в пределе $U(f_1, ..., fk) = \delta$ (если, не ограничивая общности, считать, что при достижении оптимума системы потенциальная энергия расходуется не полностью). Кроме того, принимая точками равновесия системы $f_1(T), f_2(T), ... f_k(T)$, получаем

$$\partial U / \partial f_j = 0, \quad j = 1,2,...,k.$$

Принятый вид функции полезности (1) геометрически представляет собой параболоид с вершиной в точке $M(f_1(0), f_2(0), ... f_k(0))$, являющейся одной из точек равновесия системы. Можно принять ее в качестве начальной точки функционирования системы. В определенный момент времени $t = b$ произойдет дезинтеграции системы. Тогда в

этой точке справедливо $f_1(b) = 0$, $f_2(b) = 0, \ldots f_k(b) = 0$. Еще одной точкой равновесия по логике вещей следует принять точку, соответствующую моменту времени $t = T$, $N(f_1(T), f_2(T), \ldots f_k(T))$ в которой целевая функция достигает своего максимума, т.е.

$$f_{\max} = \lambda_1 f_1(T)^2 + \lambda_2 f_2(T)^2 + \ldots + \lambda_k f_k(T)^2. \quad (6)$$

Тогда $0 \le t \le T$ – временной интервал оптимизации системы, в то время как $0 \le t \le b$ – временной интервал существования системы ($T < b$).

Достигнув своего максимума в момент времени T, система стремится пребывать в этом состоянии (состояние гомеостаза) насколько это возможно, затрачивая на это некоторое количество энергии (преодолевая энтропию). В дальнейшем возможны следующие сценарии развития системы: постепенное движение к дезинтеграции, либо в случае увеличения энергетического ресурса (переход качества от достижения максимума функции полезности в количество – рост потенциала системы) постановки новых целей в новых условиях и соответственно формализация новой функции полезности.

Особый интерес вызывает определение условий, при которых система пребывает в оптимальном состоянии. Тогда естественно предположить существование открытой области $D \subset R^k$, включающей точку равновесия $N(f_1(T), f_2(T), \ldots f_k(T)) \in D$. Также естественно предположить, что в области D на функцию полезности f наложено условие гладкости. Очевидно, что геометрически в этой области функция полезности теряет форму параболоида. Можно предположить, что в таком равновесном состоянии система будет пребывать некоторое время, и положение равновесия в этот период можно считать устойчивым. Тогда для такой системы будет выполняться уравнение Лагранжа [3]:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{f}_j}\right) - \frac{\partial L}{f_j} = 0. \quad L = T - U, \quad j = 1,2,..k. \quad (7)$$

Общими решениями таких уравнений будут значения:

$$f_j = A_j \cos(\alpha * t / \sqrt{\lambda_j}) + B_j \sin(\alpha * t / \sqrt{\lambda_j}). \quad (8)$$

Из выражения (4) вычисляем

$$\alpha = U(0) / f_{\max} .$$

В предельном случае при полном расходовании потенциальной энергии при достижении системой оптимума $\alpha = 1$.

Найти коэффициенты A_j и B_j можно найти, исходя из следующих соображений. Во-первых, известны значения функций $f_j(t) = f_j$ в момент времени $t = T$ достижения оптимума системы, во-вторых можно принять, что в окрестности точки $t = T$ значения первых производных функций $f_j(t)$ равны нулю, т.е.

$$\dot{f}_j(t) = 0.$$

Не ограничивая общности, можно считать

$$\dot{f}_j(T) = 0.$$

Таким образом, для каждого уравнения (8) имеем два начальных условия, что и позволяет определить коэффициенты A_j и B_j.

Библиографический список

1. Глущенко С.В. О факторном анализе в целеполагаемой системе / Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах // Научно-технический журнал. Выпуск №3-4(17-18). Воронеж. ВГТУ, 2019 г. С. 13-15.

2. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. - М: Радио и связь, 1981. - 560с.

3. Коллатц Л. Задачи на собственные значения. – М: Наука, 1968. – 504 с.

Информация об авторе

Глущенко С.В. – кандидат технических наук, доцент, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (394064, Россия, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А), e-mail: serjvladimir@rambler.ru

Information about the author

Gluschenko S.V. - candidate of technical Sciences, associate Professor, Military training and research center of the air force «Air force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin» (54A, Starykh Bolshevikov str., Voronezh, 394064, Russia), e-mail: serjvladimir@rambler.ru

УДК 697.34

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПОТОКОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В ЗАДАЧЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ОБЪЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

С.А. Сазонова, С.Н. Кораблин, А.В. Звягинцева

Воронежский государственный технический университет

Аннотация: Для систем теплоснабжения разработан метод статического оценивания состояния, реализуемый на практике с помощью проведения манометрической съемки объекта. Полученные с помощью телеизмерений показания для системы теплоснабжения необходимо обрабатывать с помощью программного обеспечения в автоматизированных системах управления с целью восполнения полной информации об исследуемом объекте для лица, принимающего решение. Разработаны методы и алгоритмы диагностики утечек и резервирования функционирующих систем теплоснабжения, реализуемые с целью обеспечения безопасности их функционирования и для обеспечения требуемого объема потребления транспортируемой среды. На стадии проектирования задача резервирования может рассматриваться для рационального подбора конфигурации и параметров системы. Апробация разрабатываемых методов и алгоритмов для инженерных задач выполнена с помощью пакета прикладных программ

Ключевые слова: системы теплоснабжения, промышленная теплоэнергетика, техническая диагностика, методы, алгоритмы, математические модели, статическое оценивание, диагностика утечек, несанкционированные отборы, параметрическое и транспортное резервирование

APPLICATION OF A COMPLEX OF MATHEMATICAL MODELS OF THE FLOW-DISTRIBUTION OF HEAT SUPPLY SYSTEMS IN THE PROBLEM OF TECHNICAL DIAGNOSTICS OF OBJECTS OF INDUSTRIAL HEAT POWER ENGINEERING

S.A. Sazonova, S.N. Korablin, A.V. Zvyagintseva

Voronezh State Technical University

Abstract: For heat supply systems, a method of static state assessment has been developed, which is implemented in practice by means of a manometric survey of the object. The readings obtained with the help of telemetry for the heat supply system must be processed using software in automated control systems in order to make up for the complete information about the investigated object for the decision maker. Methods and algorithms for diagnosing leaks and redundancy of functioning heat supply systems have been developed, implemented to ensure the safety of their functioning and to ensure the required volume of consumption of the transported medium. At the design stage, the backup task can be considered for rational selection of the configuration and system parameters. Testing of the developed methods and algorithms for engineering tasks was performed using the application package

Keywords: heat supply systems, industrial heat power engineering, technical diagnostics, methods, algorithms, mathematical models, static estimation, leak diagnostics, unauthorized sampling, parametric and transport redundancy

Инженерные системы централизованного теплоснабжения в составе топливно-энергетического комплекса в настоящее время представлены весьма широким спектром объектов различного назначения, масштабности, принципов построения, физической сущности процессов функционирования. Отправной точкой создания универсальных подходов к исследованию рассматриваемых объектов теплоэнергетики является подход к таким системам как к транспортным. Способствует унификации и однородность их структурного состава, обычно включающего источники (устройства подачи целевого продукта (ЦП) в систему); абонентские подсистемы (АП), отождествляемые с потребителями, а так же распределительные сети, предназначенные для транспортировки среды.

Особое место среди систем централизованного теплоснабжения занимают гидравлические трубопроводные системы (ГС),

© Сазонова С.А., Кораблин С.Н., Звягинцева А.В., 2020

что обусловлено динамикой их развития, исключительным многообразием, значительной капиталоемкостью и т. д. Собирательный термин "гидравлическая система" будет использоваться для обозначения прежде всего городских и промышленных систем тепло-, водо-, газоснабжения, а также систем пожаротушения и промышленных технологических трубопроводов. При выполнении работы были использованы материалы исследований [1-20].

Для ГС на основе применения функционального эквивалентирования АП решен целый ряд инженерных задач. Эквивалентирование АП, в отличие от ранее существующих научных подходов, дает существенное преимущество в силу того, что с эго помощью можно решить любые прикладные задачи моделирования трубопроводных ГС. Это необходимо при реализации программного обеспечения для систем автоматизированного проектирования и оперативного управления с помощью автоматизированных систем управления (АСУ). Не смотря на то, что современные компьютеры имеют высокое быстродействие, все равно остается проблема их быстродействия при выполнении технической диагностики при мониторинге текущего состояния в силу больших размеров и сложной конфигурации ГС. Для осуществления мониторинга технического состояния ГС в диспетчерских пунктах должно быть установлено соответствующее программное обеспечение АСУ. На исследуемой ГС должны быть установлены датчики давления в соответствии с разработанными научными рекомендациями, показания с которых с помощью телеизмерений при их одновременном опросе должны поступать в диспетчерский пункт. По программе на компьютере полностью восполняется информация по всем параметрам системы в данный момент времени. Следующий опрос датчиков можно выполнять только после выполнения обработки результатов предыдущего опроса. При сопоставлении результатов двух соседних опросов датчиков можно сделать заключение о причинах возможных резких изменений, например в случае аварии, утечки или не санкционированного отбора ЦП. При этом программный комплекс точно укажет координату на ГС с указанными неполадками, что существенно сэкономит время и деньги для обнаружения аварий. В случае аварий на ГС, особенно на системах газоснабжения, требуется оперативность при их устранении, так как от этого зависит количество жертв при ликвидации аварии и размер экономического ущерба.

Дополнительно можно отметить, что применение эквивалентирования АП позволят не использовать расходомеры при выполнении диагностики ГС, так как при таком подходе для восполнения полной информации о состоянии системы достаточно использовать только датчики давления. Причем разработаны методы для восполнения псевдоизмерений в узлах подключения потребителей, с помощью которых можно уменьшить требуемое количество датчиков давления на реальном объекте, то есть нет необходимости оснащать все такие узлы датчиками. Таким образом достигается существенная экономия средств за счет уменьшения количества дорогостоящих приборов учета на ГС.

При разработке методов решения задачи диагностики утечек (или несанкционированных отборов ЦП) были решены подзадачи: определение местоположения утечки; определение ее размера (объема); определение факта ее существования или отсутствия в промежуток времени между двумя опросами датчиков давления на системе.

На основе имитационного моделирования аварийных ситуаций разработаны методы и алгоритмы резервирования транспортного (определение мест в системе для установки дополнительных перемычек или линий с расчетом всех требуемых параметров) и параметрического (изменение диаметров, параметров насосов и т.д.).

Для реализации в составе АСУ задач диагностики утечек и резервирования разработаны методы и алгоритмы статического оценивания состояния ГС. Термин "статиче-

ское" применяется в силу того, что с помощью датчиков давления выполняется "мгновенный снимок" (опрос) ГС в расчетных узлах. Так как мгновенность предполагает застывшее состояние в пределах очень маленького промежутка времени, то движение ЦП в такой момент не учитывается, а систему рассматривают как статичную. Именно в таком состоянии выполняется полный расчет параметров системы. Для другого такого опроса в другой момент времени они будут уже другими, но тоже статичными. По результатам многократного статического оценивая ГС можно решать задачи диагностики утечек, резервирования функционирующих систем и целый ряд сопутствующих инженерных задач.

При разработке методов и алгоритмов технической диагностики ГС для обеспечения безопасности их функционирования необходимо учесть специфику функционирования различных ГС. Для систем водоснабжения дополнительно можно рассматривать присоединенные системы пожаротушения, для которых весьма существенной задачей является обеспечение требуемого расхода воды в случае возникновения пожара. Если заранее предусмотреть места присоединения участков для пожаротушения в ГС, то с помощью разработанных моделей резервирования можно рассчитать такие участки с возможными повышенными расходами воды, после чего лицо принимающее решение может сформулировать обоснованные рекомендации для реконструкции существующей системы водоснабжения с учетом норм для участков пожаротушения. С помощью же разработанных моделей статического оценивания можно провести расчеты для существующей системы и сделать рекомендации о конкретных предпочтительных местах присоединения участков пожаротушения для случая, если не предполагается реконструкция системы с введением резервных участков.

При разработке методов технической диагностики необходимо учитывать функциональные особенности различных ГС. Системы могут быть открытого (например, системы водо-, газо- снабжения), закрытого (например, системы теплоснабжения без отбора ЦП) или смешанного типа (например системы теплоснабжения с отбором ЦП), в них могут транспортироваться ЦП различной температуры. Теоретические исследования, а так же разработку методов, моделей и алгоритмов необходимо продолжить с целью совершенствования разработанных научных подходов, с учетом целого спектра сопутствующих инженерных задач, решение которых позволит проводить техническую диагностику с большей достоверностью полученных результатов.

Апробация разрабатываемых методов и алгоритмов для инженерных задач выполнена с помощью пакета прикладных программ HYDROGRAPH, позволяющего выполнять расчеты для городских и промышленных распределительных систем газо-, тепло-, водоснабжения.

В качестве объектов исследований, например, рассматривались система газоснабжения низкой ступени давления, схема которой представлена на рис. 1. Схема включает 94 участка, 73 узла и 21 контур. Узлы, в которых необходимо установить датчики давления, заштрихованы: 2 источника питания и 27 узлов подключения потребителей - АП.

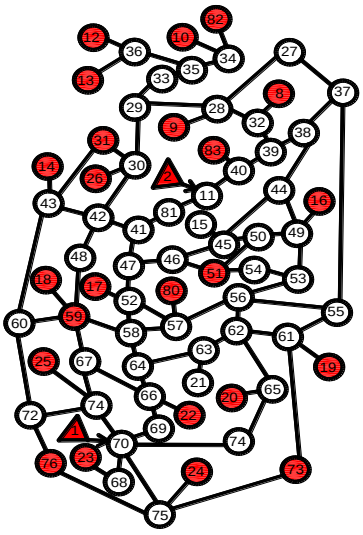


Рис. 1. Расчетная схема гидравлической системы

В качестве другого примера рассмотрим расчетную схему распределительной сети теплоснабжения, представленную на рис. 2. Сеть включает 130 узлов 243 участка 114 контуров. Источниками питания являются две ТЭЦ между узлами 501 –1 и 601-101 с действующими напорами 150 м и 130 м соответственно. В объекте функционируют три насосные подстанции на участках 607-504, 704-628 и 607-606 с располагаемыми напорами 40 м каждая. В узле 118 есть приток 535 т/ч, а в узле 619 такой же сток. На участках 704-628, 607-606 и 607-504 установлены три регулятора давления «после себя» для поддержания в узле 704 избыточного напора 30 м и в узле 607 напора 17 м. В качестве узла с фиксированным давлением выбран обратный коллектор одной из ТЭЦ (узел 501), напор в этом узле 22 м. Для узлов 704 и 607 геодезические уровни составляют 15 м и 2 м соответственно.

Проведенные вычислительные эксперименты подтвердили работоспособность разработанных математических моделей. Результаты экспериментов подробно изложены в монографиях и авторских научных разработках.

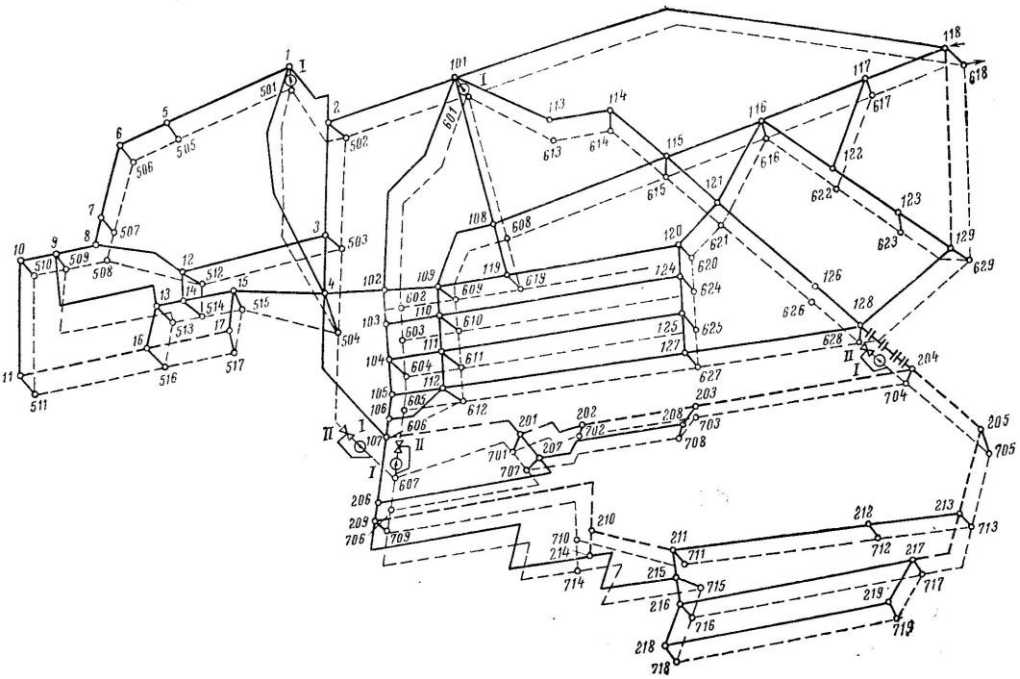


Рис. 2. Расчетная схема системы теплоснабжения

В результате проведенных исследований разработан метод статического оценивания состояния ГС по результатам манометрической съемки при мгновенном опросе системы для обработки результатов с помощью программного обеспечения в диспетчерских пунктах с целью получения полной информации о функционирующей системе в любой момент времени. Разработаны методы и алгоритмы диагностики утечек и резервирования функционирующих ГС, реализуемые с помощью решения задачи статического оценивания. Задача резервирования может рассматриваться как самостоятельная на стадии проектирования. Апробация разрабатываемых методов и алгоритмов для инженерных задач выполнена с помощью пакета прикладных программ.

Предлагаемые научные исследования могут быть использованы для проектирования ГС и для создания АСУ систем пожаротушения, тепло-, водо-, газоснабжения и промышленных технологических трубопроводов.

На научные исследования имеются акты внедрения. В рамках рассмотренных задач защищены докторская и кандидатская диссертации, а так же проведены дальнейшие исследования, опубликованы научные статьи и монографии. Исследования необходимо продолжить, выполнить большую детализацию по расчетным схемам объектов, решить сопутствующие инженерные задачи с целью получения более достоверных результатов при проведении технической диагностики для всех видов перечисленных ГС.

Библиографический список

1. Квасов, И.С. Анализ и параметрический синтез трубопроводных гидравлических систем на основе функционального эквивалентирования: автореф. дис. доктора технических наук: 05.13.16 / И.С. Квасов. - Воронеж, 1998. - 30 с.

2. Сазонова С.А. Разработка методов и алгоритмов технической диагностики систем газоснабжения: автореф. дис. канд. техн. наук / С.А. Сазонова - Воронеж, 2000. - 15 с.

3. Сазонова, С.А. Итоги разработок математических моделей анализа потокораспределения для систем теплоснабжения / С.А. Сазонова // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2011. - Т. 7. - № 5. - С. 68-71.

4. Zvyagintseva, A.V., Sazonova, S.A., Kulneva, V.V. Measures to Improve Working Conditions and Reduce Dust and Gas Emissions in the Quarries of the Mining and Processing Plant. В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science International science and technology conference "FarEastCon - 2019". - 2020. - Sci. 459 - С. 052047.

5. Жидко, Е.А. Логико - лингвистическая модель интегрированного менеджмента организации в XXI век / Е.А. Жидко // Вестник Воронежского института высоких технологий. - 2016. - № 1 (16). - С. 91-93.

6. Жидко, Е.А. Принципы системного математического моделирования информационной безопасности / Е.А. Жидко, Л.Г. Попова // Науковедение. - 2014. - № 2 (21). - С. 34-39.

7. Жидко, Е.А. Парадигма информационной безопасности компании / Е.А. Жидко, Л.Г. Попова // Вестник Иркутского государственного технического университета. - 2016. - № 1 (108). - С. 25-35.

8. Николенко, С.Д. Математическое моделирование дисперсного армирования бетона / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин // Моделирование систем и процессов. - 2019. - Т. 12. - № 1. - С. 74-79.

9. Asminin, V. Development and application of a portable lightweight sound suppression panel to reduce noise at permanent and temporary workplaces in the manufacturing and repair workshops / V. Asminin, E. Druzhinina, S. Sazonova, D. Osmolovsky // Akustika. - 2019. - Т. 34. - С. 18-21.

10. Sazonova, S.A. Simulation of a transport standby for ensuring safe heat supply systems operation / S.A. Sazonova, S.D. Nikolenko, A.A. Osipov // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science And Engineering International science and technology conference "FarEastCon-2019". - 2020. - *Sci. Анг.* 753. - С. 052004.

11. Андреев, Е.С. Моделирование дефектов при ультразвуковом контроле сварных соединений / Е.С. Андреев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 1. - С. 4-9.

12. Кораблин, С.Н., Николенко С.Д., Сазонова С.А. Моделирование температурных напряжений в фундаментных плитах здания / С.Н. Кораблин, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 1. - С. 54-60.

13. Пантелеев, А.И., Николенко С.Д., Сазонова С.А. Процесс обследования несущих конструкций технологических эстакад / А.И. Пантелеев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 1. - С. 61-68.

14. Кульнева, В.В. Синергизм при загрязнении воздуха городской среды на фоне неблагоприятных метеорологических условий / В.В. Кульнева, А.В. Звягинцева // Современные тенденции развития гидрометеорологии в России: материалы II Всерос. науч.-практ. конференции. - Иркутск: Из-во ИГУ, 2019. - С. 587-591.

15. Звягинцева, А.В. Экологический мониторинг опасных гидрологических явлений / А.В. Звягинцева, В.В. Кульнев, В.В. Кульнева // International academy of ecology, man and nature protection sciences Ecology and development of Society. - 2018. - № 3(26). - С. 62- 66.

16. Звягинцева, А.В. Математическая модель водородной проницаемости металлов с примесными ловушками при наличии внутренних напряжений различной физической природы / А.В. Звягинцева // Международный научный

журнал Альтернативная энергетика и экология. - 2019. - № 19-21 (303-305). - С. 29-44.

17. Звягинцева, А.В. Взаимосвязь структуры и свойств гальванических никелевых покрытий, легированных бором, в изделиях электронной техники / А.В. Звягинцева // Гальванотехника и обработка поверхности. - 2007. - Т. 15. - № 1. - С. 16-22.

18. Звягинцева, А.В. Влияние бора на наводороживание никелевых пленок / А.В. Звягинцева // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. - 2006. - № 5 (37). - С. 85-86.

19. Звягинцева, А.В. Современные накопители водорода на основе гибридных функциональных материалов/ А.В. Звягинцева, А.О. Артемьева // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2017. - Т. 13. - № 5. - С. 133-138.

20. Звягинцева, А.В. Современные накопители водорода на основе гибридных функциональных материалов / А.В. Звягинцева, А.О. Артемьева // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2017. - Т. 13. - № 5. - С. 133-138.

Информация об авторах

Сазонова С. А. - кандидат технических наук, доцент кафедры техносферной и пожарной безопасности, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), e-mail: Sazonovappb@vgasu.vrn.ru

Кораблин С. Н. - аспирант кафедры техносферной и пожарной безопасности, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), e-mail: korablin2015@inbox.ru

Звягинцева А. В. - кандидат технических наук, доцент кафедры химии и химической технологии материалов, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), e-mail: zvygincevaav@mail.ru

Information about the authors

Sazonova S.A. - Ph. D. in Engineering, Associate Professor of the Department of Technosphere and Fire Safety, Voronezh State Technical University (84, 20 years of October Street, Voronezh, 394006, Russia), e-mail: Sazonovappb@vgasu.vrn.ru

Korablin S.N. - postgraduate student Department of Technosphere and Fire Safety, Voronezh State Technical University (84, 20 years of October Street, Voronezh, 394006, Russia), e-mail: korablin2015@inbox.ru

Zvyaginceva A.V. - Ph. D. in Engineering, Associate Professor of the Department of Chemistry and Chemical Technology of Materials, Voronezh State Technical University (84, 20 years of October Street, Voronezh, 394006, Russia), e-mail: zvygincevaav@mail.ru

УДК 519.6

ПОВЕДЕНИЕ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ВЫБРАННОЙ ПОЛИТИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Д.А. Гуляева

Воронежский государственный технический университет

Аннотация: Рассматривается взаимодействие систем защиты информации и систем «проникновения» в реальном масштабе времени

Ключевые слова: система, безопасность, множество, функция полезности, устойчивость систем

BEHAVIOR OF INFORMATION SECURITY SYSTEMS UNDER THE SELECTED SECURITY POLICY

D.A. Gulyaeva

Voronezh State Technical University

Abstract: the interaction of information security systems and "penetration" systems in real time is considered

Keywords: system, security, set, utility function, stability of systems

Анализ взаимодействия двух систем (системы защиты информации (СЗИ) при выбранной политике безопасности и системы «злоумышленник» СЗЛ)) выявляет, что их взаимодействие осуществляется непрерывно в реальном времени.

Формально представим описание системы тройкой ИС ={ИС, G, R}, ИС $\subset X(t)\times Y(t)$, $X(t) = \times\{X(t)\}_m$ – входной объект системы $Y(t) = \times\{Y(t)\}_p$ - выходной объект системы ($t \in T = [0, T]$ – время, $\times$- символ

© Гуляева Д.А., 2020

декартова произведения); ИС = $\{СЗИ_i\}_N$ - множество элементов (подсистем), $СЗИ_i \subset X_i(t) \times Y_i(t)$, $X_i(t) = \times\{X_{ik}(t)\}$, $X_{ik}(t) = \{x_{ik}(t)\}$, $k = \overline{1, m_i}$, $Y_i(t) = \times\{Y_{ir}(t)\}$, $Y_{ir} = \{y_{ir}(t)\}$, $r = \overline{1, \rho_i}$; G = (ИС, E) – ориентированный граф с множеством вершин ИС, |ИС| = N и множеством дуг E = $\{e_{ij}\}$, |E| = M, характеризующий $\forall$ i,j = $\overline{1, N}$ наличие связей между подсистемами $СЗИ_i \subset$ ИС; R = < R, F > - алгебра, где $R(t) = \{R(C(t), X(t))\}_N$ ($R_i(t)$: $(C_i(t) \times X_i(t)) \rightarrow Y_i(t)$ – отображение, $C(t) = \times\{C_i(t)\}$, $C_i(t) = \{C_{iv}(t)\}$, $v = \overline{1, \eta_i}$ - множество глобальных состояний i – й подсистемы) - множество носитель; $F(t) = \{f_1, f_2, \ldots, f_\xi\}$ - сигнатура алгебры.

В рассматриваемом случае результатом функционирования системы является либо недостижимость защищаемой информации для системы «злоумышленник», либо ее доступность (достижимость) для системы СЗЛ. В первом случае будем считать, что взаимодействие нейтрально, то есть система защиты информации при выбранной политике безопасности информации выполняет свои функции и дополнительных действий по устранению угроз безопасности информации (БИ) ей не требуется. Во втором случае принимается, что взаимодействие систем будет конфликтно.

Под действием подсистемы $СЗИ_i$ будем понимать любое изменение ее входа, выхода и структуры, приводящее к изменениям процесса функционирования системы в целом.

Любой результат действия подсистемы оценивается функцией полезности $q_i(x_i(t) + \Delta x_i(t))$, которую в силу выше введенных допущений можно записать как $q_i(\Delta_i)$, и приводит к трем ее состояниям $q'_i(\Delta_i) > 0$, $q'_i(\Delta_i) = 0$, $q'_i(\Delta_i) < 0$, образующим в этом смысле полную группу событий для этой подсистемы. Это позволяет все множество действий $\{\Delta_i\} \subset X_i(t)$ разбить на три непересекающиеся подмножества $\{\Delta_i^+\}$, $\{\Delta_i^0\}$, $\{\Delta_i^-\}$, таких, что если $\Delta_i^+ \subset \{\Delta_i^+\}$, то $q'_i(\Delta_i^+) > 0$; если $\Delta_i^0 \subset \{\Delta_i^0\}$, то $q'_i(\Delta_i^0) = 0$;. если $\Delta_i^- \subset \{\Delta_i^-\}$, то $q'_i(\Delta_i^-) < 0$. Понятно, что если подсистема функционирует, то это функционирование во времени обеспечивается временной последовательностью действий типа Δ_i^+ либо Δ_i^0, либо Δ_i^-, $\{\Delta_i^+\} \cup \{\Delta_i^0\} \cup \{\Delta_i^-\} = \{\Delta_i\}$ и $\{\Delta_i^+\} \cap \{\Delta_i^0\} \cap \{\Delta_i^-\} = \varnothing$.

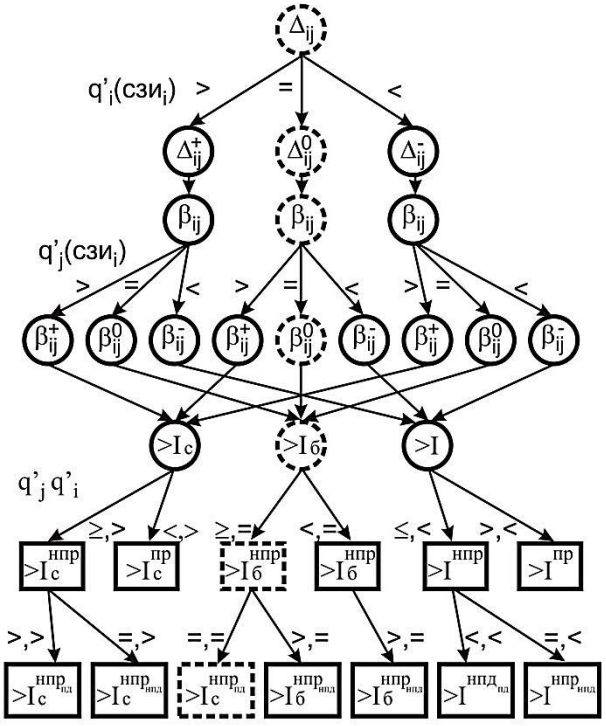


Рис. 1. Граф действий подсистем, при $СЗИ_i \vec{d} СЗЛ_j$

Рассмотрим теперь подсистемы $СЗИ_i$, $СЗЛ_j \in$ ИС в условиях $X_i(t)$, $X_j(t) \neq \varnothing$.

Определение 1. Действием Δ_{ij} подсистемы $СЗИ_i \in$ ИС на подсистему $СЗЛ_j \in$ ИС назовем любое действие $\Delta_i \in X_i(t)$.

Определение 2. Влиянием $ß_{ij}$ подсистемы $СЗИ_i \in S$ на подсистему $СЗЛ_j \in S$ назовем любое действие $\Delta_j \in X_j(t)$, полученное в результате Δ_{ij}.

Из определений следует, что влияние $ß_{ij}$ на $СЗЛ_j$ порождается действием Δ_{ij} подсистемы $СЗИ_i$ и само является действием подсистемы S_j, распространенном в простран-

стве достижимости $X_j(t)$. Можно считать, что этой паре действий присуще причинно–следственное отношение: Δ_{ij} является причиной, а $ß_{ij}$ – следствием, т.е. $\Delta_{ij} \rightarrow ß_{ij}$.

Рассмотрим бинарные отношения элементов системы ИС. Для этого выберем произвольный элемент $(СЗИ_i, СЗЛ_j) \in ИС^2 = ИС \times ИС$. Действие Δ_{ij} элемента $СЗИ_i$ на $СЗЛ_j$ возможно лишь при наличии отношения доступности $СЗИ_i \vec{d} СЗЛ_j$, либо недостижимости $СЗИ_i \vec{d} СЗЛ_j$.

Определение 3. Подсистема $СЗИ_i$ вступает в отношение безразличия к подсистеме $СЗЛ_j$ ($(СЗИ_i, СЗЛ_j) \in >I_б$), если $СЗИ_i \vec{d} СЗЛ_j \wedge q'_j(\beta_{ij}) = 0$ и подсистема $СЗЛ_j$ вступает в отношение безразличия к подсистеме $СЗИ_i$ ($(СЗЛ_j, СЗИ_i) \in >I_c$), если $S_i^{вх} \vec{d} S_j^{вх} \wedge q'_i(\beta_{ji}) = 0$ (рис.1).

Определение 4. Подсистема $СЗИ_i$ вступает в отношение конфликта к подсистеме $СЗЛ_j$ ($(СЗИ_i, СЗЛ_j) \in >I$), если $СЗИ_i \vec{d} СЗЛ_j \wedge q'_j(\beta_{ij}) < 0$ и подсистема $СЗЛ_j$ вступает в отношение конфликта к подсистеме $СЗИ_i$ ($(СЗЛ_j, СЗИ_i) \in >I$), если $СЗИ_i \vec{d} СЗЛ_j \wedge q'_i(\beta_{ji}) < 0$.

Действие и взаимодействие подсистем СЗИ и СЗЛ будут зависеть от того, насколько адекватно будет реализована основная функция системы защиты информации. А так же существенно влиять на свойства системы такие, как запас и степень устойчивости, быстродействие системы.

Библиографический список

1. Сысоев В.В. Действие и взаимодействие систем: структурно - параметрическое представление / В.В. Сысоев, Д.В. Сысоев // Воронеж: АО Центрально - черноземное книжное издательство, 2004. -70с.
2. Лавлинский В.В. Моделирование взаимодействия систем защиты информации вычислительных сетей с внешней средой / В.В. Лавлинский, Ю.С. Сербулов, Д.В. Сысоев // Воронеж: АО Центрально - Черноземное книжное издательство, 2004. -135с.
3. Сысоев Д.В. Автоматизированные технологии функционирования информационной системы в структурно – параметрическом представлении взаимодействия с внешней средой // Автореферат на соиск. уч. степени канд. техн. наук. – Воронеж, 2001. – 18с.
4. Сысоев Д.В. Интеллектуальная система формирования классов информации // Повышение эффективности теплообменных процессов и систем. – Вологда, 2000. –С.33-36.
5. Сысоев Д.В. Обучающая программа по анализу взаимодействий элементов в структурном представлении систем / Д.В. Сысоев, Р.А. Солодуха // Проблемы внедрения новых информационных технологий в жизнедеятельность военного вуза. – Тамбов, 1999. –С.210-212.
6. Sysoev D. Modeling of multi – objective systems / D. Sysoev, A. Dolgui, V. Sysoev // Advanced Computer Systems (ACS 99): Proceedings Sixth International Conference .- Poland: Szczecin, 1999. - P. 305 - 308.
7. Ошивалов А.В. Адаптация государственной информационной системы электронного межведомственного обмена субъекта российской федерации к работе в среде СМЭВ 3.0. // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах: научный журнал. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2016. – Выпуск №1 (7). – С. 142 - 145.
8. Ошивалов А.В. Разработка механизма взаимодействия внешних информационных систем и государственной информационной системы электронного межведомственного обмена субъекта Российской Федерации. // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах: научный журнал. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2017. – Выпуск №1 (9). – С. 144 - 149.

Информация об авторе

Гуляева Д. А. – магистрант кафедры систем управления и информационных технологий в строительстве, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), e-mail: di.guliaeva@yandex.ru

Information about the author

Guljaeva D.A. – undergraduate of the Department of management systems and information technologies in construction, Voronezh State Technical University (84, 20 years of October Street, Voronezh, 394006, Russia), e-mail: di.guliaeva@yandex.ru

УДК 51-74

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ТРУБОПРОВОДА ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ЖИДКООБРАЗНЫХ СРЕД С АНОМАЛИЕЙ ВЯЗКОСТИ

А.А. Хвостов, А.В. Иванов, А.А. Журавлев

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация: Рассмотрена постановка задачи технико-экономической оптимизации параметров трубопровода для транспортирования жидкообразных сред, проявляющих аномалию вязкости. Приведены соотношения для определения оптимального диаметра трубопровода и давления, обеспечивающих перекачивание среды в ламинарном, установившемся, изотермическом режиме по трубопроводу из условия минимизации суммарных годовых затрат на его создание и эксплуатацию с учетом текущих цен и тарифов на трубопровод и электроэнергию, топологии трубопровода, условий его работы, а также аномалии вязкости транспортируемой среды

Ключевые слова: трубопровод, реологическое уравнение, степенная жидкость, уравнение Оствальда-Де Виля, аномалия вязкости, технико-экономическая оптимизация, критерий оптимизации, гидравлический расчет

OPTIMIZATION OF PIPELINE PARAMETERS FOR TRANSPORTATION LIQUID MEDIA WITH A VISCOSITY ANOMALY

A.A. Khvostov, A.V. Ivanov, A.A. Zhuravlev

MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)

Abstract: The paper considers the problem of technical and economic optimization of the parameters of pipelines for transporting liquid media that exhibit a viscosity anomaly. The relations for determining the optimal diameter of the pipeline and the pressure that ensure the medium pumping in laminar, steady-state, isothermal mode through the pipeline from the condition of minimizing the total annual costs for its creation and operation, taking into account current prices and tariffs for the pipeline and electricity, the topology of the pipeline, its operating conditions, as well as the viscosity anomaly of the transported medium

Keywords: pipeline, rheological equation, power fluid, Ostwald-De vil equation, viscosity anomaly, technical and economic optimization, optimization criteria, hydraulic calculation

Современные предприятия пищевой и химической промышленностей имеют в своем составе протяженную и разветвленную сеть технологических трубопроводов для транспортирования сырья, полуфабрикатов и готовой продукции с различными физико-химическими и реологическими свойствами.

Технологические трубопроводы представляют собой функциональную подсистему, в которой осуществляются взаимосвязанные между собой гидравлические, тепловые и механические процессы и явления, интегрированную в общую химико - технологическую систему и обеспечивающую практическую взаимосвязь между отдельными единицами технологического оборудования [1].

Проектирование новых технологических трубопроводов и модернизация действующих трубопроводных систем представляет собой комплексную организационно - техническую задачу [2], одним из этапов которой является проведение гидравлических расчетов по уравнению неразрывности потока и уравнению Бернулли для реальной вязкой жидкости, которое учитывает потери давления на трение и на преодоление местных сопротивлений трубопровода.

Одной из основных задач при традиционном гидравлическом расчете является задача определения диаметра трубопровода и потерь давления (давление нагнетания) в линии заданной топологии при постоянном объемном расходе [2, 3].

При таком подходе гидравлический расчет является многовариантной задачей, т.к. существует бесконечное множество сочетаний параметров диаметр трубопровода – перепад давления, обеспечивающих перекачивание транспортируемой среды с заданным расходом. Причем варианты неравноценны как с экономической, так и технической точки зрения.

Так, с одной стороны, при уменьшении диаметра трубопровода снижается его стоимость и металлоемкость (т.е. капитальные затраты), но, при заданном расходе жидко-

© Хвостов А.А., Иванов А.В., Журавлев А.А., 2020

сти, увеличивается скорость ее течения, и, как следствие, возрастают потери давления при ее перекачивании по трубопроводу. Для создания более высокого давления в трубопроводе требуется установка более мощного гидравлического насоса, потребляющего больше электроэнергии. Следовательно, снижение капитальных затрат на создание трубопроводной системы путем уменьшения диаметра трубопровода приводит к удорожанию стоимости насосной установки и затрат на эксплуатацию трубопроводной системы.

С другой стороны, транспортирование жидкости по более дорогому трубопроводу, изготовленному из труб большего диаметра, требует меньших затрат электроэнергии на привод насосной установки.

В этой связи выбор диаметра трубопровода должен быть обоснован как технически, так и экономически. Очевидно, существует некий оптимальный диаметр трубопровода, при котором сумма затрат на сооружение технологического трубопровода и перекачивания по нему жидкости будет минимальной.

Для решения такой задачи оптимизации предложено большое количество технико-экономических критериев, отличающихся друг от друга сложностью, детализацией и количеством учитываемых экономических и технологических показателей. Однако общим для всех критериев является учет эксплуатационных затрат, связанных с затратами на электроэнергию для привода насоса (затраты на создание перепада давления) и капитальных затрат, обусловленных стоимостью трубопровода [4 – 10].

В работе [10] в качестве критерия технико - экономической оптимизации трубопровода использованы суммарные годовые затраты на его создание и эксплуатацию. Получены выражения для расчета оптимального диаметра трубопровода D^*, м, и давления ΔP^*, Па, обеспечивающих перекачивание ньютоновской среды в ламинарном режиме по трубопроводу заданной топологии при минимальных суммарных годовых затратах:

$$D^* = 2\left[\frac{\rho Q^2}{\pi^2}\left(\frac{16\mu\pi}{\rho Q}\left(L_г + L_в\right) + \sum \xi_{мс}\right)\frac{S_P}{S_D}\right]^{0,2}; \quad (1)$$

$$\Delta P^* = \frac{1}{2}\left[\frac{\rho Q^2}{\pi^2}\left(\frac{16\mu\pi}{\rho Q}\left(L_г + L_в\right) + \sum \xi_{мс}\right)\left(\frac{S_D}{S_P}\right)^4\right]^{0,2} \pm \rho g L_в, \quad (2)$$

где Q – объемный расход транспортируемой среды, м^3/с; ρ – плотность среды, кг/м^3; μ – коэффициент динамической вязкости транспортируемой среды, Па·с; $L_г$, $L_в$ – соответственно, длина горизонтального и вертикального участков трубопровода, м; g – ускорение свободного падения, м/с^2; $\sum \xi_{мс}$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений; S_p – удельные годовые эксплуатационные затраты, руб./(год·Па); S_D – удельные годовые капитальные затраты, руб./(год·м).

В случае оптимизации горизонтально расположенного “гидравлически длинного” трубопровода (если допустимо пренебречь местными сопротивлениями), формулы (1) и (2) принимают вид:

$$D^* = 2\left(\frac{16Q\mu L}{\pi}\cdot\frac{S_P}{S_D}\right)^{0,2}; \quad (3)$$

$$\Delta P^* = \frac{1}{2}\left[\frac{16Q\mu L}{\pi}\left(\frac{S_D}{S_P}\right)^4\right]^{0,2}. \quad (4)$$

Соотношения (1) – (4) получены для случая транспортирования по трубопроводу жидкообразных сред, подчиняющихся закону вязкого трения Ньютона, согласно которому коэффициент динамической вязкости жидкости (ньютоновская вязкость) является величиной постоянной и не зависит от скорости сдвига (или напряжения сдвига) [11].

Вместе с тем реальные жидкообразные среды не подчиняются закону вязкого трения Ньютона и проявляют аномалию вязкости.

Расчетные соотношения (1) – (4) для таких аномально вязких сред требуют уточнения с учетом неньютоновского характера их течения.

Для описания реологического поведения неньютоновских жидкообразных сред широко используется степенной закон (уравнение Оствальда-де Виля), связывающий напряжение сдвига τ, Па, и скорость сдвига $\dot{\gamma}$, с$^{-1}$, [11, 12]

$$\tau = K\dot{\gamma}^n, \qquad (5)$$

где K – консистентная переменная; n – индекс течения.

В этой связи актуальной является задача определения оптимального диаметра и давления в трубопроводе, обеспечивающих одновременно снижение стоимости трубопровода и затрат электроэнергии для привода насоса с учетом аномалии вязкости транспортируемой среды.

В качестве критерия технико - экономической оптимизации используем суммарные годовые затраты F, руб./год, на создание и эксплуатацию технологического трубопровода, являющиеся линейной суперпозицией капитальных K, руб./год, и эксплуатационных $Э$, руб./год, затрат [9, 10]

$$F = K + Э. \qquad (6)$$

Капитальные затраты K на создание трубопровода, отнесенные к одному году его эксплуатации, в первом приближении пропорциональны его габаритным размерам и прейскурантной цене трубопровода

$$K = aDL, \qquad (7)$$

где L – длина трубопровода, м; D – диметр трубопровода, м; a – прейскурантная стоимость 1 погонного метра трубопровода диаметром 1 м, руб./(год·м^2).

Эксплуатационные затраты $Э$, руб./год, на эксплуатацию трубопровода в течение календарного года представляют собой стоимость затраченной электроэнергии, потребленной насосом за время его работы в течение года

$$Э = 365K_з \frac{Q\Delta P}{1000\eta} c_{эл}\tau_{сут}, \qquad (8)$$

где $K_з$ – коэффициент запаса мощности электродвигателя; Q – объемный расход транспортируемой среды, м^3/с; ΔP – давление, развиваемое насосом, Па; η – КПД привода насоса; $c_{эл}$ – тариф (стоимость) 1 кВт·ч электроэнергии, руб./кВт·ч; $\tau_{сут}$ – продолжительность работы трубопроводной установки в течение суток, ч.

С учетом (7) и (8) критерий оптимизации (6) примет вид

$$F = aDL + 365K_з \frac{Q\Delta P}{1000\eta} c_{эл}\tau_{сут}. \qquad (9)$$

Таким образом, задача технико-экономической оптимизации трубопровода может быть сформулирована как задача оптимизации функции двух переменных следующим образом. Требуется определить такие значения диаметра трубопровода D и давления, развиваемого насосом ΔP, при которых критерий оптимизации вида (9) принимает минимальное значение:

$$F = S_P\Delta P + S_D D \xrightarrow[\Delta P,\mathrm{D}]{} \min, \qquad (10)$$

где S_p – удельные годовые эксплуатационные затраты, руб./(год·Па); S_D – удельные годовые капитальные затраты, руб./(год·м):

$$S_P = \frac{365K_з Q c_{эл}\tau_{сут}}{1000\eta}; \qquad (11)$$

$$S_D = aL. \qquad (12)$$

Для горизонтально расположенного трубопровода круглого сечения в ламинарном, установившемся и изотермическом режиме течения объемный расход жидкости, подчиняющейся реологическому закону (5), определяется соотношением [12]

$$Q = \frac{n\pi R^3}{3n+1}\left(\frac{R\Delta P}{2LK}\right)^{\frac{1}{n}}, \qquad (13)$$

где R – радиус трубопровода, м.

Учитывая, что $R = D/2$, представим (13) в виде:

$$\Delta P = \left(\frac{8Q(3n+1)}{n\pi}\right)^n 4LKD^{-(3n+1)}. \qquad (14)$$

С учетом (14) критерий оптимизации (10) примет вид:

$$F = \left(\frac{8Q(3n+1)}{n\pi}\right)^n 4LKD^{-(3n+1)}S_P + S_D D. \qquad (15)$$

Необходимое условие минимизации критерия (15) имеет вид $\frac{dF}{dD}=0$, т.е.

$$\frac{dF}{dD}=-(3n+1)2LK\left(\frac{8Q(3n+1)}{n\pi}\right)^{n}4LKD^{-(3n+2)}S_P+S_D=0. \quad (16)$$

Решая (16) относительно D, получим оптимальное значение диаметра трубопровода

$$D^{*}=\left[(3n+1)\left(\frac{8Q(3n+1)}{n\pi}\right)^{n}4LK\frac{S_P}{S_D}\right]^{\frac{1}{3n+2}}. \quad (17)$$

Подставляя (17) в (14), получим оптимальное значение давления, развиваемого насосом

$$\Delta P^{*}=\left(\frac{Q(3n+1)}{n\pi}\right)^{\frac{n}{3n+2}}(2LK)^{\frac{1}{3n+2}}\left[\frac{3n+1}{2}\cdot\frac{S_P}{S_D}\right]^{-\frac{3n+1}{3n+2}}. \quad (18)$$

Нетрудно убедиться, что для случая транспортирования по трубопроводу ньютоновской среды ($n = 1$ и $K=\mu$) соотношения (17) и (18) для оптимальных параметров трубопровода обращаются в полученные ранее выражения (3) и (4).

Таким образом, полученные расчетные соотношения позволяют определить оптимальный диаметр трубопровода и давление, обеспечивающих перекачивание среды в ламинарном, установившемся, изотермическом режиме по трубопроводу из условия минимизации суммарных годовых затрат на его создание и эксплуатацию с учетом текущих цен и тарифов на трубопровод и электроэнергию, топологии трубопровода, условий его работы, а также аномалии вязкости транспортируемой среды.

Библиографический список

1. Кафаров В.В. Проектирование и расчет оптимальных систем технологических трубопроводов / В.В. Кафаров, В.П. Мешалкин. – М.: Химия, 1991. – 368 с.

2. Миркин А.З. Трубопроводные системы / А.З. Миркин, В.В. Усиньш. – М.: Химия, 1991. – 256 с.

3. Айнштейн В.Г. Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс. В двух книгах. Книга 1: Учебник / В.Г. Айнштейн, М.К. Захаров и др. – СПб.: Лань, 2019. – 916 с.

4. Василенко А.И. Технико-экономическая оптимизация воздуховодов/ А.И. Василенко, А.А. Федосенко // Инженерный вестник Дона, 2018. – № 1.

5. Самарин О.Д. Технико - экономическая оптимизация диаметров теплопроводов систем водяного отопления / О.Д. Самарин // Новости теплоснабжения. – 2011. – № 5. – С. 42 – 44.

6. Савастиенок А.Я. Оптимизация трубопроводных инженерных сетей гидравлического расчета / А.Я. Савастиенок // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2006. – № 4. – С.67–72.

7. Шабанов В.А. Целевые функции и критерии оптимизации перекачки нефти по нефтепроводам при частнотно - регулируемом электроприводе магистальных насосов / В.А. Шабанов, О.В. Бондаренко // Нефтегазовое дело. – 2012. – №4 –С. 10 – 17.

8. Зайцев А.В. Оптимизация криогенного трубопровода / А.В. Зайцев, Е.В. Логвиненко // Омский научный вестник. Серия «Приборы, машины и технологии». – 2014. – №3 (133). – С. 164 – 168.

9. Иванов А.В. Постановка задачи оптимизации трубопроводных сетей средств наземного обслуживания общего применения / А.В. Иванов, В.В. Синюков, В.И. Ряжских, А.А. Хвостов, А.А. Журавлев // Современные методы прикладной математики, теории управления и компьютерных технологий: сб. тр. X междунар. конф. «ПМТУКТ-2017». – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2017. С. 180 – 183.

10. Хвостов А.А. Оптимизация параметров технологического трубопровода по технико-

экономическим показателям / А.А. Хвостов, М.Г. Магомедов, А.А. Журавлев, Е.А. Шипилова, О.А. Семенихин, А.А. Никитченко // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 34 – 46.

11. Кирсанов Е.А. Неньютоновское поведение структурированных систем / Е.А. Кирсанов, В.Н. Матвеенко. – М.: ТЕХНОСФЕРА, 2016. – 384 с.

12. Арет В.А. Физико - механические свойства сырья и готовой продукции [Текст] / В. А. Арет, Б. Л. Николаев, Л. К. Николаев. – СПб.: ГИОРД, 2009. – 448 с.

Информация об авторах

Хвостов А.А. – доктор технических наук, профессор, Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (394064, Россия, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А), e-mail: khvtol1974@yandex.ru

Иванов А.В. – кандидат технических наук, доцент, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (394064, Россия, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А), тел.: 8-920-410-5190

Журавлев А.А. – кандидат технических наук, доцент, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (394064, Россия, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А), e-mail: zhuraa1@rambler.ru

Information about the authors

Khvostov A. A. – doctor of technical sciences, professor, Military training and research center of the air force «Air force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin» (54A, Starykh Bolshevikov str., Voronezh, 394064, Russia), e-mail: khvtol1974@yandex.ru

Ivanov A.V. – candidate of technical sciences, associate professor, Military training and research center of the air force «Air force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin» (54A, Starykh Bolshevikov str., Voronezh, 394064, Russia), ph.: 8-920-410-5190

Zhuravlev A.A. – candidate of technical sciences, associate professor, Military training and research center of the air force «Air force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin» (54A, Starykh Bolshevikov str., Voronezh, 394064, Russia), e-mail: zhuraa1@rambler.ru

УДК 004.021

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ ЗАМЕНЫ ОБОРУДОВАНИЯ В ВОЕННЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ

Е.А. Шипилова, А.А. Паненко

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина

Аннотация: Рассматривается моделирование и программная реализация задачи поиска оптимальной стратегии замены автотранспортных единиц в военных подразделениях. В качестве метода решения используется метод динамического программирования. Приводится алгоритм и программная реализация выбранного метода решения

Ключевые слова: динамическое программирование, принцип оптимальности, принцип погружения, критерий оптимизации, многошаговый процесс, решение о сохранении или замене оборудования

MATHEMATICAL MODELING AND REALIZATION OF THE TASK OF FINDING THE OPTIMAL STRATEGY OF EQUIPMENT REPLACEMENT IN MILITARY UNITS

E.A. Shipilova, A.A. Panenko

MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)

Abstract: Modeling and programmatic implementation of the task of finding the optimal strategy of replacement of vehicles in military units are considered. Dynamic programming is used as the solution method. The algorithm and software implementation of the selected solution method are given

Keywords: dynamic programming, optimality principle, immersion principle, optimization criterion, multi-step process, decision to save or replace equipment

В каждой военной части для транспортировки личного состава, продуктов, вооружения, оборудования, вспомогательных материалов и т.д. используются автотранспортное оборудование. При эксплуатации подвижного состава происходит его физический и моральный износ, в результате чего увеличиваются затраты на обслуживание и ремонт, снижается производительность, уве-

© Шипилова Е.А., Паненко А.А., 2020

личиваются простои. Обычно подразделения сохраняют или заменяют оборудование в соответствии с планом проведения технического обслуживания и замены автомобилей, не применяя методы математического моделирования. Однако, опыт применения данных методов, показывает их целесообразность, так как это позволяет минимизировать затраты и максимизировать экономическую эффективность эксплуатации автотранспортного состава.

Для наиболее эффективного использования оборудования необходимо разрабатывать оптимальный план его использования и замены. Задачи по замене автотранспортного оборудования рассматриваются как многоэтапный процесс, который характерен для динамического программирования.

Цель исследования – разработать математическую модель для определения оптимального план замены автотранспортного оборудования, а также реализовать ее в виде пакета прикладных программ. Критерием оптимизации является максимизация экономической эффективности использования оборудования, или минимизация суммарных затрат на его эксплуатацию в течение планируемого периода.

Динамическое программирование представляет собой математический аппарат, позволяющий осуществлять оптимальное планирование многошаговых управляемых процессов и процессов, зависящих от времени [1, 2]. Совокупность решений, принимаемых в начале каждого года планируемого периода по замене оборудования, финансированию и т.д., является управлением. Началом этапа (шага) управляемого процесса считается момент принятия решения (о замене оборудования, ремонте и т.д.). Под этапом обычно принимают хозяйственный год. Такой подход позволяет не только упростить решение задачи, но и решить те из них, к которым нельзя применить методы математического исследования. Упрощение решения достигается за счет значительного уменьшения количества исследуемых вариантов, так как вместо того, чтобы один раз решать сложную многовариантную задачу, метод поэтапного планирования предполагает многократное решение относительно простых задач.

Предположим, что развитие динамической системы происходит следующим образом:

1) в начальный момент времени t_0 система находится в фиксированном состоянии ξ_0;

2) переход $\xi_{k-1} \to \xi_k$ от состояния в момент t_{k-1} к состоянию в момент t_k осуществляется в зависимости от управления (рис. 1). То есть имеется набор управлений, каждое из которых позволяет перейти от состояния ξ_{k-1} к одному из возможных состояний ξ_k, выбранное управление обозначим u_k, т.е.:

$$\xi_k = \varphi(\xi_{k-1}, u_k) \qquad (1)$$

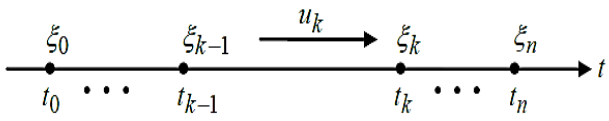


Рис. 1. Схема метода динамического программирования

Максимальный суммарный доход или условный максимальный доход на участке [k–1, n] зависит от состояния ξ_{k-1}, и определяется по формуле [3]:

$$S_k^*(\xi_{k-1}) = \max_{u_k}\{f_k(\xi_{k-1}, u_k) + S_{k+1}^*(\xi_k)\} \qquad (2)$$

где максимум берется по всем возможным управлениям на k-м шаге, ξ_k – состояние, в которое переходит система из состояния ξ_{k-1} под действием управления u_k.

В основе методов динамического программирования лежат принцип оптимальности и принцип погружения:

– при построении оптимальной траектории нужно выбирать управление на каждом шаге так, чтобы доход на этом шаге плюс максимальный доход на последующих шагах был наибольшим.

– форма задачи, решаемая методом динамического программирования, не меняется при изменении количества шагов n, т.е.

форма такой задачи инвариантна относительно n.

Реализация названных принципов дает гарантию того, что решение, принимаемое на очередном шаге, окажется наилучшим относительно всего процесса в целом, а не узких интересов данного этапа. Последовательность пошаговых решений приводит к решению исходной n-шаговой задачи.

Эти правила лежат в основе алгоритма решения задачи динамического программирования, состоящего из двух этапов. То есть, в процессе оптимизации управления многошаговый процесс проходится дважды. Первый раз – от конца к началу, в результате чего находятся условно-оптимальные управления и условно-оптимальное значение функции цели для каждого шага, в том числе оптимальное управление для первого шага и оптимальное значение функции цели для всего процесса. Второй раз – от начала к концу, в результате чего находятся уже оптимальные управления на каждом шаге с точки зрения всего процесса [4].

Конкретно задача о замене оборудования ставится следующим образом. Определить оптимальные сроки замены оборудования в течение n лет, при которых прибыль от эксплуатации оборудования максимальна, если известны: p – начальная стоимость оборудования; R(t) – прибыль, получаемая от эксплуатации оборудования возраста t лет; r(t) – ежегодные затраты на эксплуатацию оборудования возраста t лет. Предполагается, что к началу планового периода оборудование является новым.

Представим данную задачу с точки зрения динамического программирования [3, 4]:

1) под k-м шагом будем понимать k-й год планируемого периода. Имеем n шагов;

2) под состоянием ξ_k будем понимать возраст оборудования к концу k-го шага или к началу k+1-го шага. Отсюда вытекает, что на каждом шаге состояние ξ_k может принимать следующие значения: 0, 1, 2,…, k; $\xi_0 = 0$;

3) в качестве управления u_k на каждом шаге выступают решения о замене и сохранении оборудования.

Обозначим через u решение о сохранении оборудования; u* – решение о замене оборудования.

Формула (1) для данной задачи имеет вид:

$$\xi_k = \begin{cases} \xi_{k-1} + 1, & u_k = u, \\ 1, & u_k = u^*. \end{cases} \qquad (3)$$

Построим аддитивную целевую функцию. Согласно условию задачи прибыль от эксплуатации оборудования на k-м шаге, в зависимости от управления, будет выражаться следующим образом:

$$f_k(\xi_{k-1}, u_k) = \begin{cases} R(\xi_{k-1}) - r(\xi_{k-1}), & \text{при } u_k = u, \\ R(0) - r(0) + \varphi(\xi_{k-1}) - p, & \text{при } u_k = u^*, \end{cases} \qquad (4)$$

Очевидно, прибыль за n лет составит:

$$S = \sum_{k=1}^{n} f_k(\xi_{k-1}, u_k). \qquad (5)$$

Формула (2) для нашей задачи преобразуется следующим образом:

$$S_n^*(\xi_{n-1}) = \max_{0 \le u_n \le \xi_{n-1}} f_n(u_n) = f_n(\xi_{n-1}), \qquad (6)$$

$$S_k^*(\xi_{k-1}) = \max_{0 \le u_k \le \xi_{k-1}} \left[f_k(u_k) + S_{k+1}^*(\xi_{k-1} - u_k) \right] \qquad (7)$$

k = 1, 2, …, n–1.

Находятся, начиная с конечной точки все $S_k^*(\xi_{k-1})$ и $u_k^*(\xi_{k-1})$ по формулам (6, 7) для всех возможных значений ξ_k стратегии поведения (сохранить или заменить оборудование). Реализуем второй этап, т.е. находим оптимальные управления на каждом шаге с точки зрения всего процесса. Проходя пошагово процесс по всему рассматриваемому временному периоду, получим оптимальную стратегию управления. Алгоритм

реализации поиска оптимального плана замены оборудования, представлен на рис. 2.

Рис. 2. Алгоритм поиска оптимального плана замены оборудования

Для реализации математической модели был разработан пакет прикладных программ. В качестве средства разработки программного продукта использовано Borland C++ BUILDER 6 как наиболее оптимальное средство разработки с точки зрения разработчика. Программный пакет включает в себя три модуля: ввода данных, вывода результатов и вывода подробных результатов.

В качестве входных данных выступают: количество анализируемых лет, доход от эксплуатации оборудования и затраты на ремонт по годам. После ввода данных автоматически при нажатии кнопки «Ввод» рассчитывается значение прибыли, кнопкой «Начать расчет» запускается основной расчет (рис. 3).

Второй модуль программного пакета – вывод результатов (рис. 4) включает форму с таблицей, в которой выводятся стратегии поведения по годам рассматриваемого периода – ремонт или замена оборудования и рассчитанные значения прибыли для каждой предлагаемой стратегии поведения. Наиболее выгодной стратегии поведения соответствует максимальная прибыль, поэтому при выборе из нескольких возможных вариантов поведения выбирается тот, которому соответствует максимальная прибыль.

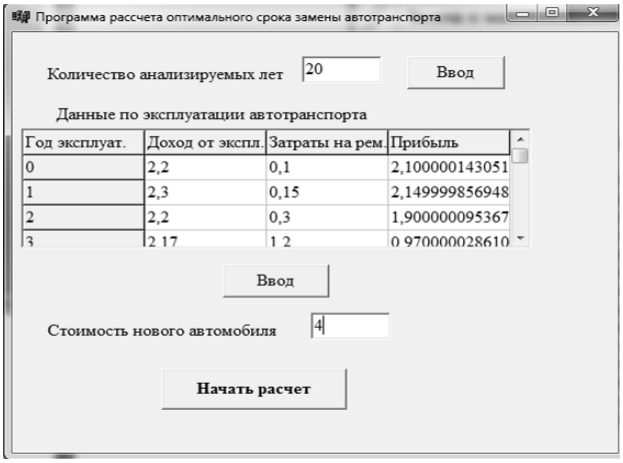


Рис. 3. Форма ввода данных.

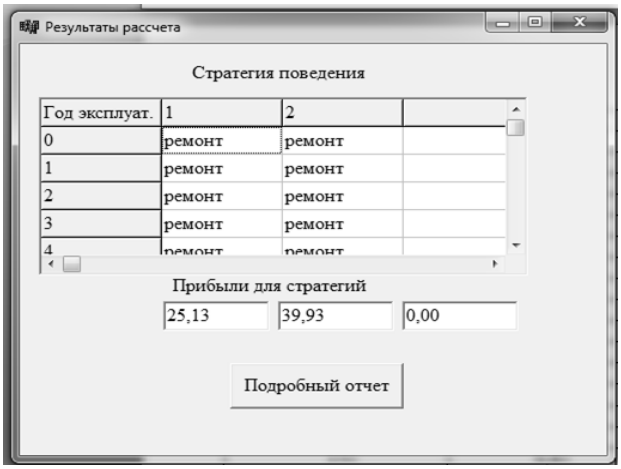


Рис. 4. Форма второго модуля программного продукта «Вывод результатов»

Для просмотра подробностей расчета предусмотрен вывод третьего модуля программного продукта «Вывод подробных результатов» (рис. 5) при нажатии кнопки «Подробный отчет». На данной форме можно проследить прямой и обратный ходы метода динамического программирования, для исключения возможной неточности.

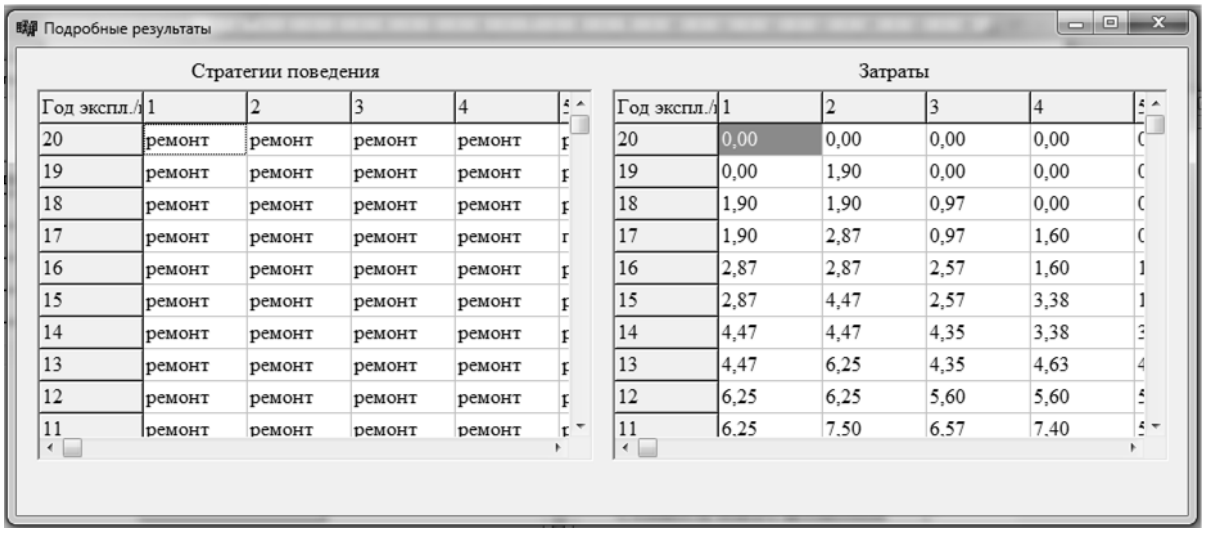


Рис. 5. Форма подробного отчета – третьего модуля программного продукта

Анализируя результаты работы программы можно сделать вывод, что программный продукт работает правильно, расчеты выполняются верно, полученные значения совпадают с аналитическими расчетами. Выход из режима выполнения программы осуществляется нажатием кнопки с изображением креста в правом верхнем углу форм.

Разработанный программный продукт обладает следующими достоинствами:

– позволяет осуществить расчет оптимальной стратегии замены автотранспортного оборудования и экономическую эффективность каждой стратегии;

– является универсальным средством расчета, т.к. позволяет вести вычисления для различных анализируемых периодов времени и экономических показателей эффективности;

– обеспечивает высокую скорость расчета;

– имеет интуитивно понятный интерфейс;

– может использоваться на персональных компьютерах с ОС Windows любой версии;

– прост и понятен в использовании;

– устойчив к сбоям и зацикливаниям.

Библиографический список

1. Акулич И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах: Учебное пособие. 3-е изд., стер. СПб.: Лань, 2011. – 352 с.

2. Колемаев В.А. Математическая экономика.- М.: Юнити,1998.

3. Романовская А.М. Динамическое программирование: Учебное пособие. Романовская А.М., Мендзив М.В.– Омск: Издатель Омский институт (филиал) РГТЭУ, 2010. – 58 с.

4. Судоплатов С.В., Овчинникова Е.В. Элементы дискретной математики. – М.: ИНФРА-М, Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. 386 с.

Информация об авторах

Шипилова Е.А. – кандидат технических наук, доцент, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (394064, Россия, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А), e-mail: elen_ship@list.ru

Паненко А.А. – курсант 2 курса, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (394064, Россия, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А), тел.: 8-473-244-7830

Information about the authors

Shipilova E.A. – candidate of technical sciences, associate professor, Military training and research center of the air force «Air force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin» (54A, Starykh Bolshevikov str., Voronezh, 394064, Russia), e-mail: elen_ship@list.ru

Panenko A.A. – cadet of 2 course, Military training and research center of the air force «Air force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin» (54A, Starykh Bolshevikov str., Voronezh, 394064, Russia), ph.: 8-473-244-7830

УДК 666.97

АВТОМАТИЗАЦИЯ НЕПРЕРЫВНОГО ДОЗИРОВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

С.И. Поляков, А.С. Ухин, С.Г. Челышев

Воронежский государственный технический университет

Аннотация: Рассматриваются вопросы автоматизации непрерывного дозирования компонентов бетонных смесей для обеспечения требуемой точности дозирования

Ключевые слова: непрерывное дозирование, автоматизация, точность

AUTOMATION OF CONTINUOUS DOSING OF CONCRETE COMPONENTS

S.I. Polyakov, A.S. Ukhin, S.G. Chelyshev

Voronezh State Technical University

Abstract: The issues of automation of continuous dosing of concrete mix components to ensure the necessary dosing accuracy are considered

Keywords: continuous dosing, automation, accuracy

Как и для дозаторов дискретного действия, та же погрешность дозирования должна обеспечиваться и для непрерывного весового автоматического дозирования материалов весовым оборудованием непрерывного действия в составе БСУ. Для автоматизации заводов непрерывного действия и бетоносмесительных установок предназначены дозаторы непрерывного принципа действия, для которых создано несколько типов таких дозаторов для производства бетонных смесей.

Состав типовых бетоносмесительных установок мало чем отличается друг от друга и содержит следующее оборудование и площадки: отделение дозирования заполнителей смесей, отделение дозирования цемента, бункеры цемента, отделение непрерывного смешивания, конвейер наклонный, отделение подачи воды и отделение операторов. БСУ предназначены для выдачи бетонных смесей, а также отдельных компонентов смеси, прошедших через весы непосредственно в бетоносмеситель автомобильный.

В установках может использоваться бетоносмеситель непрерывного действия как гравитационный, так и принудительного действия. Смеситель принудительного действия двухвальный шнековый обеспечивает перемешивание составляющих бетонной смеси и ее перемещение к выгрузочному люку. Смеситель гравитационный в виде цилиндрического барабана с прикрепленными плоскими лопастями обеспечивает непрерывное смешивание компонентов и их перемещение от загрузки к выгрузке.

На производстве завода ЖБИ-2 в цехе БСУ после внедрения АСУ ДБС-2 управление процессом дозирования компонентов бетонных смесей осуществлялась с дисплея промышленного компьютера: подача команд на дозирование компонентов и разгрузку бункеров, установка величины упреждения веса, корректировка состава смеси, выбор марки смеси и так далее. На дисплей выводилась необходимая информация о ходе технологического процесса и состоянии системы дозирования [1, 2]:

– размерность шкалы весового устройства,

– установка упреждение веса на дозирование,

– выбор требуемого режима дозирования,

– установка наличия в соответствующем бункере дозируемого материала,

– установка длительности импульса довешивания,

– фактические и заданные дозы компо-

© Поляков С.И., Ухин А.С., Челышев С.Г., 2020

нентов смеси,

– возникшие сбои в весоизмерительном оборудовании,

– корректировка начального отсчета (репера) датчиков веса.

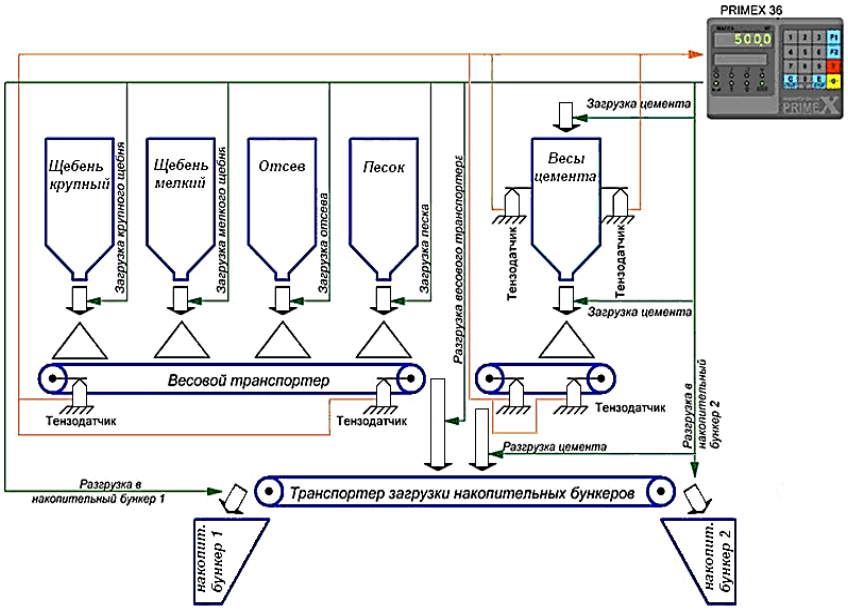


Рис. 1. Структурная схема БСУ непрерывного действия

Упреждение представляет динамическую погрешность дозирования. Эта погрешность определяется как разность между показанием весоизмерительной системы в некоторый момент времени и показанием весоизмерительной системы массы материала, если в этот же момент времени появится команда на окончание подачи материала.

Получены опытные данные по исследованию на оборудовании непрерывным дозатором по точности дозирования цемента при автоматическом управлении.

Общее количество выполненных опытных измерений фактической массы n=20. Среднее значение массы измеренных доз

$$mcp=\frac{1}{20}(33,0+33,3+33,2+...+32,8)=32,95 \text{ (кг)};$$

Величина среднего отклонения

$$M=\frac{1}{20}(0,05+0,35+0,25+...+0,15)=0,24 \text{ (кг)};$$

Отклонение среднеквадратичное фактических измеренных масс от среднего значения масс

$$\sigma =1,013\sqrt{\frac{1}{19}(0,0025+0,1225+0,0625+...+0,0225)} =0,328 \text{ (кг)};$$

Отклонение максимальное от среднего значения массы измеренных доз

$$b_{max} =3*0,328=0,984 \text{ (кг)};$$

Отклонение максимальное от заданной массы дозы

$$\delta_{max} = 0,984+\left| 32,95-33,0 \right| =1,034 \text{ (кг)}$$

Погрешность относительная весового дозирования

$$E_{max}=\frac{1,034}{33,0}\cdot 100\% =3,13\%.$$

Полученные опытные данные позволяют сделать следующий вывод. Относительная погрешность весового дозирования при автоматическом управлении снизилась в 3 раза, тогда как при ручном управлении она составляла 9,21%. Но и при автоматическом управлении проблема точности дозирования

остается и превышает погрешность в соответствии с требованиями ГОСТ в 1,5 раза.

Анализ опытных данных позволяет утверждать, что при обработке приведенной выборки точность весового дозирования не соответствует требованиям ГОСТ. Внедрение автоматической системы управления проблему точности не решило, хотя и улучшило общую ситуацию. Это объясняется тем, что АСУ полностью не реализовало математическое и алгоритмическое обеспечение, связанное с моделированием процессов непрерывного дозирования материалов.

Дозаторы непрерывного действия позволяют решить следующие задачи:

– передача значений величин вычисляемых и измеряемых в АСУ предприятия верхнего уровня по интерфейсу RS-485;

– измерение фактического значения веса дозируемого материала, вычисление фактического расхода дозируемого материала через дозатор;

– в системах автоматического управления регулирование заданного значения расхода материала при непрерывном весовом дозировании;

– индикация заданных, измеренных и вычисленных следующих технологических параметров:

а) заданное значение производительности;

б) значение суммарной массы дозируемого материала [кг] или [т];

в) величина текущей грузоприемной нагрузки [кг/м];

г) величина рассогласования фактической производительности от заданной, выраженной в %;

д) величина производительности весового дозатора в настоящий момент времени [кг/с] или [т/ч];

– вычисление рассогласования текущей производительности весового дозатора от заданного значения;

– управление внешними периферийными устройствами: счетчиками импульсов, реле электромагнитными, реле интеллектуальными, вибраторами и прочими устройствами.

Системой управления весового дозатора предусмотрена организация обмена данными с верхним уровнем АСУТП бетоносмесительного цеха по предлагаемым вариантам:

– обмен данными по интерфейсу Ethernet;

– обмен данными по интерфейсу RS-485;

– обмен данными по протоколу Modbus RTU и интерфейсу RS-485.

Кроме того, система управления предусматривает аналоговый вход для установки задания производительности весового дозатора в диапазоне 4-20 мА и аналоговый выход для вывода фактического значения текущей производительности в диапазоне 4-20 мА.

Автоматизированная система управления технологическим процессом непрерывного дозирования компонентов бетонных смесей разработана для реализации автоматического режима управления весовыми непрерывными дозаторами. АСУТП весового непрерывного дозирования обеспечивает передачу данных в АСУТП верхнего уровня о процессе дозирования, подготовку отчетов по работе весового оборудования и учету исходных компонентов, особенно цемента, хранение и накопление различных данных о работе оборудования и процессе дозирования, наглядное отображение процесса дозирования, а также расхода компонентов бетонных смесей. Понятно, что предлагаемое программное обеспечение, реализующие перечисленные задачи, решаемые АСУТП, являются важной частью системы управления непрерывным дозированием.

Перечислим функции, которые выполняет система управления дозированием материалов:

- вывод на печать и создание соответствующих отчетов;

- контроль состояния весового оборудования, сигнализация о возникших аварийных ситуациях;

- фиксирование суммарного расхода

дозируемого материала по каждому дозатору;

- изменение по необходимости для каждого дозатора его производительности;

- измерение фактической плотности сыпучих материалов, проходящих через дозаторы;

- реализация для каждого весового дозатора непрерывного режима работы;

- расчет фактической производительности для каждого весового дозатора;

- выполнение тестирования и диагностики работы весоизмерительного оборудования, а также каналов связи с АРМ системы дозирования;

- визуальное отображение, анализ и хранение весоизмерительной информации;

- накопление и достоверная передача измерительной информации в верхний уровень системы дозирования.

Для промышленности строительных материалов и стройиндустрии освоены, разработаны и успешно внедряются автоматизированные системы управления технологическим процессом непрерывного дозирования для:

- индивидуальных весовых дозаторов;

- 3-х…5-ти весовых дозаторов для организации бетоносмесительного участка непрерывного производства бетонных смесей;

- больших групп дозаторов для коксохимической промышленности, производства для приготовления шихты и тому подобное.

Структурная схема автоматизированного рабочего места системы непрерывного весового дозирования составляющих бетонных смесей изображена на рис. 2.

Рассмотрим работу системы управления по уровням.

Верхний уровень системы управления дозированием – это уровень технической организации и программной реализации автоматизированного рабочего места диспетчера в системе автоматизированного управления.

Средний уровень системы управления дозированием – это уровень сбора данных и устройств управления в виде промышленных контроллеров, реализующих способы сбора и обработки информации в системах автоматизированного управления. Контроллеры объединены в сеть предприятия Ethernet.

Нижний уровень системы управления дозированием – это уровень технологического оборудования, то есть объектов управления в виде ленточных весовых дозаторов непрерывного действия КЛИМ-ВД.

Система управления дозированием обеспечивает местный режим управления дозаторами, дистанционный режим управления и автоматический режим управления.

Аппаратные и программные средства системы управления весовым дозированием обеспечивают гарантированное сохранение технологической и производственной информации в памяти энергонезависимой промышленных контроллеров.

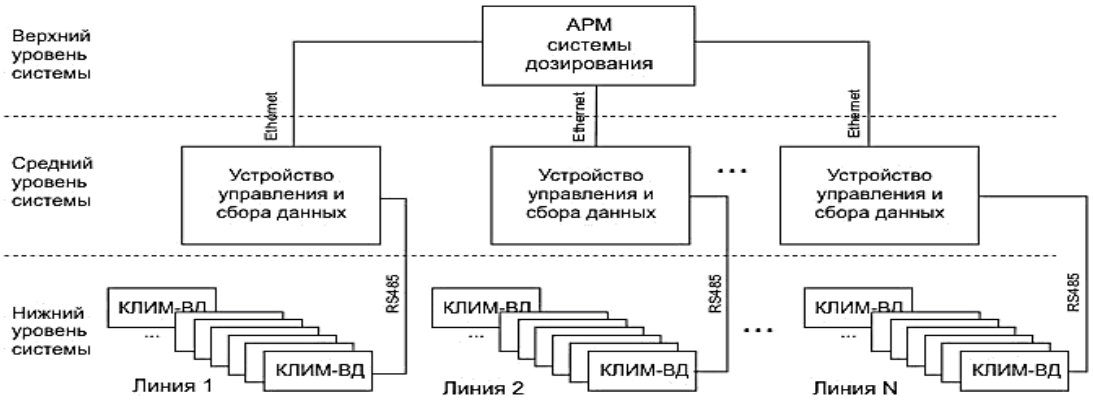


Рис. 2. Структурная схема АРМ системы весового непрерывного дозирования составляющих бетонных смесей

Назначение среднего уровня системы управления дозированием заключается в хранении и сборе технологической информации о работе весовых дозаторов: точности выполнении команд управления, исполнение от верхнего уровня системы запросов, суммарном значении взвешенной массы сыпучего материала, прошедшего через дозатор, отклонении фактически взвешенной массы материала от заданной массы, о фактической производительности весовых дозаторов [3].

В итоге отметим, что верхний уровень системы – это программно-технический комплекс автоматизированного рабочего места на базе промышленного компьютера.

АСУТП весовым непрерывным дозированием обеспечивает:

1. Сопряжение системы управления дозированием с периферийным оборудованием по протоколам Modbus.

2. Управление несколькими весовыми непрерывными дозаторами составляющих бетонных смесей.

3. Работу системы сигнализации звуковой и световой о возникших сбоях в работе весового оборудования, аварийных ситуациях, превышении технологическими параметрами номинальных значений. Кроме того, система позволяет блокировать отдельные участки технологического оборудования для предотвращения аварий.

4. Контроль работы и текущего состояния весовых дозаторов непрерывного действия.

5. Сохранность производственной информации функционирования дозаторов за смену, неделю, месяц в энергонезависимой памяти.

6. Подключение на отдельный промышленный контроллер среднего уровня системы управления дозированием нескольких весовых дозаторов по сети RS-485.

7. Расчет оптимального состава бетонных смесей исходя из реологических и прочностных характеристик на уровне АРМ системы дозирования и выдача заданий весовым дозаторам по количественному и процентному соотношению компонентов.

Выводы

1. Выявлены особенности управления процессом дозирования сыпучих материалов на участке смешивания в составе БСУ непрерывного действия, относящиеся к системе с переменными параметрами.

2. Произведена оценка точности дозирования цемента весовым дозатором непрерывного действия.

3. Предложены проектные решения по реконструкции, совершенствованию систем автоматизации, заключающиеся в установке весоизмерительных конвейеров, оснащенных частотными преобразователями, системами информационно-измерительными тензометрическими.

4. Предложена автоматизированная система управления непрерывного дозирования компонентов бетонных смесей, отличающаяся оперативным сбором и анализом входной и выходной информации о технологических параметрах на участке дозирования, выработкой оперативных управляющих воздействий на технологическое весоизмерительное оборудование.

Библиографический список

1. Поляков С.И. Внедрение модульной системы управления дозированием в производство // Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем лесного комплекса // Межвуз. сб. науч. трудов. – Воронеж: ВГЛТА, 2000.–351с.

2. Поляков С.И. Метрологические характеристики процесса дозирования сыпучих тел // Химико-лесной комплекс – проблемы и решения: Сб. стат. по матер. Всерос. науч. – практ. конф. - Красноярск: СибГТУ, 2002. – Т. 2. – С.130-135.

3. Поляков С.И. Проблема точности дозирования материалов / Проблемы и перспективы

лесного комплекса: Матер. межвуз. науч. – практ. конф. (26–27 мая 2005 г.). Т.2 – Воронеж: Воронеж. гос. лесотехн. акад., 2005. – с.45–49.

Информация об авторах

Поляков С.И. – кандидат технических наук, доцент кафедры систем управления и информационных технологий в строительстве, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), e-mail: poliakov1960@mail.ru
Ухин А.С. – студент группы мАСУ-181, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), тел.: 8-981-948-9549
Челышев С.Г. - студент группы мАСУ-181, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), тел.: 8-951-874-9573

Information about the authors

Polyakov S.I. – candidate of technical sciences, associate professor department of Management systems and information technologies in construction, Voronezh State Technical University (84, 20 years of October Street, Voronezh, 394006, Russia), e-mail: poliakov1960@mail.ru
Ukhin A.S. - Students of the mASU-181 group, Voronezh State Technical University (84, 20 years of October Street, Voronezh, 394006, Russia), ph.: 8-981-948-9549
Chelyshev S.G. - Students of the mASU-181 group, Voronezh State Technical University (84, 20 years of October Street, Voronezh, 394006, Russia), ph.: 8-951-874-9573

УДК 004

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Е.П. Алемасов, Р.С. Зарипова

Казанский государственный энергетический университет

Аннотация: В данной статье рассматриваются наиболее популярные алгоритмы машинного обучения и перспективы их применения в повседневной жизни

Ключевые слова: машинное обучение, алгоритмы, искусственный интеллект

MACHINE LEARNING PERSPECTIVES

E.P. Alemasov, R.S. Zaripova

Kazan State Power Engineering University

Abstract: The most popular algorithms of machine learning and prospects of their application in everyday life are considered in this article

Keywords: machine learning, algorithms, artificial intelligence

Технология машинного обучения появилась в середине прошлого века. С тех пор её суть не изменилась, но изменились вычислительные мощности компьютеров, усложнились закономерности и прогнозы, увеличилось число поставленных задач и решаемых проблем.

Машинное обучение (МО) определяется как процесс, в результате которого компьютеры способны показать поведение, которое в них не было явно запрограммировано. В настоящее время машинное обучение, наука о данных и искусственный интеллект становятся всё более популярными, поскольку они могут быть полезны во всех сферах жизнедеятельности [1]. Машинное обучение может извлекать значимые данные путем обнаружения скрытых образцов из данных. Благодаря алгоритмам машинного обучения у компьютера есть возможность учиться и повышать свою эффективность. Существует множество данных, которые с помощью машинного обучения легко превращаются в знания [2].

Алгоритмы машинного обучения обычно можно разделить на две основные группы: контролируемые и неконтролируемые. Для контролируемых алгоритмов требуется специалист по данным, обладающий знаниями в области машинного обучения, для обеспечения правильного ввода. Учитель решает, какие функции модель должна учи-

© Алемасов Е.П., Зарипова Р.С., 2020

тывать и использовать для разработки прогнозов. Неконтролируемые алгоритмы обучения обычно используются для решения сложных задач обработки по сравнению с контролируемыми системами обучения, включая распознавание изображений, преобразование речи в текст и создание естественного языка. Эти нейронные сети работают, комбинируя миллионы примеров, обучающих данных и автоматически находя корреляции между элементами.

Основная цель контролируемых алгоритмов состоит в том, чтобы извлечь уроки из обучающего набора данных, затем сделать прогноз и получить желаемый результат. Основную долю задач контролируемого обучения составляют классификация и регрессия. В случае регрессии алгоритм возвращает числовое целевое значение для каждого экземпляра, например, какой доход будет от новой маркетинговой кампании. Линейная регрессия является самым популярным и известным контролируемым алгоритмом. Прогнозирующее моделирование связано с минимизацией ошибки модели или созданием максимально точных прогнозов. В данном случае заимствуются и повторно используются алгоритмы из разных областей, включая статистику.

Логистическая регрессия – это функция, значением которой является вероятность принадлежности к определенному классу, использующая одну модель полиномиальной логистической регрессии с одной оценкой. Логистическая регрессия аналогична линейной регрессии в том смысле, что цель состоит в том, чтобы найти значения для индексов, которые взвешивают каждую входную переменную.

Деревья решений – это иерархические структуры, позволяющие классифицировать входные данные или предсказывать выходные значения по заданным исходным значениям. Листовые узлы дерева содержат выходную переменную, которая является выходной категорией. Прогнозы делаются путем обхода расщеплений дерева до узлов.

Наивный байесовский алгоритм – это алгоритм, используемый для решения задач классификации. Он использует теорему Байеса с предположением независимости между предикторами. Байесовский классификатор предполагает, что существование определенного признака в классе не связано с наличием другого признака. Модель этого алгоритма проста в построении и полезна при работе с большими наборами данных.

Алгоритм K-ближайших соседей используется для решения задач классификации. Это простой алгоритм, который хранит все доступные случаи и классифицирует новые случаи большинством голосов своих k соседей. Он может потребовать много места для хранения всех данных.

Неконтролируемое обучение – это класс методов машинного обучения для поиска шаблонов в наборах данных. Данные, переданные неконтролируемому алгоритму, не помечены. То есть даны только входные переменные без выходных переменных. При таком обучении алгоритмы предоставлены самим себе для обнаружения интересующих структур в данных.

Кластеризация K-средних – нахождение группы в данных с количеством категорий, представленных переменной K. Этот алгоритм работает итеративно, чтобы назначить каждую точку данных одной из K групп на основе предоставленных функций. Точки данных сгруппированы на основе сходства признаков. Этот алгоритм используется для поиска групп, которые не были явно помечены в данных.

Карта самоорганизации (SOM) – это искусственная нейронная сеть, основанная на обучении без учителя. Карта самоорганизации может использоваться для обнаружения особенностей, присущих проблеме, по-

этому ее также называют картой самоорганизующейся функции. В картах самоорганизации нейроны помещены в узлах решетки.

Приведем некоторые примеры использования алгоритмов машинного обучения.

Онлайн рекомендации. Машинное обучение позволяет ритейлерам рекомендовать пользователям индивидуальные предложения на основе их предыдущих покупок или активности (поиск Google, Amazon и т.д.).

Лучшее обслуживание клиентов и системы доставки. В компаниях, где время отклика ограничено кадровыми ресурсами, интеллектуальные машины могут расшифровать смысл электронных писем и накладных, чтобы расставить приоритеты для задач, для облегчения нагрузки [3].

Отслеживание изменений цен. Цена розничных товаров имеет тенденцию колебаться в течение определенного периода времени. Машинное обучение помогает компаниям электронной торговли отслеживать закономерности этих колебаний и устанавливать цены в соответствии со спросом [4].

Системы распознавания голоса (Siri, Алиса) используют машинное обучение и глубокие нейронные сети для имитации взаимодействия человека. Далее эти приложения научатся «понимать» нюансы и семантику нашего языка.

Google Maps анализирует скорость трафика с помощью анонимных данных о местоположении со смартфона. Используя такие данные, Google может предложить самые быстрые маршруты. PayPal использует алгоритмы машинного обучения для обнаружения и борьбы с мошенничеством. Внедряя методы глубокого обучения, PayPal может анализировать большое количество данных о клиентах и оценивать риски.

Таким образом, использование машинного обучения всё больше охватывает нашу повседневную жизнь. Мы ежедневно пользуемся благами алгоритмов машинного обучения, которые стали частью нашего существования.

Библиографический список

1. Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Перспективы развития искусственного интеллекта и кибернетики // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2019. № 3-4 (17-18). С. 78-81.

2. Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Технологии искусственного интеллекта в образовании // Преподавание информационных технологий в РФ: Материалы Семнадцатой открытой Всеросс. конф. 2019. С. 335-337.

3. Басаргин В.Я., Зарипова Р.С., Пырнова О.А. Влияние цифровых технологий на урбанизацию // «Цифровая культура открытых городов»: Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Екатеринбург. 2018. С. 13-15.

4. Зарипова Р.С., Галямов Р.Р., Шарифуллина А.Ю. Организация производства в условиях цифровой экономики // Наука Красноярья. 2019. Т.8. № 1-2. С. 20-23.

Информация об авторах

Алемасов Е. П. – студент 1-го курса, Казанский государственный энергетический университет (420141, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, 51), тел.: 8-927-404-0481
Зарипова Р. С. – кандидат технических наук, доцент, Казанский государственный энергетический университет (420141, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: zarim@rambler.ru

Information about the authors

Alemasov E.P. - 1st year student, Kazan State Energy University, (51, Krasnoselskaya str., Kazan, 420141, Republic of Tatarstan, Russia), ph.: 8-927-404-0481
Zaripova R.S. – candidate of technical sciences, associate professor, Kazan State Energy University, (51, Krasnoselskaya str., Kazan, 420141, Republic of Tatarstan, Russia), e-mail: zarim@rambler.ru

УДК 519

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ОБУЧЕНИИ ПОДПРАВЛЕНИЮ МЯЧА В ХОККЕЕ НА ТРАВЕ

А.Л. Гречишников

Курская академия государственной и муниципальной службы

Аннотация: В статье рассматривается математическое моделирование тренировки юных хоккеистов, методы математической статистики, подтверждающие правильность и точность расчёта тренировочных упражнений в обучении навыков подправления мяча в хоккее на траве

Ключевые слова: математическое моделирование, хоккей, тренировка, методика

MATHEMATICAL MODELING IN TRAINING TO CORRECT THE BALL IN FIELD HOCKEY

A.L. Grechishnikov

Kursk Academy of State and Municipal Service

Annotation: The article deals with mathematical modeling of training of young hockey players, methods of mathematical statistics that confirm the correctness and accuracy of calculating training exercises in teaching skills to correct the ball in field hockey

Keywords: mathematical modeling, hockey, training, methodology

Многих начинающих хоккеистов немного пугает то, что в хоккее на траве можно действовать лишь одной стороной клюшки. В настоящее время в практике этого вида спорта широко применяется такой технический прием, как подправление мяча [1]. Он используется игроками для атаки ворот соперника путем изменения направления мяча (летящего или катящегося), направленного партнером. Подправление заключается в своевременном касании мяча крюком клюшки, развёрнутой под соответствующим углом. Эффективность выполнения этого сложного технического приема во многом определяется: точностью движения клюшки по чётко выверенной траектории, выбором правильной позиции, согласованностью действий партнёров. На внезапно изменивший направление мяч вратарю сложно среагировать, поэтому подправление нередко заканчивается взятием ворот [2].

Данный технический элемент требует многократного повторения [5]. В начале обучения все упражнения выполняются в сравнительно невысоком темпе, а затем постепенно темп возрастает. Необходимо разучивать подправление в «двойках», «тройках», «четверках» игре на двое и четверо ворот на ограниченном участке поля [4]. Нельзя забывать и о тестировании молодых игроков во время подготовительного периода (табл. 1,2): в *Тесте № 1* (Бег 20 м. лицом вперёд с клюшкой в руках) в экспериментальной группе на окончание эксперимента, произошёл качественный скачок в сторону улучшения скоростных качеств: начальное тестирование (НТ) - 48,14; итоговое тестирование (ИТ) – 46,89, в контрольной группе, также произошли незначительные улучшения: НТ – 49,64; ИТ – 48,00; *в Тесте № 2* (Челночный бег 4 Х 9 м.) испытуемые экспериментальной группы значительно улучшили свои показатели: НТ – 11,59, ИТ – 10,37. С показателями испытуемых контрольной группы произошли значительные ухудшения: НТ – 11,21, ИТ – 11,81; *Тест № 4* (Обводка 3-х стоек с последующим по воротам заметающим ударом) показал значительный прирост улучшения показателей в экспериментальной группе: НТ – 14,83, ИТ – 13,71 и

© Гречишников А.Л., 2020

явное ухудшение показателей контрольной группы: НТ – 14,88, ИТ – 14,89. Как мы видим по окончании эксперимента все испытуемые экспериментальной группы (табл. 3), значительно улучшили своё функциональное состояние, а в контрольной группе (табл. 4), произошли незначительные изменения к улучшению, но явного прогресса не наблюдается. Делая выводы о результатах эксперимента, следует отметить, что применяемое математическое моделирование оказывает позитивное влияние на общее планирование и реализацию тренировочного процесса.

Результаты научного эксперимента подтвердили, что с помощью применения математического моделирования (ММ) (Графики 1,2,3,4) игровых ситуаций, связанных с подправлением мяча, испытуемые экспериментальной группы в целом, значительно лучше осваивают предложенные упражнения и удельный вес развития навыков подправления мяча, в данной группе значительно выше, что незамедлительно скажется на росте мастерства юных хоккеистов.

Данные полученных тестов, в процессе педагогического эксперимента, подвергались статистической обработке. При обработке результатов с помощью t-критерия Стьюдента были вычислены следующие показатели:

– $\bar{X}$ - средние арифметические величины по каждому показателю тестирования для каждой группы в отдельности.

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \qquad (1)$$

где X - значение отдельного измерения, n - общее число измерений в группе.

– δ - стандартное отклонение.

$$\delta = \frac{X_{max} - X_{min}}{K} \qquad (2)$$

где X_{max} - наибольший показатель, X_{min} - наименьший показатель, K - табличный коэффициент, для 12 испытуемых, который равен 3,26.

– m - стандартная ошибка среднего арифметического значения.

$$m = \frac{\delta}{\sqrt{n-1}}, \text{при } n < 30,$$

$$m = \frac{\delta}{\sqrt{n}}, \text{при } n \geq 30. \qquad (3)$$

– t - средняя ошибка разности.

$$t = \frac{\overline{X_1} - \overline{X_2}}{\sqrt{m_1^2 + m_1^2}} \qquad (4)$$

По вычисленным показателям t и C (C – число степеней свободы.

$$C = n_э + n_к - 2$$

где $n_э$ и $n_к$ – общее число индивидуальных результатов соответственно в экспериментальной и контрольной группах) в таблице определяли число P, которое показывает вероятность разницы между $\overline{X_1}$ и $\overline{X_2}$. Чем больше P, тем менее существенна разница, тем меньше достоверность различий. Достоверными считались различия на 5% уровня значимости. Так для нашего количества испытуемых при $t \geq 2{,}06, P \leq 0{,}05$. При $t \geq 2{,}80, P \leq 0{,}01$ [16].

Для анализа результатов фотограмметрии мы использовали непараметрический метод математической статистики (так как оценивали показатели в баллах) z-критерий Вилкоксона [6]. Этот метод очень удобен при сравнении результатов в одной и той же группе до и после тестирования. Изменения, произошедшие с каждым участником группы, ранжируются. При этом положительные ранги помещаются в одну строку, а отрицательные в другую. Мы получаем две суммы рангов. Чем выше уровень произошедших изменений, тем больше разница между этими суммами. Следовательно, одна сумма большая, а другая маленькая. Именно меньшую сумму происходит сравнение с таблич-

ным показателем достоверности. Если фактически полученная меньшая сумма меньше табличного значения, то говорится о наличии достоверных отличий между двумя измерениями, проведенными на участниках одной группы [5].

В ходе обработки результатов с помощью критерия Вилкоксона, были проведены следующие операции:

- чертёж таблицы;

- внесение в таблицу результаты каждого испытуемого. В верхнюю строку результаты до эксперимента, во вторую строку – результаты после эксперимента;

- вычисление разницы между показателями итогового и предварительного тестирования по каждому испытуемому, при этом, если показатель стал выше, то результат со знаком «+», если результат стал ниже, то результат со знаком «-»;

- проведение ранжирования полученных результатов. При этом ранги определяются по модулю числа (т.е. независимо от знака «+» или «-»). Если показатели до и после эксперимента у одного испытуемого не отличаются друг от друга (т.е. разница равна «0»), то этот испытуемый просто не учитывается в расчетах. Если разница у нескольких испытуемых одинаковая, то и ранг одинаковый, и подсчитывается он следующим образом. Например, у троих испытуемых показатель улучшился на 1 балл. Они занимают с 1-го по 3 место в общем рейтинге. Далее приводятся следующие действия (1+2+3)/3=2. Следовательно, у троих участников ранг одинаков и он равен «2»; суммируются ранги отдельно для отрицательных значений разницы и отдельно для положительных значений;

- сумма всех рангов проверяется по формуле n(n + 1)/2;

- высчитывается табличный критерий z [6];

- Сравнивается наименьшая сумма рангов с табличным значением критерия z.

Разница между показателями группы до и после эксперимента считается достоверной, если меньшая сумма рангов, полученная в расчетах, окажется меньше табличного критерия z.

Для 12 испытуемых табличный критерий z равен 15, если говорить о достоверности на 5-% - ном уровне значимости, и равен 8, если говорить о 1% - ном уровне значимости.

На основании таблиц 1, 2, 3 и 4, очевидно, что абсолютно все участники экспериментальной группы улучшили свои показатели, в то время как испытуемые контрольной группы ненамного улучшили или совсем не прогрессировали в данном направлении. Об этом свидетельствуют графики тестов проводимых в обеих группах.

Таблица 1

Анализ результатов предварительного и итогового тестирования юных хоккеистов в экспериментальной группе (9 – 11 лет)

Тест	До эксперимента, X±m	После эксперимента, X±m	t	p
Бег 20 м лицом вперёд (с.)	**48,14±0,3**	**46,89±0,4**	**1,0**	**<0,04**
Челночный бег 4х9 м (с.)	**11,59±0,6**	**10,37±0,4**	**1,2**	**<0,06**
Обводка 3-х стоек с последующим по воротам, заметающим ударом	**14,83±0,19**	**13,71±0,18**	**1,1**	**<0,05**

Таблица 2

Анализ результатов предварительного и итогового тестирования юных хоккеистов в контрольной группе (9 – 11 лет)

Тест	До эксперимента, X±m	После эксперимента, X±m	t	p
Бег 20 м лицом вперёд (с.)	**49,64±0,2**	**48±0,2**	**0,3**	**<0,1**
Челночный бег 4х9 м (с.)	**11,21±0,7**	**11,81±0,6**	**0,7**	**<0,6**
Обводка 3-х стоек с последующим по воротам, заметающим ударом	**14,88±0,21**	**14,89±0,24**	**0**	**<0,01**

Таблица 3

Изменение КС в экспериментальной группе (n = 12)

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Общее функциональное состояние в экспериментальной группе (ЭГ)												
до	50	50	55	55	50	50	50	51	43	50	40	45
после	60	65	70	60	70	70	70	65	73	75	70	65
Определение достоверности изменений с помощью критерия Вилкоксона												
разница	10	15	15	5	20	10	20	14	30	25	30	20
модуль	10	15	15	5	20	10	20	14	30	25	30	20
ранги	5	10	10	1	12	5	5	5	5	10	5	5
сумма рангов (-)												
сумма рангов (+)	78											
z = 15 (при p = 0,05), z = 8 (при p = 0,01) 0 < 5, следовательно p < 0,01												

По критерию Вилкоксона (Б.А. Ашмарин, 1978).

Таблица 4

Изменение КС в контрольной группе (n = 12)

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Общее функциональное состояние в контрольной группе												
до	50	50	55	55	50	60	55	55	65	60	60	55
после	60	65	60	60	55	60	65	65	75	65	70	65
Определение достоверности изменений с помощью критерия Вилкоксона												
разница	10	5	5	5	5	0	10	10	10	5	10	10
модуль	10	5	5	5	5	0	10	10	10	5	10	10
ранги	5	10	10	1	12	5	5	5	5	10	5	5
сумма рангов (-)												
сумма рангов(+)	78											
z = 15 (при p = 0,05), z = 8 (при p = 0,01) 0 < 5, следовательно p < 0,01												

По критерию Вилкоксона (Б.А. Ашмарин, 1978).

Результаты научного эксперимента подтвердили правильность гипотезы о том, что: дальнейшее развитие навыков подправлению мяча у юных игроков в хоккей на траве будет эффективным если:

– на каждом тренировочном занятии (уроке) развитию навыков подправлению мяча будет отводиться 12-15 минут;

– специализированные упражнения (СУ) для развития навыков подправлению мяча у юных игроков в хоккей на траве, будут применяться в основной части тренировочного занятия (урока);

– в специализированных упражнениях (СУ) будет содержаться элемент новизны.

Методы математического моделирования научно подтвердили достоверность развития навыков в обучении подправлению мяча в хоккее на траве у юных игроков в проведённом тестировании и спортивно - игровых мероприятиях.

Библиографический список

1. Федотова Е.В. Азбука хоккея на траве / Федотова Е.В. – М: Издательство ФХТР, 2009. – 315 с.

2. Федотова Е.В. Многолетняя подготовка юных спортсменов в хоккее на траве/ Федотова Е.В. - М: Издательство ФХТР, 2001.- 261 с.

3. Железняк Ю.Д. Спортивные игры: Совершенствование спортивного мастерства / Ю.Д. Железняк, Ю.М. Портнов, В.П.Савин. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 400 с.

4. Михалёв С.М. Тренер золотой мечты / С.М. Михалёв. – М.: Издательство «Эксмо», 2008. – 426 с.

5. Воробьёв В.Г. Богатыри земли Курской / В.Г. Воробьёв. – Курск. – МУ «Издательский центр «ЮМЭКС», 2009. – 104 с.

Информация об авторе

Гречишников А. Л. – старший преподаватель, заведующий кафедрой физической культуры, Курская академия государственной и муниципальной службы (305044, Россия, г. Курск, улица Станционная, 9), e-mail: kigms-fks@yandex.ru

Information about the author

Grechishnikov A.L. – senior teacher, head of the Department of physical culture, Kursk academy of state and municipal service (9, Stationnaya str., Kursk, 305044, Russia), e-mail: kigms-fks@yandex.ru

УДК 517.22

ТЕОРЕМЫ КОШИ И ЛАГРАНЖА О СРЕДНЕМ ЗНАЧЕНИИ

А.И. Глушков

Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова (Воронежский филиал)

Аннотация: Как правило, и теорема Лагранжа, и теорема Коши доказываются через теорему Ролля. Иногда доказывают теорему Лагранжа с использованием интегральной теоремы о среднем значении и с использованием формулы Ньютона-Лейбница. В статье рассмотрены доказательства теоремы Лагранжа и теоремы Коши о среднем значении без использования теоремы Ролля и без использования определённого интеграла

Ключевые слова: теорема Лагранжа, теорема Коши, теорема Ролля, формула Ньютона-Лейбница, среднее значение, вспомогательная функция, наименьшее и наибольшее значения функции

CAUCHY AND LAGRANGE MEAN VALUE THEOREMS

A.I. Glushkov

Russian University of Economics named after G.V. Plekhanov (Voronezh branch)

Abstract: As a rule, both Lagrange's theorem and Cauchy's theorem are proved through Rolle's theorem. Sometimes the Lagrange theorem is proved using the integral mean value theorem and using the Newton-Leibniz formula. The article considers the proofs of the Lagrange theorem and Cauchy's mean value theorem without using the Rolle theorem and without using a definite integral

Keywords: Lagrange's theorem, Cauchy's theorem, Rolle's theorem, Newton - Leibniz formula mean value, auxiliary function, smallest and largest values of the function

Теорема Лагранжа о среднем значении имеет множество приложений в математическом анализе, вычислительной математике, экономике и других областях. ма утверждает, что если функция $y = f(x)$ непрерывна на отрезке $[a; b]$ и дифференцируема в каждой внутренней точке интервала $(a; b)$, то в этом интервале существует хотя бы одна точка $x = c$, такая, что $f(b) - f(a) = f'(c) \cdot (b - a)$.

Данная теорема называется также формулой конечных приращений, поскольку она выражает приращение функции на отрезке через значение производной в промежуточной точке этого отрезка. Как правило, эта теорема доказывается через теорему Ролля или является следствием теоремы Коши, доказательство которой также опирается на теорему Ролля. Теорема Ролля утверждает, что любая действительная дифференцируемая функция, принимающая одинаковые значения на концах интервала, должна иметь в этом интервале хотя бы одну стационарную точку, т.е. точку, в которой первая производная равна нулю.

Для доказательства теоремы Лагранжа обычно вводится вспомогательная функция, которая удовлетворяет всем условиям теоремы Ролля [1, 4]. В качестве вспомогательной функции можно взять одну из функций $F(x) = f(x) - \frac{f(b)-f(a)}{b-a} \cdot x$ [2] или $F(x) = f(x) - f(a) - \frac{f(b)-f(a)}{b-a} \cdot (x - a)$ [1, 4]. Также в качестве таких функций можно взять функции

$$F(x) = f(x) - \frac{f(b) - f(a)}{b - a} \cdot (x - a),$$

© Глушков А.И., 2020

$$F(x) = f(x) - f(a) - \frac{f(b)-f(a)}{b-a} \cdot x.$$

Каждая из данных функций $F(x)$ непрерывна на отрезке $[a; b]$, дифференцируема на интервале $(a; b)$ и имеет производную $F'(x) = f'(x) - \frac{f(b)-f(a)}{b-a}$. Кроме того она принимает одинаковые значения на концах отрезка $[a; b]$. Следовательно, для неё выполнены все условия теоремы Ролля. Тогда в интервале $(a; b)$ существует точка c такая, что $F'(c) = 0$. Отсюда следует, что $F'(c) = f'(c) - \frac{f(b)-f(a)}{b-a} = 0$, $f'(c) = \frac{f(b)-f(a)}{b-a}$, $f(b) - f(a) = f'(c) \cdot (b - a)$.

В некоторых учебниках по математическому анализу сначала доказывается теорема Коши, в частности в [3], утверждающая, что если функции $y = f(x)$ и $y = g(x)$ непрерывны на отрезке $[a; b]$ и дифференцируемы в каждой внутренней точке интервала $(a; b)$, причём $g'(x) \neq 0$, тогда на интервале $(a; b)$ найдётся по крайней мере одна точка $x = c$, такая, что $\frac{f(b)-f(a)}{g(b)-g(a}) = \frac{f'(c)}{g'(c)}$. Данная теорема доказывается аналогично теореме Лагранжа с помощью ввода вспомогательной функции, например, $F(x) = f(x) - f(a) - \frac{f(b)-f(a)}{g(b)-g(a)} \cdot (g(x) - g(a))$ [1, 4]. Предварительно доказав, что $g(a) \neq g(b)$, показывают, что введённая функция удовлетворяет всем условиям теоремы Ролля, т. е., существует такая точка c, что $F'(c) = 0$. Так как $F'(x) = f'(x) - \frac{f(b)-f(a)}{g(b)-g(a)} g'(x)$, то $F'(c) = f'(c) - \frac{f(b)-f(a)}{g(b)-g(a)} g'(c) = 0$, $\frac{f(b)-f(a)}{g(b)-g(a}) = \frac{f'(c)}{g'(c)}$.

В частном случае, когда значения функции $y = f(x)$ на концах ка $[a; b]$ равны, т.е., $f(a) = f(b)$, из теоремы Лагранжа вытекает, что на интервале $(a; b)$ найдётся хотя бы одна точка $x = c$, такая, что $f(b) - f(a) = f'(c) \cdot (b - a) = 0$, $f'(c) = 0$. Мы получаем теорему Ролля, которую можно рассматривать как частный случай теоремы Лагранжа, т.е., теорема Лагранжа является обобщением теоремы Ролля.

Аналогично, теорема Лагранжа является частным случаем теоремы Коши при $g(x) = x$. В свою очередь теорема Ролля представляет собой частный случай теоремы Лагранжа. Таким образом, теорема Коши включает в себя в качестве частных случаев теорему Ролля и теорему Лагранжа. Поэтому, если доказать теорему Коши, без использования теоремы Ролля, то теоремы Лагранжа и Ролля будут следствиями данной теоремы.

Теорему Лагранжа также можно получить, используя интегральную теорему о среднем и формулу Ньютона-Лейбница. [4]. Теорема о среднем утверждает**,** что если функция $y = f(x)$ непрерывна на ке $[a; b]$, то на этом отрезке существует такая точка c, что справедлива формула $\int_a^b f(x)dx = f(c) \cdot (b - a)$, причём $f(c) = \frac{1}{b-a} \cdot \int_a^b f(x)dx$. Тогда, применяя формулу Ньютона-Лейбница и данную теорему, получаем $\int_a^b f'(x)dx = f(b) - f(a) = f'(c) \cdot (b - a)$.

Таким образом, $f(b) - f(a) = f'(c) \cdot (b - a)$, где $f(x)$ - функция непрерывная на отрезке $[a, b]$ и дифференцируемая в каждой внутренней точке интервала $(a; b)$. Но теорема Лагранжа относится к дифференциальному исчислению и используется при доказательстве многих теорем дифференциального исчисления, например, с помощью теоремы Лагранжа, достаточно легко получить достаточный признак монотонности функции. Также используя теорему Лагранжа, можно получить формулу Ньютона-Лейбница, не используя свойства определённого интеграла и не применяя интеграл с переменным верхним пределом, который не изучается в средних школах и в колледжах в связи с сокращением часов на изучение математики. Как правило, доказательства свойств определённого интеграла проводятся на основе его определения, т.е., свойств конечных сумм и свойств пределов и не представляют сложности. Но если вывести формулу Ньютона - Лейбница с помощью формулы Лагранжа, то тогда легко доказать свойства определённого интеграла с исполь-

зованием формулы Ньютона–Лейбница.

Докажем теорему Коши без использования теоремы Ролля, которая будет следствием формулы конечных приращений.

Как и при использовании при доказательстве теоремы Ролля, также рассмотрим вспомогательную функцию $F(x) = (f(x) - f(a) - \frac{f(b)-f(a)}{g(b)-g(a)} \cdot (g(x) - g(a)))^2$. При доказательстве с использованием теоремы Ролля вводилась функция $F(x) = f(x) - f(a) - \frac{f(b)-f(a)}{g(b)-g(a)} \cdot (g(x) - g(a))$.

Её производная имеет вид

$$F'(x) = 2 \cdot (f(x) - f(a) - \frac{f(b)-f(a)}{g(b)-g(a)} \cdot \cdot \big(g(x) - g(a)\big)) \cdot (f'(x) - \frac{f(b) - f(a)}{g(b) - g(a)} g'(x)).$$

Для любого $x\epsilon[a; b]$ справедливо неравенство $F(x) \geq 0$, причём $F(a) = F(b) = 0$. Функция $F(x)$ непрерывна на отрезке $[a; b]$. Значит, по второй теореме Вейерштрасса о максимуме и минимуме непрерывной функции, она достигает на нём своих нижней и верхней граней, то есть, достигает на отрезке своего наименьшего и наибольшего значений. Наименьшее и наибольшее значения функцией достигаются на концах отрезка или в точках экстремума. Если функция $F(x)$ имеет на данном отрезке точки экстремума, то производная функции в этих точках равна нулю, так как функция имеет производную в каждой точке интервала $(a; b)$.

Так как $F(x) \geq 0$, то $\min_{[a;b]} F(x) = 0$ и достигается он на концах отрезка, поскольку $F(a) = F(b) = 0$. Если $F(x) = const$, то $F(x) = 0$ (это следует из условия $F(a) = F(b) = 0$) для любого $x\epsilon[a; b]$. Следовательно, если $F(x)$ является константой на данном отрезке, то функция принимает нулевые значения, т. е., для любого $x\epsilon[a; b]$ справедливо $F(x) = 0$.

В этом случае имеем $F(x) = (f(x) - f(a) - \frac{f(b)-f(a)}{g(b)-g(a)} \cdot (g(x) - g(a)))^2 = 0$,

$f(x) - f(a) - \frac{f(b)-f(a)}{g(b)-g(a)} \cdot \big(g(x) - g(a)\big) = 0$,

$f(x) - f(a) = \frac{f(b)-f(a)}{g(b)-g(a)} \cdot \big(g(x) - g(a)\big)$, $f'(x) = \frac{f(b)-f(a)}{g(b)-g(a)} \cdot g'(x)$, $f'(c) = \frac{f(b)-f(a)}{g(b)-g(a)} \cdot g'(c)$, $\frac{f(b)-f(a)}{g(b)-g(a)}) = \frac{f'(c)}{g'(c)}$ для любого $c\epsilon(a; b)$.

Если есть такие значения $x\epsilon[a; b]$, для которых $F(x) \neq 0$, то тогда данная функция достигает своего наименьшего значения на концах отрезка, а наибольшего значения в какой то внутренней точке c, которая будет точкой положительного максимума, т.е., $\min_{[a;b]} F(x) = F(a) = F(b) = 0, \max_{[a;b]} F(x) = F(c) > 0$, т. е., $(f(c) - f(a) - \frac{f(b)-f(a)}{g(b)-g(a)} \cdot (g(c) - g(a)))^2 > 0$, $f(c) - f(a) - \frac{f(b)-f(a)}{g(b)-g(a)} \cdot (g(c) - g(a)) > 0$.

Найдём этот максимум. $F'(x) = 2 \cdot (f(x) - f(a) - \frac{f(b)-f(a)}{g(b)-g(a)} \cdot \big(g(x) - g(a)\big)) \cdot (f'(x) - \frac{f(b)-f(a)}{g(b)-g(a)} g'(x))$. $F'(c) = 2 \cdot \left(f(c) - f(a) - \frac{f(b)-f(a)}{g(b)-g(a)} \cdot \big(g(c) - g(a)\big)\right) \cdot \left(f'(c) - \frac{f(b)-f(a)}{g(b)-g(a)} g'(c)\right) = 0$. Поскольку $f(c) - f(a) - \frac{f(b)-f(a)}{g(b)-g(a)} \cdot \big(g(c) - g(a)\big) > 0$, то $f'(c) - \frac{f(b)-f(a)}{g(b)-g(a)} g'(c) = 0$, $\frac{f(b)-f(a)}{g(b)-g(a)}) = \frac{f\prime(c)}{g\prime(c)}$.

Аналогично можно доказать теорему Лагранжа, без использования теоремы Ролля, рассмотрев функцию $F(x) = (f(x) - g(x))^2$, где $g(x) = k \cdot x + l$ – уравнение секущей (хорды), проходящей через точки $(a; f(a))$ и $(b; f(b))$. Здесь $k = \frac{f(b)-f(a)}{b-a}$, $l = f(a) - k \cdot a$, т. е., $g(x) = f(x) - f(a) - \frac{f(b)-f(a)}{b-a} \cdot (x - a)$.

$F(x) \geq 0$ для любого $x\epsilon[a; b]$, причём $F(a) = F(b) = 0$. Если функция $F(x)$ принимает на отрезке $[a; b]$ постоянные значения, то в этом случае $F(x) = 0$ для любого $x\epsilon[a; b]$.

Действительно, пусть $F(x) = C$. Тогда $(f(x) - g(x))^2 = C$, $f(x) - g(x) = d$, где $d = \pm\sqrt{C}$. $f(x) = g(x) + d = k \cdot x + l + d$. Таким образом, $F(x)$ принимает на отрезке $[a; b]$ постоянные значения, если $f(x) -$ линейная функция. Так как $f(x)$ и $g(x)$ имеют две общие точки, то $f(x) = g(x)$. Получили,

что если $F(x) = C$ для любого $x\epsilon[a; b]$, то $f(x) = g(x)$. В этом случае $f'(x) = g'(x) = (k \cdot x + l)' = k$. Значит для любого $c\epsilon(a; b)$ справедливо $f'(c) = k = \frac{f(b)-f(a)}{b-a}$. Получаем, что если $f(x)$ – линейная функция ($f(x) = const$ – частный случай линейной функции), то $f'(c) = \frac{f(b)-f(a)}{b-a}$ будет выполняться для любого $c\epsilon(a; b)$.

Пусть $F(x)$ не является константой на данном промежутке. В этом случае функция достигает своего наибольшего и наименьшего значения на отрезке $[a; b]$. Поскольку $F(x) \geq 0$, то $\min_{[a;b]} F(x) = 0$ и достигается он на концах отрезка, так как $F(a) = F(b) = 0$. Наибольшее значение в этом случае достигается хотя бы в одной внутренней точке максимума c, причём $F'(c) = 0$ и $F(c) \neq 0$, иначе функция будет константой, т. е., $F(c) = (f(c) - g(c))^2 \neq 0$, $f(c) - g(c) \neq 0$.

Так как $F'(x) = 2 \cdot \big(f(x) - g(x)\big) \cdot \big(f'(x) - g'(x)\big) = 2 \cdot \big(f(x) - g(x)\big) \cdot (f'(x) - k)$, то $F'(c) = 2 \cdot \big(f(c) - g(c)\big) \cdot (f'(c) - k) = 0$, $f'(c) - k = 0$, $f'(c) = k = \frac{f(b)-f(a)}{b-a}$.

В заключение покажем, как при изучении теоремы Лагранжа на занятиях со студентами, используя информационные технологии, можно увеличить наглядность данной теоремы. На сегодняшний день существует огромное количество учебных программных продуктов, которые автоматически решают многие задачи. Такие программы нужны, чтобы наглядно показать различные процессы и явления, особенно физические, которые нельзя продемонстрировать без компьютерного моделирования. Но при изучении математики компьютерное моделирование должно помогать развитию творческих способностей учащихся, способствовать обучению новым профессиональным навыкам и умениям, развитию логического мышления. Так как в математике при установлении фактов важное значение имеют наблюдения и визуальное исследование, неполная индукция и логическое мышление, то всё перечисленное можно реализовать, если взять не готовую модель, а смоделировать данный процесс, составив алгоритм с помощью простейших программных продуктов.

Рассмотрим элементарную функцию $f(x) = x^3$ на промежутке $[a; b]$. Покажем, что для данной функции $f(x) = x^3$ в интервале $(a; b)$ найдётся хотя бы одна такая точка c, что будет справедливо равенство $f'(c) = \frac{f(b)-f(a)}{b-a}$.

Решаем сначала задачу аналитически. Функция непрерывна и дифференцируема в каждой внутренней точке интервала $(a; b)$ и удовлетворяет всем условиям теоремы Лагранжа. Значит существует по крайней мере хотя бы одна внутренняя точка c промежутка $[a; b]$ такая, что $f'(c) = \frac{f(b)-f(a)}{b-a}$. Найдём эту точку. Вычисляем значение выражения $\frac{f(b)-f(a)}{b-a} = \frac{b^3-a^3}{b-a} = \frac{(b-a)\cdot((b^2+a\cdot b+a^3)}{b-a} = b^2 + a \cdot b + a^2$. Так как $f'(x) = 3 \cdot x^2$, то $3 \cdot c^2 = b^2 + a \cdot b + a^2$, $c = \pm\sqrt{\frac{b^2+a\cdot b+a^2}{3}}$. Если, например, взять $a = 0;\ b = \sqrt{3}$, то получим $\frac{f(b)-f(a)}{b-a} = 3;\ c = \pm\sqrt{\frac{b^2+a\cdot b+a^2}{3}} = \pm\sqrt{\frac{3}{3}} = \pm 1$. Так как $c\epsilon(0; \sqrt{3})$, то $c = 1$.

Составим компьютерную модель данной задачи, например, с помощью электронных таблиц Excel, предварительно проверив аналитически, что данная функция удовлетворяет всем условиям теоремы Лагранжа. В ячейки рабочего листа A1 и A2 введём какие –либо значения для a и b, например, $a = 0$, $b = \sqrt{3}$ (в A1 вводим 0, в A2 формулу: =КОРЕНЬ(3)). Введём в ячейку A3 произвольное значение c из интервала, например, $c = 1{,}5$. Введём в ячейку B1 формулу правой части заданной функциональной зависимости, делая ссылку на ячейку A1, где будет находиться значение a: =A1^3. Скопируем ячейку B1 в ячейки B2 и B3. В ячейку C1 вводим формулу =(B2-B1)/(A2-A1) и найдём таким образом значение выражения $\frac{f(b)-f(a)}{b-a}$. Для значений $a = 0$, $b = \sqrt{3}$, значение ячейки C1 будет равно 3.

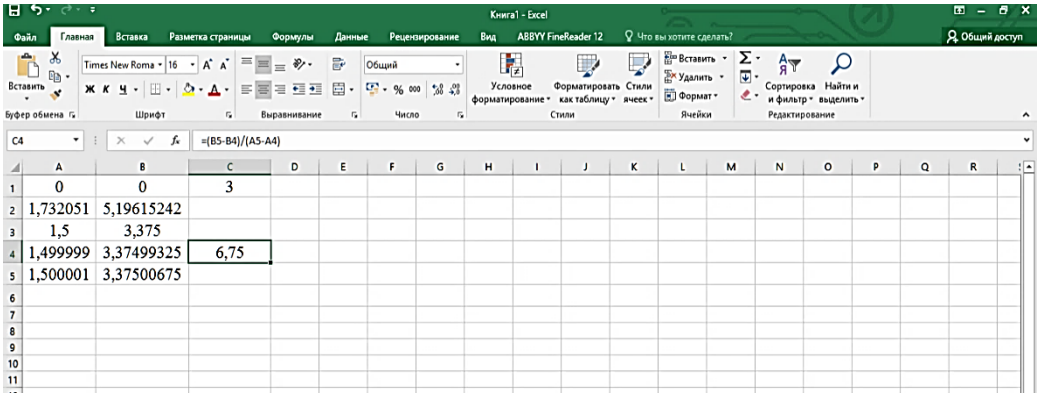


Рис. 1. Компьютерная модель задачи

Для нахождения нужной точки c, где $f'(c) = \frac{f(b)-f(a)}{b-a}$, сначала вычислим значение производной в произвольной точке c из интервала $(a; b)$ (в нашем примере мы взяли $c = 1{,}5$), а затем с помощью надстройки «Подбор параметра» подберём такое значение, при котором производная в этой точке будет равна $\frac{f(b)-f(a)}{b-a}$. В нашем примере $f'(c) = 3$ (значение ячейки C1). Зададим окрестность точки c достаточно малого размера, например, значение слева от c возьмём равным $c - 0{,}0000001$, а значение справа равным $c + 0{,}0000001$ и введём эти значения в ячейки A4 и A5 соответственно, т. е., вводим формулы =A3-0,0000001 и =A3+0,0000001. Скопируем ячейку B3 в ячейки B4 и B5 и получим значения функции в точках $c - 0{,}0000001$ и $c + 0{,}0000001$. Копируя значение ячейки C1 в ячейку C4, получаем значение производной в точке $c = 1{,}5$. В ячейке C4 будет значение 6,75. Действительно, $f'(1{,}5) = 3 \cdot 1{,}5^2 = 6{,}75$. С помощью надстройки «Подбор параметра», меняя значение ячейки A3, подберём его таким, чтобы значение ячейки C4 стало равным 3.

Если будет меняться значение ячейки A3, тот будут меняться и значения ячеек A4 и A5, т. е. мы подберём такую точку c с окрестностью из интервала $(0; \sqrt{3})$, что $\frac{\Delta y}{\Delta x} \to 3$, $f'(c) = 3$.

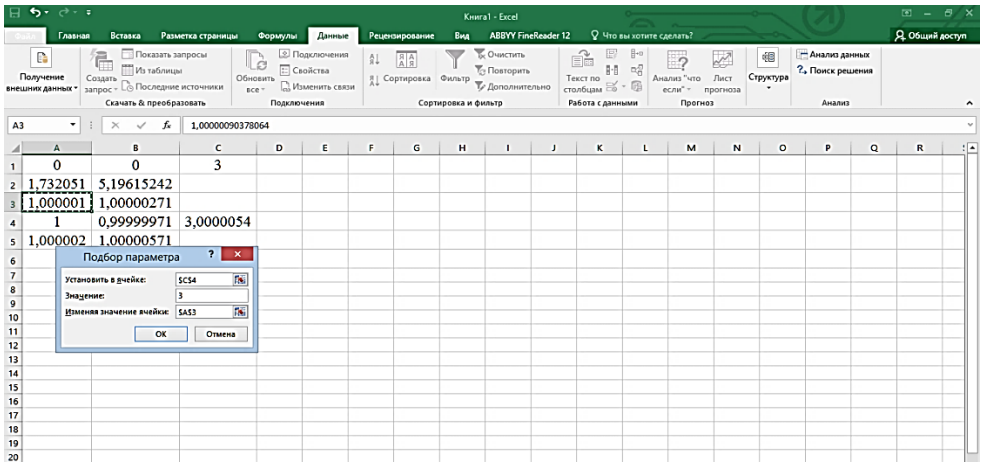


Рис. 2. Подбор параметра

Получаем, что, $f'(c) = 3$ при $c = 1$. Результат совпал с аналитическим решением. Меняя содержимое исходных ячеек, т.е., промежуток, с помощью этой модели будем находить другие точки c. Можно поменять функцию и проверить справедливость теоремы Лагранжа для этой функции. Также при моделировании теоремы Лагранжа потребовалась моделирование нахождения производной функции в заданной точке, что

является неотъемлемой частью целостного математического образовательного процесса.

Библиографический список

1. Ильин В. А., Позняк Э. Г. Основы математического анализа: В 2-х ч. Часть I: Учеб. Для вузов. - 7-е изд. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 648 с. - (Курс высшей математики и математической физики).

2. Кудрявцев Л. Д. Краткий курс математического анализа. Т. 1. Дифференциальное и интегральное исчисления функций одной переменной. Ряды: Учебник. - 4-е изд., перераб. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2015. - 444 с.

3. Никольский СМ. Курс математического анализа: Учебник для вузов. - 6-е изд., стереотип. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. - 592 с.

4. Фихтенгольц Г. М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. В 3 т. Т. I / Пред. и прим. А.А. Флоринского. - 8-е изд. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 680 с.

5. https://vipetroff.livejournal.com/5015.html

Информация об авторе

Глушков А.И. – преподаватель математики и естествознания, Воронежский филиал Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова (394030, Россия, г. Воронеж, ул. Карла Маркса, 67А), e-mail: glushkov_alex_1965@mail.ru

Information about the author

Glushkov A.I. - teacher of mathematics and natural science, Voronezh branch of the Plekhanov Russian University of Economics (67A, Karl Marx str., Voronezh, 394030, Russia),
e-mail: glushkov_alex_1965@mail.ru

УДК 621.43.068

СОВРЕМЕННЫЕ ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

О.А. Калачёва, С.А. Прицепова

Ростовский государственный университет путей сообщения (Воронежский филиал)

Аннотация: Политика экологической безопасности от таких вредных источников реализуется путем проведения комплекса мер, направленных на недопущение их роста против установленных по каждому из них допускаемых норм, путем создания и внедрения конструкций и технических средств, позволяющих повысить уровень защиты окружающей среды, и снижения степени ее загрязнения. Краткосрочная экологическая опасность возникает в аварийных ситуациях, которые могут повлечь за собой вред окружающей среде и нарушения жизнедеятельности людей

Ключевые слова: экологическая безопасность, железнодорожный транспорт, шум, вибрация, электромагнитное излучение, загрязнение нефтепродуктами, сход с рельсов

CURRENT ECOLOGICAL SAFETY ISSUES IN RAILWAY TRANSPORT

O.A. Kalacheva, S.A. Pritsepova

Rostov state transport university (Voronezh branch)

Abstract: The environmental safety policy against such harmful sources is implemented through a set of measures aimed at preventing their growth against the permissible standards established for each of them, through the creation and implementation of structures and technical means to increase the level of environmental protection and reduce its pollution. Short-term environmental hazards arise in emergency situations that can cause environmental damage and disruption to human life

Keywords: environmental safety, railway transport, noise, vibration, electromagnetic radiation, oil pollution, derailment

Железнодорожный транспорт оказал неоценимые услуги человечеству. Однако, функционирование железнодорожного транспорта, как и других видов транспорта, сопровождается значительным негативным воздействием на природу. Выражается это в загрязнении атмосферы, водных бассейнов и земли, изменении химического состава почв, образовании производственных отходов, шламов, замазученного грунта, котельных шлаков, в создании высоких уровней шума и вибрации, в уменьшении урожайности сельскохозяйственных культур и, наконец в ухудшении здоровья, росте травматизма и

© Калачёва О.А., Прицепова С.А., 2020

гибели людей, животного и растительного мира, в нанесении большого материального ущерба.

По продолжительности периода негативного воздействия железнодорожного транспорта на природу различают два вида экологической опасности: постоянно присутствующую и краткосрочную [1].

Постоянно присутствующая экологическая опасность является следствием функционирования железнодорожного транспорта, когда уровень загрязнения воздуха, воды и земли превышает естественный уровень. К таким источникам относятся:

- загрязнение воздуха выбросами котельных, тепловозов и других транспортных средств;

- загрязнение воздуха многими производственными процессами, в том числе шпалопропиточным, лакокрасочным, сварочным и др.

- загрязнение территорий нефтепродуктами, а также остатками перевозимых грузов и отходов производства;

- шум и вибрация от движения поездов, путевых машин и производственного оборудования;

- электромагнитное излучение от воздушных линий электропередач, открытых распределительных устройств, термических цехов;

- ионизирующее излучение при перевозке радиоактивных грузов и строительных материалов с повышенным уровнем радиации.

Перечисленные источники можно уменьшить, но устранить нельзя. Политика экологической безопасности от таких вредных источников реализуется путем проведения комплекса мер, направленных на недопущение их роста против установленных по каждому из них допускаемых норм, путем создания и внедрения конструкций и технических средств, позволяющих повысить уровень защиты окружающей среды, и снижения степени ее загрязнения.

Краткосрочная экологическая опасность возникает в аварийных ситуациях, которые могут повлечь за собой вред окружающей среде и нарушения жизнедеятельности людей [3].

На железнодорожном транспорте наиболее тяжелые последствия приносят аварийные происшествия при перевозке опасных грузов. Аварийные случаи с опасными грузами подразделяются на инциденты и аварийные происшествия. К инцидентам относятся случаи утечки, просыпания опасного вещества, повреждения тары или подвижного состава с таким грузом. К аварийным происшествиям относятся крушения, аварии, случаи схода с рельсов или столкновений подвижного состава, если хотя бы в одном вагоне находился опасный груз. При аварийных происшествиях особая опасность возникает, когда вагоны или тара, загруженные такими веществами, разрушаются. Создается прямая угроза природной среде, намного усложняются работы по ликвидации последствий. Каждое происшествие с опасным грузом создает риск его перерастания в более опасную ситуацию, которая может привести к ущербу, соизмеримому с ущербом от десятков происшествий без наличия опасных грузов. В основу решения этой важнейшей задачи положены следующие основные принципы:

- приоритет вопросов по проблемам безопасности;

- надежность и устойчивость технических средств, обустройств и технологий;

- участие работников железнодорожного транспорта в мероприятиях по обеспечению производственной безопасности;

- непрерывность обучения и повышения квалификации в области предупреждения аварий;

- готовность сил и средств к ликвидации последствий возможных аварийных ситуаций с наименьшими потерями и издержками;

- неотвратимость ответственности за невыполнение законов и иных нормативных актов, регулирующих вопросы безопасности.

При ликвидации чрезвычайных ситуаций с опасными грузами ОАО «Россий-

ские железные дороги» в пределах своих технических возможностей решает следующие задачи:

- осуществляет доставку сил и средств в зону происшедшего случая;
- восстанавливает движение поездов;
- предоставляет подвижной состав для перегруза (перекачки) грузов;
- производит очистку зоны чрезвычайных ситуаций от неисправного и поврежденного подвижного состава и загрязнения местности.

В более сложных условиях, когда последствия не могут быть устранены силами железных дорог, ликвидацию чрезвычайных ситуаций с опасными грузами осуществляет МЧС России своими силами и средствами с привлечением при необходимости аварийно-спасательных команд других министерств и ведомств. Самым надежным заслоном аварийности при перевозке опасных грузов являются постоянно обновляемые знания и неукоснительное выполнение причастными к этой проблеме правил, инструкций, технологических процессов и обеспечение безопасности движения в целом [2]. При выполнении работы были использованы материалы исследований [4-20].

Тщательное расследование причин происшествия – это диагностика «заболевания» в перевозочном процессе. При расследовании необходимо тщательно проверить состояние всех технических средств на данном участке, правильность действий работников и содержание документов, имеющих отношение к происшествию. Материалы служебного расследования нарушений безопасности движения должны иметь достаточно глубокую информацию, от которой во многом будет зависеть определение первопричины случившегося и качество разрабатываемых мер по предупреждению повторяемости нарушений. Необходимо выявлять упущения и ошибки непосредственных виновных работников, а также и тех, которые не устранили своевременно предпосылки к крушению или иному происшествию. В предупреждении аварийности важное место занимает информация всех железнодорожников, связанных с движением поездов, о случившихся ЧП и о мерах по их предупреждению.

Библиографический список

1. Прицепова С.А., Калачева О.А. Системный подход к проблеме безопасности труда. – Естественные и технические науки.- 2012.- № 6(62) – С.608-612.

2. Калачева О.А., Прицепова С.А. Проблемы воздействия подвижного состава железнодорожного комплекса на окружающую среду - Естественные и технические науки – 2012 - № 6 (62) – С. 129-136.

3. Прицепова С.А., Калачева О.А. Производственный травматизм. Разновидность, расследование учет – Естественные и технические науки - 2013 - № 1(63). – С. 393-398

4. Звягинцева, А.В. Исследование неорганизованных выбросов пыли и газов в атмосферу при взрывных работах на карьерах горно-обогатительных комбинатов / А.В. Звягинцева, С.А. Сазонова, В.В. Кульнева // В сборнике: Комплексные проблемы техносферной безопасности Материалы V Международной научно-практической конференции. - 2019. - С. 302-312.

5. Звягинцева, А.В. Разработка мероприятий по сокращению пылегазовыделения на карьерах горно-обогатительного комбината / А.В. Звягинцева, С.А. Сазонова, В.В. Кульнева // В сборнике: Комплексные проблемы техносферной безопасности Материалы V Международной научно-практической конференции. - 2019. - С. 268-275.

6. Звягинцева, А.В. Совершенствование мероприятий по улучшению условий труда на горно-обогатительном комбинате / А.В. Звягинцева, С.А. Сазонова, В.В. Кульнева // В сборнике: Комплексные проблемы техносферной безопасности Материалы V Международной научно-практической конференции. -2019.-С.239-247.

7. Звягинцева, А.В. Анализ процесса переработки ртутьсодержащих отходов и разработка природоохранных мероприятий / А.В. Звягинцева, С.А. Сазонова, В.В. Кульнева // Моделирование систем и процессов. - 2019. - Т. 12. - № 4. - С. 24-30.

8. Звягинцева, А.В. Расчет образования ртутьсодержащих отходов и разработка мероприятий по охране и рациональному использованию водных ресурсов / А.В. Звягинцева, С.А.

Сазонова, В.В. Кульнева // Моделирование систем и процессов. - 2019. - Т. 12. - № 4. - С.30-36.

9. Кульнева, В.В. Синергизм при загрязнении воздуха городской среды на фоне неблагоприятных метеорологических условий / В.В. Кульнева, А.В. Звягинцева // Современные тенденции развития гидрометеорологии в России: материалы II Всерос. науч.-практ. конференции. - Иркутск: Из-во ИГУ, 2019. - С. 587-591.

10. Звягинцева, А.В. Экологический мониторинг опасных гидрологических явлений / А.В. Звягинцева, В.В. Кульнев, В.В. Кульнева // International academy of ecology, man and nature protection sciences Ecology and development of Society. - 2018. - № 3(26). - С. 62- 66.

11. Звягинцева, А.В. Математическая модель водородной проницаемости металлов с примесными ловушками при наличии внутренних напряжений различной физической природы / А.В. Звягинцева // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. - 2019. - № 19-21 (303-305). - С. 29-44.

12. Звягинцева, А.В. Взаимосвязь структуры и свойств гальванических никелевых покрытий, легированных бором, в изделиях электронной техники / А.В. Звягинцева // Гальванотехника и обработка поверхности. - 2007. - Т. 15. - № 1. - С. 16-22.

13. Звягинцева, А.В. Влияние бора на наводороживание никелевых пленок / А.В. Звягинцева // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. - 2006. - № 5 (37). - С. 85-86.

14. Звягинцева, А.В. Современные накопители водорода на основе гибридных функциональных материалов/ А.В. Звягинцева, А.О. Артемьева // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2017. - Т. 13. - № 5. - С. 133-138.

15. Сазонова, С.А. Оценка надежности работы гидравлических систем по показателям эффективности / С.А. Сазонова // Вестник Воронежского института высоких технологий. - 2016. - №1(16). - С. 37-39.

16. Сазонова, С.А. Моделирование нагруженного резерва при авариях гидравлических систем / С.А. Сазонова / С.А. Сазонова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. - 2015. - № 4 (11). - С. 7.

17. Сазонова, С.А. Применение декомпозиционного метода при моделировании потокораспределения в гидравлических системах / С.А. Сазонова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. - 2015. - № 4 (11). - С. 14.

18. Сазонова, С.А. Особенности формулировки прикладных задач управления функционированием системами теплоснабжения / С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2018. - Т. 11. - № 3. С. 80-88.

19. Николенко С.Д. Математическое моделирование дисперсного армирования бетона / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин // Моделирование систем и процессов. - 2019. - Т. 12. - № 1. - С. 74-79.

20. Asminin, V. Development and application of a portable lightweight sound suppression panel to reduce noise at permanent and temporary workplaces in the manufacturing and repair workshops / V. Asminin, E. Druzhinina, S. Sazonova, D. Osmolovsky // Akustika. - 2019. - Т. 34. - С. 18-21.

Информация об авторах

Калачёва О. А. - доктор биологических наук, профессор кафедры социально-гуманитарных, естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин, Ростовский государственный университет путей сообщения (Воронежский филиал) (394000, Россия, г. Воронеж, ул. Урицкого 75а), e-mail: 21x413@mail.ru

Прицепова С. А. - кандидат технических наук, доцент кафедры социально-гуманитарных, естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин, Ростовский государственный университет путей сообщения (Воронежский филиал) (394000, Россия, г. Воронеж, Урицкого 75а), e-mail: Pri152@mail.ru

Information about the authors

Kalachyova O.A. - doctor of biological sciences, professor of the department of social and humanitarian, natural sciences and general professional disciplines, Rostov state transport university, Voronezh branch, (75a, Uritsky street, Voronezh, 394000, Russia), e-mail: 21x413@mail.ru

Pricepova S.A. - Ph. D. in Engineering, Associate Professor of social and humanitarian, natural sciences and general professional disciplines, Rostov state transport university, Voronezh branch, (75a, Uritsky street, Voronezh, 394000, Russia), e-mail: Pri152@mail.ru

УДК 664.144

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОТЕРМЫ СОРБЦИИ ВЛАГИ ПРОДУКТОВ КОНДИТЕРСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

А.А. Хвостов[1], А.А. Журавлев[1], И.В. Плотникова[2]

[1]*ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»*
[2]*Воронежский государственный университет инженерных технологий*

Аннотация: Показана возможность применения функции Гомпертца для аналитического описания обобщенной кривой изотермы сорбции влаги сырья, полуфабрикатов и готовых изделий кондитерского производства. Предложенная модифицированная функция Гомпертца позволяет прогнозировать способность кондитерских изделий к их хранению

Ключевые слова: изотерма сорбции влаги, кондитерские изделия, функция Гомпертца, сигмоидная кривая

ANALYTICAL DESCRIPTION OF THE MOISTURE SORPTION ISOTHERM OF CONFECTIONERY PRODUCTS

A.A. Khvostov[1], A.A. Zhuravlev[1], I.V. Plotnikova[2]

[1]*MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)*
[2]*Voronezh State University of Engineering Technologies*

Abstract: The possibility of using the Gompertz function for the analytical description of the generalized curve of the moisture sorption isotherm of raw materials, semi-finished products and finished products of confectionery production is shown. The proposed modified Gompertz function allows predicting the ability of confectionery products to store them

Keywords: moisture sorption isotherm, confectionery, Gompertz function, sigmoid curve

При создании кондитерских изделий с заданным химическим составом одним из определяющих показателей качества является массовая доля влаги в продукте. Однако данный показатель недостаточно полно отражает весь спектр взаимодействий, имеющихся в в кондитерском изделии и участником которых является вода.

Более информативным параметром является показатель «активность воды» A_w (англ. «water activity»)

$$A_w = \frac{P_w}{P_0}, \qquad (1)$$

где P_w, P_0 – соответственно, давление водяных паров над продуктом и над поверхностью чистой воды при одной и той же температуре.

Показатель «активность воды» впервые был введен австралийским микробиологом Вильямом Джеймсом Скоттом, доказавшим в 1952 г. существование тесной корреляции между состоянием воды в продукте и ростом микроорганизмов в нем. Активность воды определяет микробиологическую ситуацию, характер и направление влагомассообменных процессов, интенсивность биологических, физико-химических и химических процессов, протекающих в кондитерских изделиях, и, следовательно, характеризует их качество, стабильность и безопасность. Данный показатель включён в систему стандартов ISO 9000, а также используется при анализе рисков по критическим контрольным точкам (ХАССП).

Активность воды A_w тесно связана с массовой долей влаги W в продукте. Графические зависимости $A_w = f(W)$, построенные при постоянной температуре, называются изотермами сорбции влаги и дают оценку стабильности пищевого продукта [1].

На основании литературных данных [1] построена обобщенная изотерма сорбции влаги сырья, полуфабрикатов и готовых изделий кондитерского производства (рис. 1, графические пиктограммы).

© Хвостов А.А., Журавлев А.А., Плотникова И.В., 2020

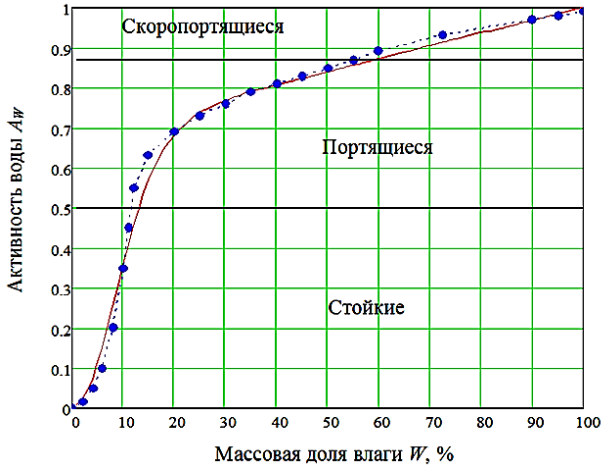


Рис. 1. Изотерма сорбции влаги продуктов кондитерского производства

Разработка новых кондитерских изделий связана с прогнозированием способности к их хранению, что требует установления аналитической связи между активностью воды и массовой долей влаги в продукте.

Анализ изотермы сорбции влаги (см. рис.1) показывает, что зависимость $A_w = f(W)$ имеет сигмоидальный и несимметричный вид, т.к. присутствует более резкий рост вначале и менее резкое падение в конце рассматриваемого участка. Кроме того, в конце участка остается линейный тренд до единичного состояния насыщения.

Для математической формализации отдельные участки зависимости $A_w = f(W)$ могут быть описаны известными функциями: логистической, Ферми-Дирака, арктангенса, гиперболического тангенса, функцией ошибок, корневой сигмоиды и пр. [2]. Аппроксимация полной изотермы сорбции указанными функциями, в силу значительных погрешностей, является неприемлемой.

Одним из способов описания несимметричных сигмоидных кривых является использование функции Гомпертца [3], обладающей вышеперечисленными свойствами, за исключением линейного участка в диапазоне изменения массовой доли влаги $80-100$ %

$$A_w = \alpha e^{\beta e^{\gamma W}}, \qquad (2)$$

где α, β, γ – коэффициенты функции Гомпертца, определяемые экспериментально.

В уравнении (2) коэффициент α является верхней асимптотой, коэффициент β устанавливает смещение сигмоидной кривой по оси абсцисс W, а коэффициент γ задает темп роста кривой (масштабирование по оси W) [3].

Для учета линейного роста показателя A_w при увеличении массовой доли влаги W в функцию (2) дополнительно введем линейный член (в предположении линейной суперпозиции двух механизмов влияния W на A_w). Модифицированная функция Гомпертца в этом случае примет вид [4]

$$A_w = \alpha e^{\beta e^{\gamma W}} + \lambda W, \qquad (3)$$

где λ – эмпирический коэффициент, отвечающий за наклон линейного участка кривой $A_w = f(W)$.

Значения коэффициентов α, β, γ и λ определяли по экспериментальным данным (см. рис. 1) из условия минимизации критерия

$$S = \sum_{i=1}^{N} \left(A_{wi}^{эксп} - A_{wi}^{расч} \right)^2 \xrightarrow[\alpha,\beta,\gamma,\lambda]{} \min, \qquad (4)$$

где $A_{wi}^{эксп}$ – экспериментальные значения активности воды; $A_{wi}^{расч}$ – расчетные значения, полученные по уравнению (3).

Минимизацию критерия (4) проводили с использованием встроенной функции Minimize среды Mathcad, реализующей метод сопряженных градиентов. Найденные таким образом значения эмпирических коэффициентов, равны $\alpha = 0,445$, $\beta = -105,907$, $\gamma = -0,518$ и $\lambda = 0,013$. Средняя относительная ошибка аппроксимации при этом составила 13,518 %.

Таким образом, изотерма сорбции влаги для сырья, полуфабрикатов и готовых изделий кондитерского производства может быть описана эмпирическим уравнением

$$A_w = 0,445 e^{-105,907 e^{-0,518W}} + 0,013W. \qquad (5)$$

Изотерма сорбции влаги (см. рис. 1) имеет несколько участков интенсивности изменения активности воды A_w при изменении массовой доли влаги W. По аналогии с терминологией теории динамических систем эти участки можно интерпретировать как участки «ускорения», «равноускоренного движения», «торможения» и «равномерного движения». Выделенные участки находятся в тесном согласии с классификацией пищевых ингредиентов и продуктов по срокам хранения в зависимости от величины A_w (см. рис. 1). Так незначительный по протяженности участок «ускорения» и «равноускоренного движения» соответствуют стойким продуктам низкой влажностью и степенью риска, участок «торможения» соответствует портящимся продуктам с промежуточной влажностью и средней степенью риска, участок «равномерного движения» соответствует скоропортящимся продуктам с высокой влажностью и степенью риска.

Модифицированная функция Гомпертца (3) позволяет аналитически определить координаты точек, которые являются границами рассматриваемых участков и, следовательно, реперными точками при классификации сырья, полуфабрикатов и готовых изделий кондитерского производства по срокам хранения.

Координаты реперных точек могут быть определены как координаты точек перегиба первой производной функции (3) из условия

$$3\alpha\beta^2\gamma^3 e^{\beta e^{\gamma W}} e^{2\gamma W} + \alpha\beta^3\gamma^3 e^{\beta e^{\gamma W}} e^{3\gamma W} + \alpha\beta\gamma^3 e^{\beta e^{\gamma W}} e^{\gamma W} = 0. \qquad (6)$$

Решая уравнение (6) относительно W, получим значения корней $W_1 = 3,62$, $W_2 = 13,244$ и $W_3 \approx 45,0$, которые являются абсциссами реперных точек. Ординаты реперных точек равны $A_{w1} = 0,061$, $A_{w2} = 0,506$ и $A_{w3} = 0,824$ (рис. 2). Значение W_3 находили приближенно исходя из условия $A_w''' < \varepsilon$, где ε – заданная погрешность, характеризующая приближение A_w''' к нулевому значению (принято $\varepsilon = 10^{-8}$). Видно, что полученные данные находятся в тесном согласии с классификацией продуктов кондитерского производства по срокам хранения в зависимости от величины A_w (см. рис. 1).

Таким образом, предложенная модифицированная функция Гомпертца (5) позволяет, по известной массовой доли влаги в сырье, полуфабрикатах и готовых изделиях кондитерского производства, прогнозировать их способность к хранению, а также определить оптимальные условия их хранения в течении заданного времени.

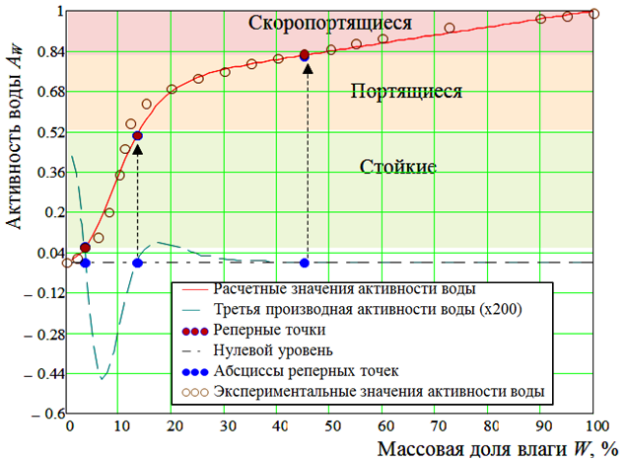


Рис. 2. К определению реперных точек на изотерме сорбции влаги

Библиографический список

1. Технологии глазированных изделий и изделий с начинками / Дж. Талбот (ред.-сост.). – Пер. с англ. В.Д. Широко под науч. ред. Т.В. Савенковой и Л.И. Рысевой. – СПб.: Профессия, 2011. – 496 с.

2. Statistical Techniques in Bioassay / Z. Govindarajulu Karger // Medical and Scientific Publishers, 2001. P. – 234.

3. Mixed Models: Theory and Applications with R / Eugene Demidenko // John Wiley & Sons, 2013. P. – 717.

4. Магомедов Г.О. Адаптация функции Гомпертца к описанию изотермы сорбции влаги сырья, полуфабрикатов и изделий кондитерского производства / Г.О. Магомедов, А.А. Хвостов, А.А. Журавлев, И.В. Плотникова // Материалы VI Международной научно-технической конференции «Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство» / Воронеж. гос. ун-т инж. технол. – Воронеж : ВГУИТ, 2019. – С. 375 – 379.

Информация об авторах

Хвостов А.А. – доктор технических наук, профессор, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (394064, Россия, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А), e-mail: khvtol1974@yandex.ru

Журавлев А.А. – кандидат технических наук, доцент, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (394064, Россия, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А), e-mail: zhuraa1@rambler.ru

Плотникова И.В. - кандидат технических наук, доцент, Воронежский государственный университет инженерных технологий (394036, Россия, г. Воронеж, проспект Революции, д. 19), тел.: 8-980-343-5045

Information about the authors

Khvostov A.A. – doctor of technical sciences, professor, Military training and research center of the air force «Air force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin» (54A, Starykh Bolshevikov str., Voronezh, 394064, Russia), e-mail: khvtol1974@yandex.ru

Zhuravlev A.A. – candidate of technical sciences, associate professor, Military training and research center of the air force «Air force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin» (54A, Starykh Bolshevikov str., Voronezh, 394064, Russia), e-mail: zhuraa1@rambler.ru

Plotnikova I.V. - candidate of technical sciences, associate professor, Voronezh state university of engineering technologies (19, Prospekt Revolutsii, Voronezh, 394036, Russia), ph.: 8-980-343-5045

УДК 004

КРАУДФАНДИНГ КАК ИННОВАЦИОННЫЙ ФИНАНСОВЫЙ ИНСТРУМЕНТ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

А.С. Набиуллин, Р.С. Зарипова

Казанский государственный энергетический университет

Аннотация: В данной статье рассматривается роль краудфандинга в цифровой экономике

Ключевые слова: краудфандинг, цифровизация, цифровая экономика, стартап, цифровая платформа

CROWDFUNDING AS AN INNOVATIVE FINANCIAL INSTRUMENT OF THE DIGITAL ECONOMY

A.S. Nabiullin, R.S. Zaripova

Kazan State Power Engineering University

Abstract: This paper deals with the role of crowdfunding in digital economy

Keywords: crowdfunding, digitalization, digital economy, startup, digital platform

На сегодняшний день краудфандинг не является чем-то необычным. С его помощью было запущено много как бизнес, так и творческих некоммерческих проектов [1]. Много людей, у которых есть идея, но нет возможностей ее реализовать, идут на краудфандинговые платформы, где находят поддержку публики. И это явление достигает таких масштабов, что уже может оказывать то или иное влияние на экономику как стран, так и всего мира [2].

Если рассматривать краудфандинг как новый виток развития финансирования бизнеса, то это таит в себе как положительные, так и отрицательные стороны:

1. Развитие проектов за счет публичного финансирования позволяет воплотиться тем идеям, которые могли бы быть полезны людям, но из-за каких-то проблем не смогли найти возможностей реализовать свой продукт традиционными средствами [3]. Это могло произойти из-за разных причин, кто-то посчитал этот проект неприбыльным или нерентабельны, или просто он оказался

© Набиуллин А.С., Зарипова Р.С., 2020

слишком сложным для понимания, и потому очень рискованным. Но краудфандинг лишен этих изъянов, и потому с помощью него легче реализовать свою мечту.

2. Если рассматривать краудфандинг как один из способов аккумулирования денежных средств, то это тоже можно считать одним из положительных его эффектов на экономику. Во-первых, государство при этом не теряет свои деньги на субсидирование таких рискованных проектов, что в итоге сохраняет деньги налогоплательщиков. Во-вторых, если возникнет такая ситуация, что в стране окажется слишком много денежной массы на руках населения, то при грамотном подходе их как раз можно инвестировать в краудфандинг. Что в итоге может развить экономику [4]. Ведь выпуск той или иной продукции все равно будет стимулировать рост. Пусть даже и краткосрочный.

3. Следующим немаловажным преимуществом таких платформ является то, что некоторые идут туда сознательно, изначально избегая традиционные средства привлечения финансирования [5]. Это можно рассматривать как некий бунт против традиций. Если очень перспективные идеи, которые сулят большие возможности смогут появиться на свет и не быть под контролем тех, кто и так владеет рынком, то развитие конкуренции может выйти на совершенно новый уровень. Как только крупные капиталодержатели начнут терять возможность блокировать новые идеи, которые могут подорвать ту сферу, в которой они работают, перевес денег в мире начнет немного сглаживаться. И как говорилось, это создаст более сильную конкуренции. А как известно, здоровая конкуренция – признак здорового рынка.

В противовес последним пунктам можно сказать, что краудфандинг сможет снизить риски крупных инвесторов. Как только они поймут, что какой-нибудь проект востребован у публики, они смогут уже традиционными средствами инвестировать в них. Этот способ сократит время поиска новых инновационных проектов. Отсюда вытекает одно возможное опасение: если инвесторы увидят, что какой-то проект успешен на таких платформах, они смогут инвестировать в их конкурентов, тем самым сделав релиз продукта быстрее. Это позволит им еще сильнее укрепить свое место на рынке [6]. А настоящие авторы таких проектов могут остаться ни с чем.

В наше время краудфандинг применяется даже в политике. В 2000 году Барак Обама на этапе предварительных выборов смог собрать $272 млн. А если учесть, что эти средства помогли ему стать президентом США, то очень сложно игнорировать тот факт, что народное финансирование повлияло не только на экономику США, но и всего мира. И если такие методы будут широко применяться в политике, то в будущем может быть и такое, что на высокопоставленные должности уде нельзя будет назначить людей, чьи голоса были куплены за счет олигархов. Это в какой-то мере поможет сбалансировать количество законов, регулирующих экономику.

Нельзя отрицать роль краудфандинга и в развитии инновационной деятельности. Многие современные проекты очень рискованны. И порой очень опасно в них вкладывать большие деньги. Но если бы они смогли запуститься, это могло бы так или иначе изменить какие-то сферы жизни людей. И тут на помощь приходит народное финансирование [7]. С его помощью можно реализовать очень современные технологические проекты. Такие инновации и будут двигать наш мир вперед.

Но нельзя забывать, что краудфандингом могут заниматься не только новички и отдельные изобретатели. К этому способу также могут прибегать и сформировавшиеся компании. Иногда у них возникает потребность внедрить или протестировать новый инновационный продукт. Если они будут делать это за свой счет, то велика вероятность разорения и банкротства. Но если подключить к этому делу публику, то процесс можно провести более гладко. В цифровую эпоху всем компаниям так или иначе необходимо

внедрять новые технологичные инструменты в свои процессы. Билл Гейтс говорил: «Если вашего бизнеса нет в Интернете, то вас нет в бизнесе». Отсюда следует, что новые технологии должны для бизнеса стать таким же обычным делом, как и старые традиционные способы ведения дела. В плюс ко всему, краудфандинг позволяет протестировать новый продукт, что немаловажно.

Внедрение всего этого через краудфандинговые платформы позволит увеличить показатели бизнеса, что в свою очередь начнет стимулировать рост экономики.

Краудфандинг также используют и при создании творческих продуктов. Таких как кино, игры, музыка, искусство, архитектура. Если копнуть глубже, то и здесь мы можем найти способы развития экономики. Чем больше произведений искусства будет создано на территории той или иной страны, тем больше станет эта страна известна во всем мире. Это своеобразный маркетинговый ход. Такой подход может позволить увеличить количество туристов, посещающих этот регион. А большое количество туристов – это большое количество денег, которые они оставят в этой стране.

Подводя итоги, можем сделать вывод о том, что краудфандинг становится одним из инструментов развития экономики и внедрения инновационных технологий в нашу жизнь, Если специалисты своего дела возьмутся за развитие всей это индустрии, то в ближайшие несколько десятилетий традиционное финансирование может отойти на второй план, и уже формированием какой-то части экономики может заняться сам народ, определяя, что ему больше нравится, тем самым дав понять производителям, что нужно производить.

Библиографический список

1. Набиуллин А.С., Зарипова Р.С. Краудфандинговая платформа для сбора средств при устранении последствий чрезвычайных происшествий / Наука Красноярья. 2019. Т. 8. № 5-4. С. 91-95.

2. Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Краудфандинговая платформа как инструмент для сбора средств нуждающимся людям и бездомным животным / Наука Красноярья. 2020. Т. 9. № 1-2. С. 95-99.

3. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Трансформация систем учета и контроля в условиях цифровой экономики // Наука Красноярья. 2019. Т. 8. №3-2. С. 112-115.

4. Басаргин В.Я., Зарипова Р.С., Пырнова О.А. Влияние цифровых технологий на урбанизацию // «Цифровая культура открытых городов»: Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Екатеринбург. 2018. С. 13-15.

5. Зарипова Р.С., Галямов Р.Р., Шарифуллина А.Ю. Организация производства в условиях цифровой экономики // Наука Красноярья. 2019. Т.8. № 1-2. С. 20-23.

6. Галиуллина Э.Р., Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Алгоритмы обеспечения безопасности финансовых транзакций в мобильной коммерции // Наука Красноярья. 2019. Т. 8. № 4-3. С. 25-28.

7. Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Перспективы развития искусственного интеллекта и кибернетики // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2019. № 3-4 (17-18). С. 78-81.

Информация об авторах

Набиуллин А. С. – студент 1-го курса, Казанский государственный энергетический университет (420141, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, 51), тел.: 8-927-404-0481
Зарипова Р. С. – кандидат технических наук, доцент, Казанский государственный энергетический университет (420141, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: zarim@rambler.ru

Information about the authors

Nabiullin A.S. - 1st year student, Kazan State Energy University, (51, Krasnoselskaya str., Kazan, 420141, Republic of Tatarstan, Russia), ph.: 8-927-404-0481
Zaripova R.S. – candidate of technical sciences, associate professor, Kazan State Energy University, (51, Krasnoselskaya str., Kazan, 420141, Republic of Tatarstan, Russia), e-mail: zarim@rambler.ru

УДК: 331.461

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА НА ХОЗЯЙСТВУЮЩЕМ СУБЪЕКТЕ

М.В. Вербицкая, Е.А. Жидко

Воронежский государственный технический университет

Аннотация: В статье проведен анализ, оценены и обоснованы статистические зависимости производственного травматизма хозяйствующего субъекта от влияния различных факторов. Изучены обстоятельства несчастных случаев и исследованы причины, вызвавшие их наступление

Ключевые слова: производственный травматизм, несчастные случаи, производственные факторы

STATISTICAL ANALYSIS OF INDUSTRIAL INJURIES IN THE ECONOMIC OBJECT

M.V. Verbitskaya, E.A. Zhidko

Voronezh State Technical University

Abstract: The article analyzes, evaluates and substantiates the statistical dependencies of industrial injuries of an economic entity on the influence of various factors. Studied the circumstances of accidents and investigated the causes of their occurrence

Keywords: occupational injuries, accidents, occupational factors

Устойчивое социально-экономическое развитие страны зависит от состояния ее трудовых ресурсов, качество которых, определяется, прежде всего, численностью и уровнем здоровья населения трудоспособного возраста, поскольку именно состояние здоровья работников является важнейшим фактором повышения производительности труда и экономического роста, определяет безопасность и благосостояние общества [1-7].

Производственный травматизм на хозяйствующем субъекте (ХС) влечет за собой социальные потери и значительный материальный ущерб компании, что обуславливают актуальность и значимость изучения обстоятельств несчастных случаев и научного исследования причин, вызвавших их наступление.

Анализ травматизма на ХС позволяет выявить основные причины несчастных случаев и определить закономерность их возникновения. Исходя из полученных данных, разрабатываются мероприятия по снижению травматизма на производстве.

Рассмотрим на примере ХС производственный объект Воронежский ТРЗ АО «Желдорреммаш». За этот период на предприятии произошло 18 несчастных случаев (табл.1, рис.1).

Таблица 1

Уровень производственного травматизма

Годы	Количество несчастных случаев			Количество дней нетрудоспособности	Среднесписочная численность работающих
	Всего	Легких	Тяжелых		
2015	5	4	1	291	1760
2016	5	5	0	273	1721
2017	4	2	2	510	1754
2018	2	2	0	84	1644
2019	2	2	0	116	1399

© Вербицкая М.В., Жидко Е.А., 2020

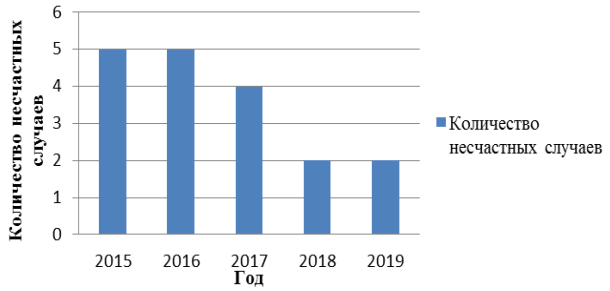


Рис. 1. Статистика травматизма на ХС

Соотношение несчастных случаев по степени тяжести к общему количеству на ХС приведено на рис.2. Из него видно, что за последние два года несчастные случаи имеют только легкую степень тяжести.

Статистика несчастных случаев производственного травматизма на рассматриваемом ХС с периода 2015-2019 года по видам травматизма и причинам приведена на рис. 3 и рис. 4.

Согласно данным, представленным на рис.3 основным видом происшествий является воздействие движущихся, разлетающихся, вращающихся предметов и деталей (39 % или 7 человек), а также падение, обрушения, обвалы материалов и т.п. (28 % или 5 человек).

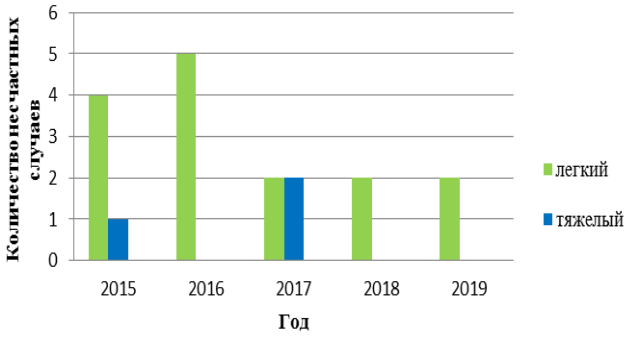


Рис. 2 . Соотношение несчастных случаев по степени тяжести к общему количеству

Вероятность возникновения конкретного несчастного случая на ХС зависит от характера трудовой деятельности, характера рабочего места, индивидуальных качеств работника и сочетания ряда других конкретных условий [8,9].

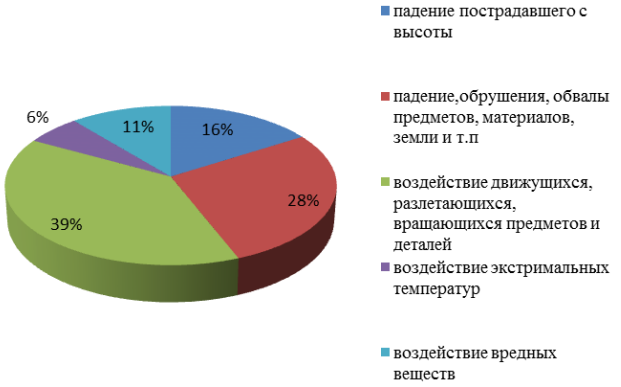


Рис. 3. Статистика по основным видам происшествий

Как видно из рис.4 основной причиной травматизма является неудовлетворительная организация производства работ (33% - 6 человек). Это объясняется отсутствием должного контроля со стороны должностных лиц (главные специалисты, начальники цехов, мастера, бригадиры) за безопасным выполнением работ, плохое осуществление организационно - технических мероприятий перед началом работы, нарушение дисциплины.

Статистика несчастных случаев по возрастным группам приведена на рис. 5.

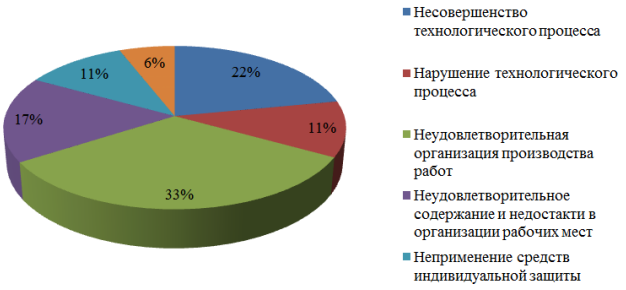


Рис. 4. Статистика несчастных случаев на ХС по причинам

Наибольшему травмированию подлежит возрастная группа лиц от 45- 55 лет, так как у людей этого возраста происходят необратимые изменения, такие как, ослабление внимания, ухудшение слуха, зрения, реакции и других рефлексов. Помимо этого имеют значение такие факторы, как чрезмерная опытность работников и пренебрежение использования средств индивидуальной защиты, а также пренебрежение некоторыми

другими безопасными приемами ведения работ [10].

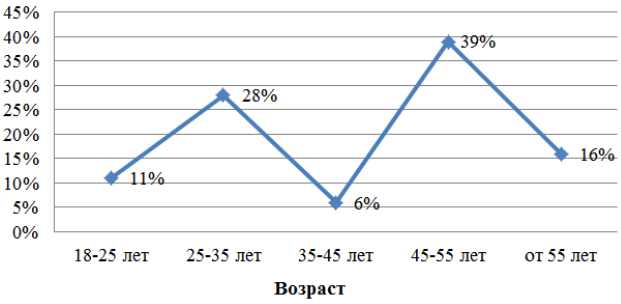


Рис. 5. Статистика несчастных случаев по возрастным группам на ХС

Для изучения причин производственного травматизма с целью разработки эффективных мероприятий по предупреждению травматизма воспользуемся статистическим методом, который основан на изучении количественных данных о совершившихся несчастных случаях, содержащихся в актах и отчетах ХС [11-15].

Главными показателями, рассчитываемыми при этом, являются коэффициент тяжести ($К_т$), который определяет количество дней нетрудоспособности, приходящихся на один несчастный случай за отчетный период и коэффициент частоты ($К_ч$), который выражает количество несчастных случаях на 1000 работающих за отчетный период. Для того чтобы выявить общую картину, динамику состояния безопасности труда на ХС за период с 2015 по 2019 год производим их расчет. Коэффициент частоты травматизма и определяется по формуле:

$$К_ч = \frac{Н_с \cdot 1000}{С_р}, \quad (1)$$

где $Н_с$ – число несчастных случаев за отчетный период; $С_р$ - среднесписочная численность работников.

Коэффициент тяжести травматизма и рассчитывается по формуле:

$$К_Т = \frac{Д_н}{Н_с}, \quad (2)$$

где $Д_н$ - суммарное количество дней нетрудоспособности

Чтобы оценить уровень производственного травматизма найдем показатель общего травматизма, именуемый коэффициентом нетрудоспособности (Кн), который показывает количество рабочих дней, потерянных в результате несчастных случаев, которые приходятся на 1000 работающих и рассчитывается по формуле:

$$К_н = К_ч \cdot К_Т, \quad (3)$$

Данные расчета представлены в табл. 2.

Таблица 2

Относительные показатели травматизма

Показатели травматизма	Годы				
	2015	2016	2017	2018	2019
Коэффициент частоты травматизма, $К_ч$	2,8	2,9	2,3	1,2	1,4
Коэффициент тяжести травматизма, $К_т$	58,2	54,6	127,5	42	58
Коэффициент нетрудоспособности, $К_н$	163	158,3	293,3	50,4	81,2

Подведя итоги можно сделать следующий вывод. Данная статистика показывает, что количество несчастных случаев сократилось в 2019 году в 2,5 раз по сравнению с 2015 годом. За последний год травматизм составил 0, 14% среднесписочной численности работников. В 2018 и 2019 году количество несчастных случаев имеет наименьшее значение, оно равно 4. Это объясняется тем, что на ХС стали всё больше обращать внимания на основные методы и способы борьбы с травматизмом. Выполнение поставленных задач по предупреждению несчастных случаев получается достичь при помощи

разработанных мероприятий и увеличения расходов на их реализацию.

Задачу по сокращению уровня травматизма на ХС и профессиональных заболеваний планируется решить за счет внедрения в сфере условий и охраны труда системы оценки и управления профессиональными рисками, которая предполагает переход от реагирования на уже произошедшие страховые случаи к их предупреждению, т.е. реализацию комплекса превентивных мер, направленных на сохранение здоровья и способных повысить безопасность трудовой деятельности работников ХС.

Библиографический список

1. Андреева, Е.Е. Система оценки и управления профессиональными рисками на предприятии авиационного машиностроения // Охрана труда на промышленных предприятиях. 2012. № 8. С. 22-28.

2. Ворошилов, А.С. Оценка рисков травматизма // Охрана и экономика труда. 2015. № 4. С. 42-45.

3. Жидко Е.А. Управление эколого-экономическими рисками как важнейший фактор эффективной деятельности предприятия // Безопасность труда в промышленности. 2011. № 3. С. 57-62.

4. Жидко Е.А. Логико - лингвистическая модель интегрированного менеджмента организации в XXI век // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2016. № 1 (16).С.91-93.

5. Жидко Е.А., Попова Л.Г. Парадигма информационной безопасности компании // Вестник Иркутского государственного технического университета, 2016. № 1 (108). С. 25-35.

6. Здражевский А.Г., Янчий С.В. Анализ производственного травматизма в организации (на примере строительной организации). В сборнике: Техносферная безопасность Материалы Шестой Всероссийской молодежной научно-технической конференции с международным участием. Ответственный редактор Н.Н. Новиков. 2019. С. 63-66.

7. Сазонова, С.А. Особенности формулировки прикладных задач управления функционированием системами теплоснабжения // Моделирование систем и процессов. 2018. №3.С.80-88.

8. Анфилофьев, Б.А Статистический анализ показателей производственного травматизма на предприятиях железнодорожного транспорта // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2013. № 2 (24). С. 17-20.

9. Гаранин, М.А. Статистический анализ причин несчастных случаев на производстве // Транспорт России: проблемы и перспективы (Санкт-Петербург, 29-30 ноября 2016г.): материалы междунар. науч.-практ. конф. - СПб.: ИПТ РАН, 2016. С. 157-161.

10. Анфилофьев, Б.А. Степень взаимосвязи производственного травматизма и возраста работников // Вестник транспорта Поволжья. 2014. № 4 (46). С. 131-136.

11. Кузнецова, Е.А. Методологический подход к оценке уровня производственного травматизма в Российской Федерации // Охрана и экономика труда. 2015. № 4. С. 22-26.

12. Жидко Е.А., Леонов П.М. Методология и методы системного математического моделирования информационной безопасности хозяйствующего субъекта теоретическими методами //Научный вестник Воронежского государственного архитектурно - строительного университета. Серия: Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2015. № 2 (6). С. 15-20.

13. Жидко Е.А., Попова Л.Г. Принципы системного математического моделирования информационной безопасности // Науковедение, 2014. № 2 (21). С. 34.

14. Сазонова С.А. Моделирование нагруженного резерва при авариях гидравлических систем // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2015. № 4 (11). С. 7. http://moit.vivt.ru/

15. Сазонова С.А. Применение декомпозиционного метода при моделировании потокораспределения в гидравлических системах // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2015. №4 (11). С. 14.

Информация об авторах

Вербицкая М. В. – магистр кафедры техносферной и пожарной безопасности, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), e-mail: verbickaya_2015@mail.ru

Жидко Е. А. – доктор технических наук, доцент кафедры техносферной и пожарной безопасности, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), e-mail: lenag66@mail.ru

Information about the authors

Verbitskaya M.V. – master of the department of technosphere and fire safety, Voronezh state technical university (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), e-mail: verbickaya_2015@mail.ru

Zhidko E.A. - doctor of technical sciences, associate Professor of the Department of technosphere and fire safety, Voronezh state technical University (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), e-mail: lenag66@mail.ru

УДК 502.13

ВЫБОР СИСТЕМ СБОРА И ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА

В.И. Иванова, Е.Г. Раковская

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова

Аннотация: Показано, что учёт особенностей формирования поверхностного стока и нормативных требований к качеству очищенных стоков требует применения критериев инженерного выбора организуемых систем очистки поверхностных сточных вод

Ключевые слова: поверхностный сток, степень очистки, очистительные системы, технологические схемы, нормативные требования, системы накопительного типа, системы проточного типа

SELECTION OF SURFACE COLLECTION AND CLEANING SYSTEMS

V.I. Ivanova, E.G. Rakovskaya

St. Petersburg state Forest engineering University named after S.M. Kirov

Abstract: Various types and circuit solutions of surface runoff treatment systems, the main features and the main engineering criteria for the selection of surface runoff collection and treatment systems are shown

Keywords: cleaning, surface runoff, cleaning systems, technological scheme, waste water, operation, calculation of systems

Поверхностный сток с селитебных территорий и площадок предприятий является одним из интенсивных источников загрязнения окружающей среды различными примесями природного и техногенного происхождения. Водным законодательством РФ запрещается сбрасывать в водные объекты неочищенные до установленных нормативов дождевые, талые и поливомоечные воды, образующиеся на селитебных территориях и площадках предприятий.

По данным ряда исследований, количество вредных примесей, поступающих в водные объекты с поверхностными сточными водами, составляет не менее 50%, а по отдельным загрязняющим компонентам (нефтепродуктам и взвешенным веществам) достигает 80-90% от их общего количества, сбрасываемого со всеми видами сточных вод, в том числе с хозяйственно-бытовыми и производственными. С одной стороны, проблема обезвреживания поверхностного стока является весьма актуальной в связи с большими объёмами нового промышленного и гражданского строительства, с другой стороны – имеет место ужесточение требований к качеству очистки всех категорий сточных вод, которое направлено соблюдение действующих санитарно-гигиенических требований, предъявляемых к качеству воды водных объектов, используемых в качестве источников хозяйственно-питьевого водоснабжения [1].

Главные особенности, которые необходимо учитывать при выборе систем сбора и очистки поверхностного стока:

- необходимость выполнения чрезвычайно жёстких требований к степени очистки сточных вод. Как правило, качество очищенного стока должно соответствовать нормативным требованиям, предъявляемым к качеству воды водных объектов рыбохозяйственного назначения ($ПДК_{рх}$), а в ряде случаев и более жёстким требованиям, устанавливаемыми региональными природоохранными органами. По ряду важных показателей загрязнения эти требования, предъявляемые к воде питьевого качества. При этом следует отметить, что требования водного законодательства и положения нормативной базы в России в этом отношении являются самыми жёсткими среди промышленно развитых стран. Поэтому для достижения соответствия качества сточных вод нормативным требованиям (допустимым концентрациям) необходимо применить сложные многостадийные схемы очистки стоков, включающие

© Иванова В.И., Раковская Е.Г., 2020

различные методы;

- нерегулярность и относительно небольшая продолжительность работы очистных систем в течение года, вызванная естественной периодичностью образования поверхностного стока, что обуславливает повышенные требования к их экономичности;

- крайняя неравномерность расходов и состава поверхностного стока, поступающего на очистные сооружения, многократно усложняющая организацию технологически эффективных и в то же время экономичных систем очистки;

- необходимость обеспечения круглогодичной готовности очистных сооружений к работе, что обусловлено характерной для большинства регионов России возможностью образования значительных количеств поверхностных сточных вод в периоды межсезонья и зимних оттепелей.

Учёт всего комплекса перечисленных особенностей формирования поверхностного стока, а также нормативных требований к качеству очищенной воды обуславливает необходимость применения критериев инженерного выбора организуемых систем очистки поверхностных сточных вод.

ОАО «НИИ ВОДГЕО» на протяжении многих лет проводит исследования, разрабатывает, проектирует, изготавливает и испытывает установки и сооружения для очистки поверхностных сточных вод. На основании накопленного опыта проектирования и эксплуатации действующих очистных сооружений, учета всех специфических особенностей формирования поверхностных сточных вод и положений действующих нормативных документов были разработаны основополагающие принципы и нормативная база для создания систем глубокой очистки поверхностных сточных вод, формирующихся на селитебных территориях и площадках предприятий, до нормативных требований, предъявляемых к качеству воды водных объектов рыбохозяйственного назначения [1,2].

Основным критерием инженерного выбора систем очистки поверхностного стока является наличие в их составе определенного набора последовательных технологических стадий, таких как предварительной очистки стока от крупных механических включений и мусора, разделения потока сточных вод на загрязненную и условно чистую части, очистки стока от тяжелых минеральных загрязнений и грубодисперсных примесей, аккумулирования и усреднения стока, при этом для очистных систем небольшой мощности с относительно малозагрязнённых территорий допускается совмещение стадий аккумулирования и предварительной очистки от тяжелых минеральных примесей методом статического отстаивания, выделения основной массы загрязнений методами отстаивания, флотации или контактной фильтрации с предварительной реагентной обработкой сточных вод, извлечения средне- и тонкодиспергированных загрязняющих веществ методом одно- или двухступенчатого механического фильтрования на зернистых загрузках с обеспечением стандартных процедур помывки фильтрующей загрузки от задержанных загрязнений, одно- или двухступенчатой адсорбционной доочистки стоков от остаточных эмульгированных и растворённых нефтепродуктов и органических веществ.

В ряде случаев при непосредственном отведении очищенных сточных вод в природные водные объекты или при их повторном использовании требуется обеззараживание стоков. Кроме того, на очистных сооружениях большой производительности должно предусматриваться устройство систем удаления и обезвоживания (а в ряде случаев и обезвреживания) образующихся осадкой. Осадки очистных сооружений ливневой канализации относятся, как правило, к III и IV классам опасности и передаются на утилизацию в специализированные организации для размещения на полигонах промотходов.

Одним из главных критериев инженерного выбора является необходимость расчета систем очистки поверхностного стока в целом и отдельных элементов технологической схемы по действующим в России нормам проектирования и положениями специаль-

ных нормативно-методических документов [1-5].

Принципиальная схема организации приёма и очистки ливневых стоков в классической системе накопительного типа показана на рис. 1.

В отличие от классических очистных систем накопительного типа в настоящее время для очистки ливневых и талых вод отечественными и зарубежными фирмами предлагается ряд модификаций очистных установок проточного типа. Они работают по проточной схеме как элемент самотёчной водосборной ливневой сети без аккумулирующего резервуара.

Главными преимуществами таких систем их производители и поставщики указывают экономичность и простоту эксплуатации. Действительно, такие сооружения не требуют свободных площадей, поскольку размещаются под землёй. К минимуму сводятся расходы на эксплуатацию, так как нет необходимости в отапливаемом здании или павильоне очистных сооружений, насосном и ином электрооборудовании, не применяются водоочистные реагенты. Обслуживание таких систем сводится (по паспортным данным установок) к замене фильтровальных элементов и откачке уловленных загрязнений с периодичностью не чаще 1-2 раза в год. Установки имеют, как правило, российские сертификаты соответствия и санитарно-гигиенические заключения. В подавляющем большинстве случаев декларируемая степень очистки представлена только по двум показателям загрязнения – по взвешенным веществам и нефтепродуктам.

Расчёты, обосновывающие заявляемые технологические, конструктивные и эксплуатационные параметры таких очистных установок поставщиками оборудования, как правило, не предоставляются. В отдельных случаях технологический расчёт производится по внутренним методикам фирм-изготовителей [6,7], противоречащим в большей части нормам проектирования, действующим в Российской Федерации. Отсутствуют также данные о фактических параметрах работы и эффективности очистки сточных вод на конкретных объектах внедрения.

Принципиальная схема организации приёма и очистки ливневых стоков в системе проточного типа показана на рис. 2.

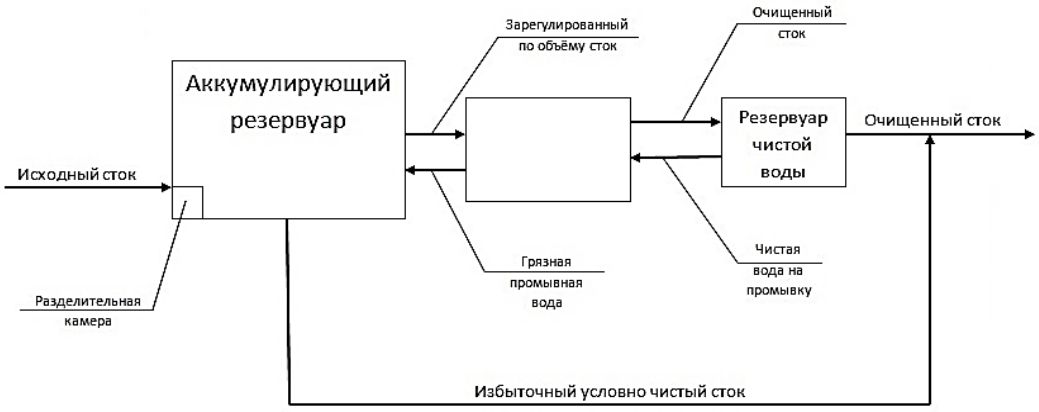


Рис. 1. Принципиальная схема организации приёма и очистки ливневых стоков в системе накопительного типа

Значительная неравномерность расходов поверхностного стока поставила поставщиков данных установок в последнее время перед необходимостью включать (в некоторых случаях) в состав своих систем накопительную ёмкость с насосом подачи усреднённого стока на очистку. Такие системы можно назвать системами условно-проточного типа.

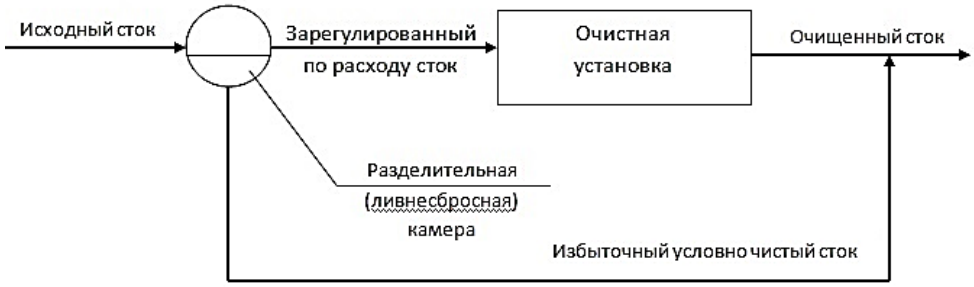


Рис. 2. Принципиальная схема организации приёма и очистки ливневых стоков в системе проточного типа

Установки проточного типа выполняются в виде подземных ёмкостей цилиндрической или прямоугольной формы. Корпуса ёмкостей изготавливаются преимущественно из стеклопластика и других полимерных материалов.

В различных модификациях установок в состав очистного оборудования входит сооружение объемного отстаивания (в некоторых случаях добавляется блок тонкослойного отстаивания) и так называемый «узел коалесцентной очистки от нефтепродуктов» [8,9]. Степень очистки стоков после таких сооружений заявляется на уровне 5-20 мг/л по взвешенным веществам и 0,3-2 мг/л по нефтепродуктам. Во многих случаях установки дополнительно комплектуется фильтрами с загрузкой из полиэфирного нетканого материала или измельчённого пенополиуретана и фильтрами с угольной загрузкой, после которых степень очистки от взвешенных веществ и нефтепродуктов заявляется на уровне 3 и 0,05 мг/л соответственно. Технологические узлы могут размещаться в едином корпусе либо в отдельных подземных ёмкостях.

Анализ технологических и конструктивных особенностей ряда систем очистки поверхностного стока проточного и условно-проточного типов отечественного и зарубежного производства позволяет сделать вывод об их несоответствии основным критериям выбора эффективных очистных систем:

– технологические и конструктивные параметры установок не соответствуют действующим нормам проектирования;

– объёмы технологических элементов установок занижены, как правило, в 3-100 раз по сравнению с необходимыми величинами;

– действие «узла коалесцентной очистки от нефтепродуктов» полностью блокируется присутствующими в сточной воде тонкодисперсными взвешенными веществами;

– отсутствие системы штатной промывки фильтрующих элементов от задержанных загрязнений исключает возможность продолжительной эксплуатации очистных сооружений.

В целом работоспособность таких очистных систем оценивается как крайне неудовлетворительная с точки зрения эффективности очистки, что подтверждается данными их практической эксплуатации на ряде очистных сооружений поверхностного стока проточного типа, установленных на автозаправочных станциях Санкт-Петербурга [10]. При выполнении работы были использованы материалы исследований [11-20].

Ресурс работоспособности таких систем очистки стоков минимальный и ограничивается 1-2 расчётными дождями средней интенсивности, после чего проток воды через установки практически блокируется и ливневые стоки сбрасываются в водные объекты без очистки по обводным линиям, нанося очевидный ущерб окружающей среде.

Таким образом, при выборе типа и схемных решений систем очистки поверхностного стока следует отдавать предпочтение установкам классического накопительного типа в соответствии с базовыми критериями.

Библиографический список

1. Меншутин Ю.А. и др. Основные критерии выбора систем очистки поверхностного стока. // Экология производства. 2014. №2.

2. Рекомендации по расчёту систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с се-

литебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. М.: ФГУП «НИИ ВОДГЕО», 2006.

3. СНиП 2.04.03-85 «Канализация. Наружные сети и сооружения».

4. СП 32.13330.2012 «Свод правил. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная реакция СНиП 2.04.03-85».

5. СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения».

6. Временные указания по применению, подбору и оценке эффективности работы локальных очистных сооружений Flotenk для очистки поверхностных сточных вод / ЗАО «Флотенк» - Завод композитных изделий Flotenk. СПБ., 2013.

7. Временные указания по применению, подбору и оценке эффективности работы локальных очистных сооружений Wavin-Labko для очистки нефте- и жиросодержащих сточных вод. СПб., 2009.

8. Материалы круглого стола // Вода и экология. 2003. №2.

9. Ивкин П.А. и др. Оценка очистных сооружений ливневого стока проточного типа // Водоснабжение и санитарная техника. 2013. №7.

10. Леонов Е.А. Опыт проектирования и очистки ливневых стоков на восточном полукольце кольцевой автомобильной дороги вокруг Санкт-Петербурга. СПб., 2006.

11. Звягинцева, А.В. Анализ процесса переработки ртутьсодержащих отходов и разработка природоохранных мероприятий / А.В. Звягинцева, С.А. Сазонова, В.В. Кульнева // Моделирование систем и процессов. - 2019. - Т. 12. - № 4. - С. 24-30.

12. Звягинцева, А.В. Расчет образования ртутьсодержащих отходов и разработка мероприятий по охране и рациональному использованию водных ресурсов / А.В. Звягинцева, С.А. Сазонова, В.В. Кульнева // Моделирование систем и процессов. - 2019. - Т. 12. - № 4. - С. 30-36.

13. Кульнева, В.В. Синергизм при загрязнении воздуха городской среды на фоне неблагоприятных метеорологических условий / В.В. Кульнева, А.В. Звягинцева // Современные тенденции развития гидрометеорологии в России: материалы II Всерос. науч.-практ. конференции. - Иркутск: Из-во ИГУ, 2019. - С. 587-591.

14. Звягинцева, А.В. Экологический мониторинг опасных гидрологических явлений / А.В. Звягинцева, В.В. Кульнев, В.В. Кульнева // International academy of ecology, man and nature protection sciences Ecology and development of Society. - 2018. - № 3(26). - С. 62- 66.

15. Звягинцева, А.В. Математическая модель водородной проницаемости металлов с примесными ловушками при наличии внутренних напряжений различной физической природы / А.В. Звягинцева // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. - 2019. - № 19-21 (303-305). - С. 29-44.

16. Звягинцева, А.В. Современные накопители водорода на основе гибридных функциональных материалов/ А.В. Звягинцева, А.О. Артемьева // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2017. - Т. 13. - № 5. - С. 133-138.

17. Сазонова, С.А. Оценка надежности работы гидравлических систем по показателям эффективности / С.А. Сазонова // Вестник Воронежского института высоких технологий. - 2016. - №1(16). - С. 37-39.

18. Сазонова, С.А. Моделирование нагруженного резерва при авариях гидравлических систем / С.А. Сазонова / С.А. Сазонова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. - 2015. - № 4 (11). - С. 7.

19. Сазонова, С.А. Применение декомпозиционного метода при моделировании потокораспределения в гидравлических системах / С.А. Сазонова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. - 2015.-№4(11).-С.14.

20. Сазонова, С.А. Особенности формулировки прикладных задач управления функционированием системами теплоснабжения / С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2018. - Т. 11. - № 3. С. 80-88.

Информация об авторах

Иванова В. И. – аспирант кафедры безопасности жизнедеятельности, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова (194021, Россия, Санкт-Петербург, Институтский пер., д. 5), e-mail: deviincarnate.666@yandex.ru

Раковская Е. Г. – кандидат химических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова (194021, Россия, Санкт-Петербург, Институтский пер., д. 5), e-mail: erakovskaya@yandex.ru

Information about the authors

Ivanova V.I. – post-graduate student of the Department of life safety, Saint Petersburg state forest engineering University named after S.M. Kirov (5, Institutsky per., Saint Petersburg, 194021, Russia), e-mail: deviincarnate.666@yandex.ru

Rakovskaya E.G. - Ph. D. in Chemistry, associate professor of the Department of Life Safety, St. Petersburg state Forest engineering University named after S.M. Kirov (5, Institutsky per., Saint Petersburg, 194021, Russia), e-mail: erakovskaya@yandex.ru

УДК 619:628.4(470.51)(045)

АНАЛИЗ УТИЛИЗАЦИИ ВЕТЕРИНАРНЫХ ОТХОДОВ НА ТЕРРИТОРИИ МАЛОПУРГИНСКОГО РАЙОНА УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Г.З. Самигуллина, М.В. Корепанова

Удмуртский государственный университет

Аннотация: Проблемы сбора, утилизации и уничтожения биологических отходов стоит остро и имеет чрезвычайную значимость повсеместно. Биологические отходы как источники особо опасных инфекций требуют строгих режимов при утилизации, обеспечивающих гибель самых стойких возбудителей, либо уничтожения. В данной статье рассматриваются методы переработки биологических отходов. Дается характеристика установок по переработке биологических отходов, проводится сравнительный анализ установок с экологической и экономической точек зрения

Ключевые слова: биологические отходы, методы переработки биологических отходов, установка для переработки биологических отходов

THE ANALYSIS OF UTILIZATION OF VETERINARY WASTE IN THE TERRITORY OF THE MALOPURGINSKY REGION OF THE UDMURT REPUBLIC

G.Z. Samigullina, M.V. Korepanova

Udmurt State University

Abstract: The problems of collection, recycling and destruction of biological waste is acute and is of extreme importance everywhere. Biological wastes as sources of especially dangerous infections require strict regimes for disposal, ensuring the death of the most resistant pathogens, or destruction. This article discusses methods of processing biological waste. The characteristic plant for processing biological waste, comparative analysis of the installations from an environmental and economic point of view

Keywords: biological waste, methods of processing biological waste, biological waste treatment plant

Биологические отходы, помимо загрязнения окружающей среды, представляют угрозу распространения возбудителей инфекционных и инвазионных болезней, и, как следствие, заболевания животных и людей, в том числе зооантропонозными болезнями. До настоящего времени законодательством не предусмотрено проведение плановых обследований ветеринарно-санитарного состояния объектов, связанных с обращением биологических отходов – ветеринарно-санитарных утилизационных заводов и иных предприятий, осуществляющих утилизацию и уничтожение биологических отходов. Проблема утилизации биологических отходов не нова и остро стоит во всех без исключения регионах Российской Федерации.

До настоящего времени федеральным законодательством не решены задачи:

1. Термин и определение биологических отходов;

2. Классификация биологических отходов;

3. Государственный и региональный кадастр биологических отходов, классы опасности биологических отходов;

4. Разграничение полномочий в области обращения с биологическими отходами

Проблема биологических отходов приобретает все большую актуальность, и решение этой проблемы возможно только путем комплексного подхода на государственном уровне [1, 2, 3].

Есть регионы, в которых более или менее проблема утилизации биоотходов решена благодаря имеющимся заводам по утилизации данных отходов, но в большинстве случаев происходит их уничтожение, либо путем сброса в биотермические ямы, либо сжиганием [8].

На территории Малопургинского района биологические отходы обезвреживаются в биотермических ямах, которые находятся за пределами сельских поселений. Самое раннее захоронение введено в эксплуатацию в 1959 году, а самое позднее – в 2006.

© Самигуллина Г.З., Корепанова М.В., 2020

Всего в Малопургинском районе 17 действующих захоронений в 10 муниципальных образованиях.

Места, отведенные для захоронения биологических отходов (скотомогильники), должны иметь одну или несколько биотермических ям.

Биотермическая яма – это сооружение для обезвреживания трупов животных. Строится по типовым проектам с разрешения ветеринарной инспекции. Биотермические ямы должны устраиваться на сухом возвышенном месте с низким уровнем грунтовых вод (не более 2,5 м от поверхности почвы при наиболее высоком их стоянии) на расстоянии не менее 1 км от населённых пунктов, водоёмов, колодцев. Стены выкладываются водонепроницаемым материалом (кирпичом или просмолёнными брёвнами), дно — бетоном или глиной. Стены биотермической ямы должны выводиться выше уровня земли на 20 см, при этом сама яма должна плотно закрываться двумя крышками с замками с вытяжным каналом и с навесом для защиты от осадков. Через 20 суток после загрузки трупами температура в камере поднимается до 65° С. Процесс разложения трупов заканчивается за 35—40 суток с образованием однородного, не имеющего запаха компоста [5].

В настоящее время ямы выполняют функцию по утилизации медицинских отходов, трупов домашних и бездомных животных, других биологических отходов. Утилизация мертвых животных сейчас имеет значение, и есть богатый выбор предложений на рынке. Утилизируются трупы сожжением при большой температуре в специализированных печах.

Сжигание биологических отходов в крематоре обеспечивает максимальную результативность и безопасность. Очень высокая рабочая температура и возможность установки дополнительной камеры сжигания приводит к полному сжиганию, что гарантирует стерильность золы на выходе и отсутствие источников распространения вирусов [9].

Выбор оптимального метода и технологии обезвреживания и переработки биологических отходов базируется на недопущении негативного воздействия отходов на окружающую среду, ухудшения здоровья человека, обострения социальных аспектов развития общества и повышении экономической эффективности процессов обезвреживания отходов и рационального использования земельных ресурсов.

Методы сбора, утилизации и уничтожения биологических отходов регламентируются ветеринарно-санитарными правилами сбора, утилизации и уничтожения биологических отходов [4].

Биологические отходы, зараженные или контаминированные возбудителями: сибирской язвы, эмфизематозного карбункула, чумы крупного рогатого скота, чумы верблюдов, бешенства, туляремии, столбняка, злокачественного отека, катаральной лихорадки крупного рогатого скота и овец, африканской чумы свиней, ботулизма, сапа, эпизоотического лимфангоита, мелиоидоза (ложного сапа), миксоматоза, геморрагической болезни кроликов, чумы птиц, сжигают на месте, а также в трупосжигательных печах или на специально отведенных площадках; энцефалопатии, скрепи, аденоматоза, висна-маэди, перерабатывают на мясокостную муку. В случае невозможности переработки они подлежат сжиганию; болезней, ранее не регистрировавшихся на территории России, сжигают.

Настоящие Правила определяют следующие условия:

- сбора, утилизации и уничтожения биологических отходов;

- нераспространения возбудителей инфекционных и инвазионных болезней животных;

- предупреждения заболеваний людей зооантропонозными болезнями;

- охраны окружающей среды от загрязнения.

Ветеринарный специалист при осмотре трупа животного, мертворожденного, абортированного плода и других биологических

отходов дает заключение об их уборке, утилизации или уничтожении. Сбор и уничтожение трупов диких (бродячих) животных проводится владельцем, в чьем ведении находится данная местность.

Транспортные средства, выделенные для перевозки биологических отходов, оборудуют водонепроницаемыми закрытыми кузовами, которые легко подвергаются санитарной обработке. Использование такого транспорта для перевозки кормов и пищевых продуктов запрещается. После погрузки биологических отходов на транспортное средство обязательно дезинфицируют место, где они лежали, а также инвентарь и оборудование.

Почву (место), где лежал труп или другие биологические отходы, дезинфицируют сухой хлорной известью из расчета 5кг/кв. м, затем ее перекапывают на глубину 25 см [4].

Биологические отходы, допущенные ветеринарной службой к переработке на кормовые цели, на ветеринарно-санитарных заводах, в цехах технических фабрикатов мясокомбинатов, утилизационных цехах животноводческих хозяйств подвергают сортировке и измельчению.

Выбор и отвод земельного участка для строительства скотомогильника или отдельно стоящей биотермической ямы проводят органы местной администрации по представлению организации государственной ветеринарной службы, согласованному с местным центром санитарно-эпидемиологического надзора.

Размещение скотомогильников (биотермических ям) в водоохранной, лесопарковой и заповедной зонах категорически запрещается. Территорию скотомогильника (биотермической ямы) огораживают глухим забором высотой не менее 2 м с въездными воротами. С внутренней стороны забора по всему периметру выкапывают траншею глубиной 0,8 - 1,4 м и шириной не менее 1,5 м с устройством вала из вынутого грунта.

Сжигание биологических отходов проводят под контролем ветеринарного специалиста, в специальных печах или земляных траншеях (ямах) до образования негорючего неорганического остатка [4].

Анализируя управление и обращение с биологическими отходами, в Малопургинском районе предлагается рассмотреть следующие установки по переработке данных отходов:

–Крематоры КР (Россия) предназначены для уничтожения падежа домашней птицы, животных и других биологических отходов на птицефабриках, животноводческих комплексах и свинокомплексах, ветеринарных клиниках, больницах, убойных цехах. Крематор легко запускается, полностью готов к работе. Быстрый процесс сжигания и высокая температура обеспечивают незначительный расход топлива. Толстая термостойкая обшивка способствует сохранению жара и увеличивает эффективность. Перед новой загрузкой печи производится ее охлаждение и удаление золы [10].

–Печь для уничтожения органических отходов - крематор BURN MIZER (США) предназначена для сжигания биоматериала органического происхождения. В зависимости от мощности крематора производится загрузка основной камеры. После включения горелки температура внутри камеры доводится до рабочей и поддерживается в автоматическим режиме до полного сгорания биологических отходов. После полного сгорания биологических отходов требуется определенное время для остывания образовавшегося пепла (минимум 30 мин). После полного остывания пепла, его требуется осторожно удалить, не повредив огнеупорные панели [9].

–Инсинератор – надежный, безопасный способ ликвидации отходов. В инсинераторах уничтожаются или обезвреживаются практически все виды отходов, за исключением ртутьсодержащих и радиоактивных. Подача отходов в инсинератор производится механизированным горизонтальным загрузочным устройством. Объем загрузки определяется типом инсинератора. Удаление золы производится периодически после 4–5 циклов сжигания отходов.

Таблица 1

Сравнительная характеристика установок «КР - 200», «BurnMizer – 8430» и «Инсинератор ИН 50.02»

Характеристика технологий	КР - 200	BurnMizer – 8430	Инсинератор ИН 50.02
Рабочая загрузка, кг	до 200	226	
Габаритные размеры	1,83 х 0,762	2,1 х 0,8	
Производительность сжигания, кг/час	30-45	31	до 50
Вид топлива	дизтопливо, сжиженный газ, природный газ	дизтопливо, сжиженный газ, природный газ	дизтопливо, природный газ
Персонал	1	1	1
Отходы после переработки	4 класс	4 класс	4 класс
Экологическая оценка	Имеется выброс загрязняющих веществ в атмосферу, не превышает 0,02 ПДК	Имеется выброс загрязняющих веществ в атмосферу, не превышает 0,02 ПДК	
Возможность вторичного использования отходов	Отсутствует, утилизация на полигоне ТБОиПО	Отсутствует, утилизация на полигоне ТБОиПО	4
Электропитание, Вольт/Гц	220/50	220/50	Отсутствует, утилизация на полигоне ТБОиПО
Масса, кг	1250	907	220/50
Время сжигания при полной загрузке, час	4-6	5-7	
Цена, тыс. рублей	212	350	От 7 000

При выполнении работы были использованы материалы исследований [11-20].

В связи с тем, что стоимость инсинераторной установки достаточно велика, а муниципальное образование не имеет финансовой возможности на приобретение данного оборудования, в дальнейшем, на основании данных, будет проведена характеристика только двух установок по утилизации ветеринарных отходов.

Конструктивно обе установки представляют собой горизонтально расположенную цилиндрическую конструкцию из стали с размещением под колошником горелок, работающих на жидком топливе. Горелки исключают возможность возникновения пожара и обеспечивают устойчивость горения до полного расхода топлива.

Сравнительная характеристика установок российского и зарубежного производства (табл. 2) позволяет сделать вывод, что их применение обеспечивает процесс утилизации надежной санитарно-ветеринарной обработкой, экологичностью и биологической безопасностью. По сравнению с примитивным захоронением, у этого оборудования есть масса преимуществ, в числе которых — отсутствие газов, выделяемых трупами. Кроме того, крематоры просты в эксплуатации и требуют относительно небольших затрат труда и ресурсов.

Сравнительная экономическая характеристика вариантов обезвреживания отходов приведена в таблице 2.

Таблица 2

Экономическая оценка установок «КР - 200» и «BurnMizer – 8430»

Показатели	КР - 200	BurnMizer – 8430
Рабочая загрузка, кг	до 200	226
Стоимость оборудования, тыс. рублей	297	418
Эксплуатационные затраты, тыс. рублей	165	194
Персонал, человек	1	1
Заработная плата обслуживающего персонала, тыс. рублей	123	123
Отходы после переработки	4 класс	4 класс
Предотвращение экологического ущерба, тыс. рублей	1062	1062
Срок окупаемости оборудования	0,48	0,60

Ветеринарные отходы после термической переработки относятся к 4 классу опасности, в связи с чем могут беспрепятственно утилизироваться на полигоне ТБО и ПО. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу в результате работы рассматриваемых установок не превышают 0,02 ПДК.

Сравнительная характеристика установок позволили сделать выбор в пользу установки КР - 200, поскольку экономическая оценка значительного ниже, а основные технические показатели практически одинаковы.

Выводы:

1. В настоящее время необходимо совершенствовать нормативно-правовое обеспечение в области биологических отходов, поскольку федеральным законодательством не урегулированы или урегулированы в недостаточной степени многие вопросы, связанные с их обращением.

2. Использование крематоров на сегодняшний день является самым эффективным и безопасным методом термической утилизации биологических отходов, в частности - ветеринарных;

3. По сравнению с биотермическими ямами затраты на крематоры и ГСМ для них – наиболее экономически выгодный вариант. Крематоры просты в использовании и не требуют сложного сервисного обслуживания.

4. По результатам исследования с экологической и экономической сторон Установка «КР - 200» является более эффективной.

При выборе установки «КР - 200» администрацией Малопургинского района выбросы в атмосферу будут незначительными, в пределах ПДК.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [Электронный ресурс]. URL: http://www. consultant.ru/ document/cons_doc_LAW_34823/.

2. Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» [Электронный ресурс]. URL: http://www. consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/.

3. Федеральный закон от 30.03.1999 N 52-ФЗ «О санитарно - эпидемиологическом благополучие населения» [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/ cons_doc _LAW_22481/.

4. Ветеринарно-санитарные правила сбора, утилизации и уничтожения биологических отходов (в ред. Приказа Минсельхоза РФ от 16.08.2007 N 400,с изм., внесенными Определением Верховного Суда РФ от 13.06.2006 N КАС06-193).

5. Кривых Л. И. Утилизация отходов с животноводческих комплексов и ферм: практ. руководство / Л. И. Кривых. – Барнаул: РИО АИПКРС АПК, 2005.

6. Петров В.Г., Самигуллина Г.З. Бытовые и промышленные отходы: [учеб. пособие] - Ижевск, изд. ООО ИИЦ «Бон Анца»,2016,72с.

7. Самигуллина Г.З., Султан-Галиева Г.М., Корепанова М.В. Эпидемиологически безопасные пути решения утилизации медицинских отходов лечебно-профилактических учреждений г. Ижевска // Вектор науки Тольяттинского государственного университета,2013. - №2(24). - С.66-68.

8. Сидоренко О. Д. Биологические технологии утилизации отходов животноводства: учеб. пособие / О. Д. Сидоренко, Е. В. Черданцев. – М. : Изд- во МСХА, 2001.

9. http://kremator.ru

10. http://крематоры.рф/auxpage_o-krematorah

11. Звягинцева, А.В. Анализ процесса переработки ртутьсодержащих отходов и разработка природоохранных мероприятий / А.В. Звягинцева, С.А. Сазонова, В.В. Кульнева // Моделирование систем и процессов. - 2019. - Т. 12. - № 4. - С. 24-30.

12. Звягинцева, А.В. Расчет образования ртутьсодержащих отходов и разработка мероприятий по охране и рациональному использованию водных ресурсов / А.В. Звягинцева, С.А. Сазонова, В.В. Кульнева // Моделирование систем и процессов. - 2019. - Т. 12. - № 4. - С.30-36.

13. Кульнева, В.В. Синергизм при загрязнении воздуха городской среды на фоне неблагоприятных метеорологических условий / В.В. Кульнева, А.В. Звягинцева // Современные тенденции развития гидрометеорологии в России: материалы II Всерос. науч.-практ. конференции. - Иркутск: Из-во ИГУ, 2019. - С. 587-591.

14. Звягинцева, А.В. Экологический мониторинг опасных гидрологических явлений / А.В. Звягинцева, В.В. Кульнев, В.В. Кульнева // International academy of ecology, man and nature protection sciences Ecology and development of Society. - 2018. - № 3(26). - С. 62- 66.

15. Звягинцева, А.В. Математическая модель водородной проницаемости металлов с примесными ловушками при наличии внутренних напряжений различной физической природы / А.В. Звягинцева // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. - 2019. - № 19-21 (303-305). - С. 29-44.

16. Звягинцева, А.В. Современные накопители водорода на основе гибридных функциональных материалов/ А.В. Звягинцева, А.О. Артемьева // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2017. - Т. 13. - № 5. - С. 133-138.

17. Сазонова, С.А. Оценка надежности работы гидравлических систем по показателям эффективности / С.А. Сазонова // Вестник Воронежского института высоких технологий. - 2016. - №1(16). - С. 37-39.

18. Сазонова, С.А. Моделирование нагруженного резерва при авариях гидравлических систем / С.А. Сазонова / С.А. Сазонова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. - 2015. - № 4 (11). - С. 7.

19. Сазонова, С.А. Применение декомпозиционного метода при моделировании потокораспределения в гидравлических системах / С.А. Сазонова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. - 2015. - № 4 (11). - С. 14.

20. Сазонова, С.А. Особенности формулировки прикладных задач управления функционированием системами теплоснабжения / С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2018. - Т. 11. - № 3. С. 80-88.

Информация об авторах

Самигуллина Г. З. – кандидат биологических наук, доцент кафедры инженерной защиты окружающей среды, Удмуртский государственный университет (426034, Россия, Удмуртская республика, г. Ижевск, ул. Университетская, 1), e-mail: gyzals@mail.ru
Корепанова М. В. – магистрант кафедры природообустройства и водопользования, Удмуртский государственный университет (426034, Россия, Удмуртская республика, г. Ижевск, ул. Университетская, 1), e-mail: tanjatik@inbox.ru

Information about the authors

Samigullina G.Z. – candidate of biological Sciences, associate Professor of the Department of environmental engineering, Udmurt state University (1, Universitetskaya str., Izhevsk, Udmurt Republic, Russia, 426034), e-mail: gyzals@mail.ru
Korepanova M.V. – master's student of the Department of environmental management and water use, Udmurt state University (1, Universitetskaya str., Izhevsk, Udmurt Republic, Russia, 426034), e-mail: tanjatik@inbox.ru

УДК 666.97

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА НЕПРЕРЫВНОГО ДОЗИРОВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

С.И. Поляков, А.С. Ухин, С.Г. Челышев

Воронежский государственный технический университет

Аннотация: Рассматриваются вопросы автоматизации непрерывного дозирования компонентов бетонных смесей для обеспечения требуемой точности дозирования

Ключевые слова: непрерывное дозирование, автоматизированная система, тензометрические датчики

TECHNICAL MEANS OF CONTINUOUS DOSING OF CONCRETE COMPONENTS

S.I. Polyakov, A.S. Ukhin, S.G. Chelyshey

Voronezh State Technical University

Abstract: The issues of automation of continuous dosing of concrete mix components to ensure the necessary dosing accuracy are considered

Keywords: continuous dosing, automated system, strain gauges

Разработка автоматизированной системы управления дозаторами для бетонной смеси непрерывным способом представляет определенные трудности, то есть является сложной научной и инженерной задачей.

Известны разработки подобных систем, внедренные на производстве. Например, в девяностые годы на Воронежском заводе ЖБИ-2 была установлена автоматизированная система управления процессом дозирования для составляющих бетонных смесей. Система работала в дозировочном отделении бетоносмесительного цеха.

Технологическое оборудование весовое включало 6 дозаторов для цемента, воды, керамзита, щебня и гравия. Дозирование выполнялось по классическому принципу, включающее питающее устройство соответствующего типа и конструкции, грузоприемного органа и весоизмерительной системы. Последняя работала на принципе уравновешивания груза посредством рычагов: грузоприемного органа с материалом с одной стороны и весовой головки с отклоняющимися балластами с другой.

Особое внимание при разработке систем автоматики уделялось выбору датчиков веса. Так как грузоприемная часть дозатора при поступлении на нее материала прогибается вниз под действием силы тяжести, то можно от жесткого звена перемещающегося вместе с грузом получить достоверную информацию о весе. Здесь использовались аналого-цифровые преобразователи. Для них необходимо было реализовать принцип преобразования измерительного сигнала: линейное перемещение весового датчика – цифровой код, угловое перемещение весового датчика – цифровой код. Либо следующий принцип: линейное перемещение весового датчика – цифровая последовательность импульсов, угловое перемещение весового датчика – цифровая последовательность импульсов.

Бесспорно, любая система только тогда будет работать, если она состоит из надежных и работоспособных в жестких производственных условиях элементов. Поэтому, фактор надежности был главным при выборе преобразователей перемещений, как линейных, так и угловых.

При разработке АСУ непрерывным дозированием необходимо определить основные технические данные системы, функции, которые будет выполнять система автоматики. Осуществить выбор промышленного контроллера и компьютера.

Большое внимание требует разработка программного обеспечения. Наиболее подходит для процессов дозирования реализа-

© Поляков С.И., Ухин А.С., Челышев С.Г., 2020

ция прямого цифрового управления непрерывными дозаторами. Кроме того, система управления и соответственно программное обеспечение должны быть адаптированы к особенностям работы дозаторов составляющих бетонных смесей, учитывать сам процесс взвешивания, характер загрузки питающим устройством, отсечение потока материала при достижении требуемого веса или расхода (производительности) дозатора и так далее. Ведь дозаторы работают в весьма жестких условиях внешней среды, материал поступает неравномерно, различного гранулометрического состава, влажности, объемного веса, в условиях резкого перепада температур и влажности. Все эти негативные факторы и возмущающие воздействия на процесс весового дозирования необходимо учесть.

В итоге программное обеспечение должно реализовывать такой математический аппарат, который способен принять особенности дозирования в условиях работы этих дозаторов на предприятиях стройиндустрии и быть адаптированным к самому процессу загрузки, выгрузки, взвешивания и преобразовании веса в достоверный измерительный сигнал.

С точки зрения управления автоматизированная система должна выполнять следующие функции: обеспечивать стабилизацию значения веса или расхода материала на весоизмерительном устройстве, осуществлять программное логическое управление исполнительными органами весового оборудования бетоносмесительных установок непрерывного действия.

Автоматизированная система управления должна собирать, обрабатывать по алгоритму интеллектуального программного обеспечения всю необходимую измерительную информацию о процессе дозирования. Монитор отображает состояние всего весодозирующего оборудования. Кроме того, необходимо получать информацию не только о технологических параметрах процесса взвешивания, формирования дозы, расхода и производительности, но и об отклонении этих величин от заданного значения. Следить о достижении предельных значений технологических параметров. И при необходимости оповещать диспетчера или оператора о возникших аварийных ситуациях.

Основным объектом исследования и автоматизации является дозатор непрерывного действия, представленный на рис. 1 [1].

Состав приведенного дозатора и системы управления следующий:

1 – сыпучий материал (компонент бетонной смеси)

2 – загрузочное входное устройство,

3 – датчик силовой тензометрический,

4 – датчик частоты вращения ленты дозатора,

5 – датчик частоты вращения ведомого барабана,

6 – датчик натяжения ленты грузового конвейера,

7 – асинхронный электропривод ленты дозатора и секторного питателя,

8 – частотный преобразователь,

9 – датчики наполнения дозатора,

10 – входная воронка питающая.

Информация в виде измерительных сигналов поступает на входы контроллера, а также на аналого-цифровой преобразователь. В соответствии с алгоритмом управления обрабатывается, и в случае отклонения технологических параметров от заданного значения, контроллер обеспечивает выработку командных управляющих воздействий на силовые и исполнительные механизмы с целью достижения контролируемых технологических параметров заданного значения.

Основным элементов работы дозатора является тензометрический преобразователь веса, серийно выпускаемый промышленностью, и широко внедряемый в том числе и для операций дозирования и взвешивания в различных отраслях промышленности.

Предложенный комплекс технических средств автоматизированного управления имеет достаточный и необходимый состав для достижения качественного управления процессом непрерывного взвешивания сыпучих материалов.

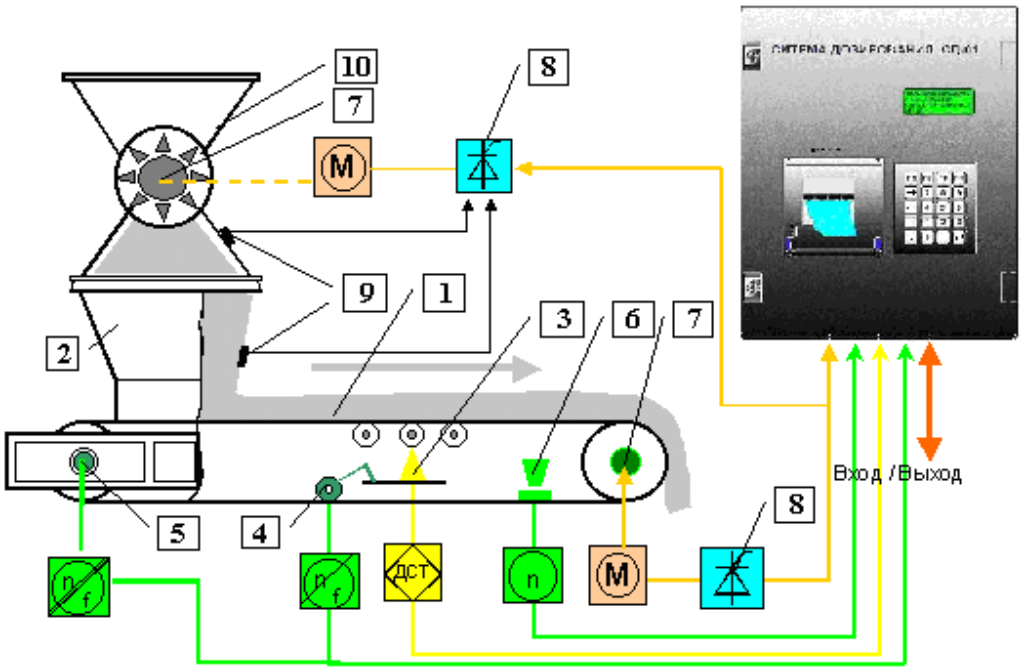


Рис. 1. Дозатор непрерывного действия, оснащенный тензометрической системой автоматического взвешивания и управления

Структурная схема автоматизированного управления дозированием составляющих смесей приведена на рис. 2 [2].

Схема имеет типовую структуру непосредственного цифрового управления. С целью обеспечения помехозащищенности блок сильноточных ключей, управляемый платой ввода-вывода релейных сигналов, выполнялся на гальванически развязанных элементах. Система обслуживала одну секцию дозировочного отделения бетоносмесительной установки, состоящую из 4-х дозаторов непрерывного действия.

Работа подобных систем управления в условиях производства достаточно надежна. Основным показателем качественной работы весового дозатора непрерывного действия остается показатель точности дозирования, то есть стабильного расхода или производительности дозатора. Обеспечить заданную точность в условиях промышленной эксплуатации дозаторов представляет на практике значительную трудность [3].

Основным трудно преодолимым фактором в достижении точности, все-таки является сам процесс загрузки дозатора расходным материалом. Из-за налипания материала к стенкам воронки, разного наполнения дозатора, изменения физико - механического состояния исходных компонентов, объемного веса, влажности, отсутствия бесперебойного поступления материала и так далее сильно затрудняют работу дозатора. И в, первую очередь, страдает точность необходимая для поддержания заданного процентного соотношения компонентов смесей в процессе приготовления бетонных смесей.

Отказ от принципа уравновешивания веса рычажными системами и замены на тензометрические силовые преобразователи бесспорно улучшило работу дозаторов. Проводимая модернизация по внедрению тензометрического метода измерения веса изменило сам принцип взвешивания сыпучих тел. Значительно снизилась колебательность процесса взвешивания, и, несмотря на то, что она была сведена к минимуму, из-за сложного характера процесса загрузки, она сохраняется.

Решить полностью проблему точности дозирования и взвешивания только выбором технических средств не представляется возможным. Необходим математический аппарат и программное обеспечение, его реали-

зующее, способные адаптироваться к работе дозаторов. Программное обеспечение должно содержать вычислительный аппарат, основанный на оперативном анализе данных работы дозатора, упреждении динамической погрешности дозирования, ее статистическом прогнозировании. Только после обработки этих данных может быть выработано адекватное управляющее воздействие на управление механизмами дозатора непрерывного действия в составе бетоносмесительных установок для производства качественных смесей.

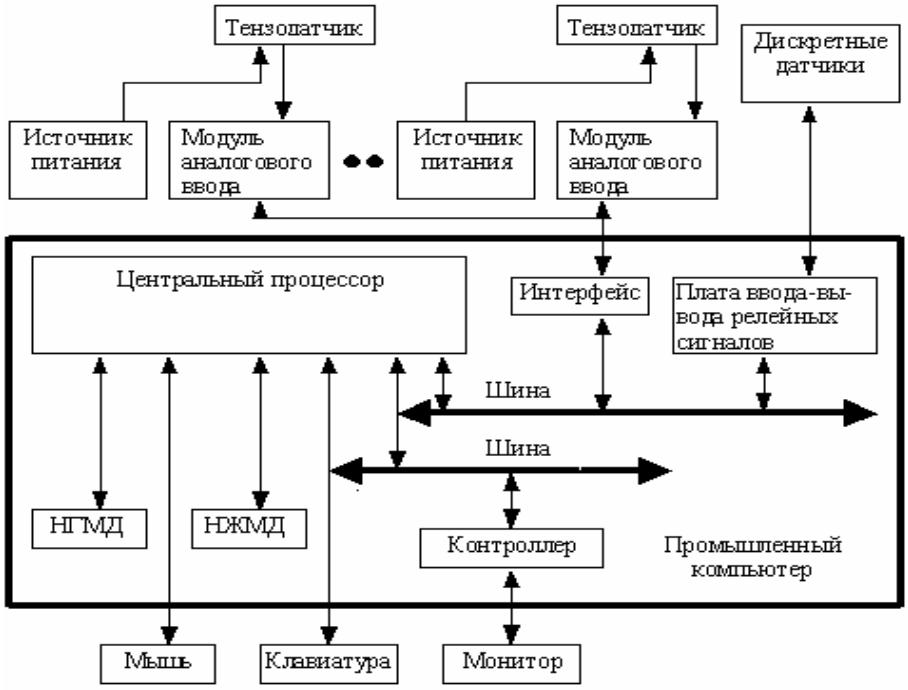


Рис. 2. Структурная схема автоматизированного управления весовым дозированием сыпучих тел

Назначение весового дозатора непрерывного действия – поддерживать с заданной точностью расход сыпучего материала на технологическом участке бетоносмесительной установки. Одновременно необходимо на этом технологическом весоизмерительном оборудовании осуществлять учет расхода дозируемого сыпучего материала [4].

Система управления в автоматическом режиме позволяет переналадить настройку дозатора в соответствии с новым заданием по расходу компонентов. Применение автономно работающего ленточного весового дозатора обеспечивает поддержание процентного соотношения компонентов и позволяет добиться производства качественных бетонных смесей. Точность измерений дозатора выполняется за счет автоматизированной системы регулирования и измерения расхода сыпучего материала.

Дозатор составляющих бетонных смесей оборудован программируемым логическим контроллером. Контроллер может быть подключен как к отдельному пульту управления дозатором, так и встроен в систему управления и сбора данных АРМ диспетчера в системе автоматизированного управления.

АСУТП непрерывного весового дозирования, которая в своем составе использует ПЛК OMRON CPM2A, обеспечивает необходимую точность весового непрерывного дозирования материалов, а также позволяет экономить производственные ресурсы.

Микропроцессор контроллера обрабатывает полученную входную информацию

по алгоритму управления. После обработки входной информации о состоянии весоизмерительного процесса процессор вырабатывает команды, реализуемые выходными цепями ПЛК, для управления исполнительными устройствами систем автоматизации: частотными преобразователями, магнитными пускателями, электромагнитными механизмами, мотор-редукторами и другими.

Преобразователь тензометрический широко внедряется в качестве весоизмерительного устройства в различные отрасли промышленности, в том числе и в стройиндустрии, включает в себя следующие блоки: входы и выходы дискретные выполненные с гальванической развязкой, драйверы RS485 и RS232 также выполненные с гальванической развязкой, микропроцессор, индикатор светодиодный и клавиатура, блок питания преобразователя, преобразователь аналого-цифровой.

Входное сетевое напряжение питания преобразуется блоком питания прибора в напряжение стабилизированное, необходимое для питания как датчиков тензометрических, так и всех остальных узлов прибора. Питание преобразователя выполняется либо от внешнего источника 12…25В, либо от сети переменного тока 220В. Источник питания вспомогательный работает только от сетевого напряжения переменного тока 220В. Кроме того, он имеет от основной схемы развязку гальваническую. Преобразователь имеет также нестабилизированное напряжение вспомогательного внутреннего источника питания. Это напряжение, помимо основного питания, может быть использовано для подключения внешних релейно-контактных дискретных датчиков, для которых не предъявляются повышенные требования к источнику питания.

Пропорциональный измеряемому весу на ленте конвейера непрерывного дозатора, измерительный сигнал тензодатчика подается на входные цепи аналого-цифрового преобразователя. Схема подключения тензометрического датчика к вторичному измерительному прибору Ньютон 11 имеет свои особенности, которые заключаются в компенсировании потерь напряжения в соединительных проводах тензометрического датчика. На входы АЦП приходит также напряжение с питающей диагонали тензометрического датчика наряду с измерительным сигналом тензометрического датчика. Это напряжение в измерительной схеме для АЦП является опорным. После обработки в АЦП цифровые значения измерительных сигналов подаются в микропроцессор. В микропроцессоре цифровые значения обрабатываются и происходит преобразование искомых значений в измеряемый вес. Полученный вес высвечивается на индикаторе тензометрического преобразователя и далее по сети поступает интерфейсу RS485/RS232. Кнопками на лицевой панели тензометрического преобразователя вес при необходимости сбрасывается.

Получив фактическое измеренное значение веса, вторичный преобразователь может выдать релейный сигнал по предварительно выполненным настройкам самого тензометрического преобразователя.

Кроме этого, также по предварительно выполненным настройкам преобразователя обрабатывается состояние входов прибора. В выходных цепях происходят действия в связи с состоянием входов преобразователя.

Для попадания в заданный диапазон веса сыпучего материала необходимо установить режим сигнализации. Для этого нужно выполнить соответствующую настройку.

В преобразователе тензометрическом присутствует режим сигнализации, при котором в процессе весового непрерывного дозирования произошел переход предельных граничных значений текущего веса материала из установленного диапазона.

В соответствии с алгоритмом взвешивания происходит считывание информации тензометрических датчиков дозирования компонентов смеси. Кроме этого, вычисляется массовый расход сыпучих материалов по каждому весовому дозатору, выполняется расчет отклонения фактической производительности дозаторов от заданной. Помимо

основной задачи весового дозирования, системой автоматизированного управления программным обеспечением решается задача оптимального дозирования компонентов в соответствии с заданным составом бетонных смесей.

Для контроллера фирмы OMRON средой программирования при разработке программ является пользовательский интерфейс CX-Programmer. Эта среда позволяет в кратчайшие сроки освоить язык программирования, также называемый языком релейно-контактных схем или лестничных диаграмм.

Информационные функции автоматизированной системы управления дозированием состоят в отображении информации, ее сборе и обработке. Управляющие функции АСУ дозированием состоят в стабилизации весового расхода сыпучего материала, программном управлении исполнительными устройствами дозатора.

Внедрение новой техники приведет к снижению себестоимости произведенной продукции и увеличению получаемой прибыли, что очень важно для предприятия в условиях рыночной экономики.

Выводы

1. Выявлены особенности управления процессом дозирования сыпучих материалов на участке смешивания в составе БСУ непрерывного действия.

2. Предложены проектные решения по реконструкции, совершенствованию систем автоматизации, заключающиеся в установке весоизмерительных конвейеров, оснащенных частотными преобразователями, системами информационно-измерительными тензометрическими.

3. Предложена автоматизированная система управления непрерывного дозирования компонентов бетонных смесей, отличающаяся оперативным сбором и анализом входной и выходной информации о технологических параметрах на участке непрерывного весового дозирования, выработкой оперативных управляющих воздействий на технологическое весоизмерительное оборудование.

Библиографический список

1. Маликов С.П. и др. Весы и дозаторы весовые: Справ. – М.: Машиностроение, 1981. – 319 с.

2. Поляков С.И. Внедрение модульной системы управления дозированием в производство // Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем лесного комплекса // Межвуз. сб. науч. трудов. – Воронеж: ВГЛТА, 2000. – 351 с.

3. Поляков С.И. Метрологические характеристики процесса дозирования сыпучих тел // Химико-лесной комплекс – проблемы и решения: Сб. стат. по матер. Всерос. науч. – практ. конф. - Красноярск: СибГТУ, 2002. – Т. 2. – С.130-135.

4. Поляков С.И. Управление процессами дозирования и смешивания в производстве древесностружечных плит // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2011. № 29. С. 111-117.

Информация об авторах

Поляков С.И. – кандидат технических наук, доцент кафедры систем управления и информационных технологий в строительстве, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), e-mail: poliakov1960@mail.ru

Ухин А.С. – студент группы мАСУ-181, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), тел.: 8-981-948-9549

Челышев С.Г. - студент группы мАСУ-181, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), тел.: 8-951-874-9573

Information about the authors

Polyakov S.I. – candidate of technical sciences, associate professor department of Management systems and information technologies in construction, Voronezh State Technical University (84, 20 years of October Street, Voronezh, 394006, Russia), e-mail: poliakov1960@mail.ru

Ukhin A.S. - Students of the mASU-181 group, Voronezh State Technical University (84, 20 years of October Street, Voronezh, 394006, Russia), ph.: 8-981-948-9549

Chelyshev S.G. - Students of the mASU-181 group, Voronezh State Technical University (84, 20 years of October Street, Voronezh, 394006, Russia), ph.: 8-951-874-9573

УДК 628

ОЦЕНКА ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕБАЗЫ И ВОЗДЕЙСТВИЯ АВИАЦИОННЫХ ГОРЮЧЕ-СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРИ ТУШЕНИИ РЕЗЕРВУАРОВ

А.В. Звягинцева, С.А. Сазонова, С.Д. Николенко

Воронежский государственный технический университет

Аннотация: Рассмотрены оценка объектов нефтебазы с позиции пожароопасности, расчёт сил и средств, обеспечивающие своевременное и эффективное их подключение в случае возникновения пожара. Показана необходимость использования современных средств тушения для ликвидации возникшего пожара, а также экономический эффект от внедрения новой техники. Выполнено определение источника возникновения и характера развития пожара в резервуаре. Определена взаимозависимость факторов: вид горючей жидкости, наличие взрывоопасной концентрации внутри резервуара, место возникновения пожара, конструкция резервуара, наличие и состояние систем противопожарной защиты

Ключевые слова: пожаровзрывоопасность, нефтебазы, горюче-смазочные материалы, резервуары, техносферная безопасность, окружающая среда

EVALUATION OF FIRE AND EXPLOSION HAZARDS OF OIL FACILITIES AND EXPOSURE TO AIRCRAFT FUEL AND LUBRICANTS ON THE ENVIRONMENT WHEN EXTINGUISHING RESERVOIRS

A.V. Zvyagintseva, S.A. Sazonova, S.D. Nikolenko

Voronezh State Technical University

Abstract: The assessment of the tank farm facilities from a fire hazard position, the calculation of forces and means, ensuring timely and effective connection in the event of a fire is considered. The necessity of using modern extinguishing means to eliminate the fire that has arisen, as well as the economic effect of introducing new equipment, is shown. The determination of the source of the occurrence and nature of the development of the fire in the tank is made. The interdependence of factors was determined: the type of flammable liquid, the presence of explosive concentration inside the tank, the place of fire, the tank structure, the presence and condition of fire protection systems

Keywords: fire and explosion hazard, oil depots, fuels and lubricants, tanks, technosphere safety, environment

Все объекты хранения нефти и нефтепродуктов являются пожаровзрывоопасными, поэтому ЧС на нефтебазе приводит к существенным материальным потерям и наносят вред окружающей среде, подвергая опасности здоровье и жизнь человека. Исходя из вышеизложенного, данная тема является актуальной. При выполнении работы были использованы материалы исследований [1-20].

Авиационные бензины. Антидетонационные свойства бензинов характеризуются не только по октановому числу, но и сортности. Выпускают авиационные бензины марок Б95/130, Б91/115, Б–70.

Сортность – это дополнительная характеристика к октановому числу; она означает увеличение мощности авиационного двигателя в процентах при переводе его с технического эталонного изооктана на данный бензин (богатая смесь с наддувом) при той же степени сжатия и отсутствии детонации. Величина сортности колеблется от 90% до 130%.

Нефтяные масла: это смесь жидких высококипящих фракций. Нефтяные масла используют для снижения трения между твёрдыми поверхностями движущихся частей механизмов, станков и т. д. По области применения нефтяные масла подразделяют на смазочные и специальные; смазочные делят на индустриальные, моторные, масла для прокатных станков, вакуумные и т. д.

Показан проведенный статистический анализ возникновения техногенных пожаров на объектах хранения нефти и нефтепродуктов (рис. 1). Как мы видим, основными местами возникновения пожаров явились, по-

© Звягинцева А.В., Сазонова С.А., Николенко С.Д., 2020

жары в резервуарах и насосных станциях.

Основными причинами пожаров явились как огневые и ремонтные работы, так и искры электроустановок. Пожары в резервуарных парках несут за собой значительный ущерб, а в некоторых случаях и гибель людей.

Наибольшая продолжительность тушения пожара в резервуарах приходится на зимнее время, а при температуре окружающего воздуха ниже 25 °С средняя продолжительность тушения составляет более 10 часов.

Липецкая нефтебаза ОАО "Северная нефтебаза" классифицируется:

- по назначению: распределительная – предназначена для приема нефтепродуктов всеми видами транспорта и отпуска нефтепродуктов непосредственно потребителям, в основном автотранспортом наливом и в таре;

- по транспортным связям: железнодорожная – получает нефтепродукты по железнодорожной ветке (тупику) наливом в вагонах-цистернах и крытых вагонах в таре;

- по общей вместимости емкостей: II категория – 20000 до 50000 м^3;

- по грузообороту: 3 группа – 50000 до 100000 т/год включительно.

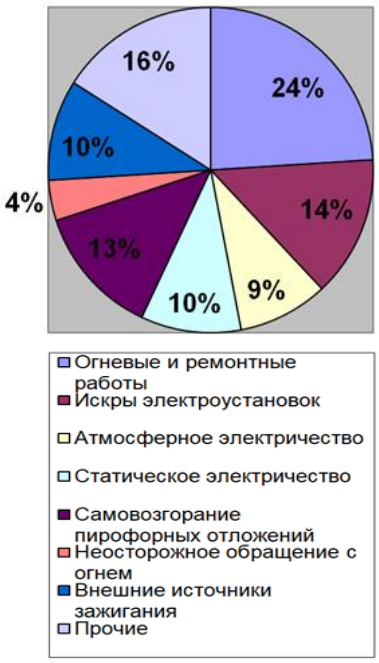


Рис. 1. Причины возникновения пожара

Объекты Липецкой нефтебазы ОАО "Северная нефтебаза" были построены и введены в эксплуатацию в 1930 году. Реконструкция сооружений, технологического оборудования проводилась в 1958 г., 1986-1990г.г.

Месторасположения объекта: Функциональное назначение цеха – прием, хранение и отпуск нефтепродуктов. В состав цеха входят: производственные участки, железнодорожная сливо-наливная эстакада, насосная светлых и темных нефтепродуктов, резервуарный парк светлых и темных нефтепродуктов, авто наливная эстакада, административное здание, здание операторской, складские и бытовые помещения. Площадь территории составляет 94308 м^2.

В качестве объекта исследования мною выбрана ОАО «Северная» нефтебаза, которая предназначена для приема, хранения и отпуска нефти и нефтепродуктов. Район сейсмически устойчив. Ёмкости для хранения нефтепродуктов находится в обваловании.

После анализа пожарной обстановки на объекте было установлено, что наиболее опасным вариантом возможного техногенного пожара является взрыв с последующим горением жидкости.

Исходные данные. В результате взрыва (самая вероятная ситуация из практики пожаротушения) происходит частичное разрушение и обрушение крыши внутрь резервуара с последующим горением жидкости на всей свободной поверхности площади зеркала резервуара.

Так как в летнее время испарение горючих жидкостей будет происходить интенсивнее, чем в зимнее время, то возможность возникновения пожара наиболее вероятна - летом.

Скорость ветра составляет 2-4 м·с$^{-1}$, направление ветра юго-западный, температура окружающего воздуха + 25 °С;

Процесс горения жидкости на свободной поверхности зеркала резервуара характеризуется рядом общих показателей:

- высота светящейся части факела составляет до 1,5 диаметра резервуара;

- при ветре пламя будет наклонено, под углом к горизонту и иметь примерно те же размеры;

- температура светящейся части пламени может колебаться в пределах от 1000° до 1200°С.

Вывод: Таким образом, уже с первых минут от момента начала пожара в одном резервуаре, создаётся реальная угроза его распространения на соседние резервуары, находящиеся под воздействием инфракрасного излучения пламени факела.

В данной работе предлагаются 2 варианта тушения пожара:

1 вариант тушения пожара является базовым с использованием ГПС-600 и передвижных средств пожарной охраны. В качестве 1 варианта сценария пожара принято развитие пожара в резервуаре № 3 резервуарного парка для хранения светлых нефтепродуктов.

2 вариант тушения пожара. Тушения пожара в резервуаре РВС – 5000, с использованием ГПС-600 и передвижных средств пожарной охраны Предлагаемый аппарат для тушения: с использованием УКТП «Пурга» (рис. 2, таблица) и передвижных средств пожарной охраны.

Рис. 2. Внешний вид УКТП «Пурга»

Таблица 1

Характеристики УКТП «Пурга»

Наименование параметров	УКТП «Пурга» 10.20.30.
1.Производительность установки: - по пене низкой кратности (л/с) - по пене средней кратности (л/с)	 200 400
2. Суммарная производительность установки (по раствору пенообразователя) (л/с)	25
3. Расход пенообразователя (л/с)	0,9-1,8
4. Рабочее давление МПа	0,6-0,8
5. Скорость тушения ЛВЖ и ГЖ (м/с)	6-8
6. Дальность подачи струи: - водяной (м); - пеной (м).	50 47
7. Количество ствольщиков для работы на установке (чел.)	1
8. Стоимость установки (руб.)	50000
9. Срок эксплуатации (лет)	10

Расчёт необходимого количества сил и средств для тушения пожара в группе резервуаров РВС 5000, РВС 2500, РВС 2000, РВС 1000, используя УКТП «Пурга»:

1. Определяем наличие соседних резервуаров, подлежащих защите от тепловых воздействий:

L=12·1,5=18 м. №4
L=15·1,5=22,5 м. №2

2. Определение требуемого количества пенных стволов на тушение горящих резервуаров:

NrГПС =(408·0,08)/6=5,44=6 шт.
на тушение РВС-5000 (ГПС-600)

NrГПС =(120·0,08)/6=1,6=2 шт .
на тушение РВС-1000 (ГПС-600)

3. Определение требуемого расхода воды для тушения пожара с использованием ГПС-600:

Qтуш =8·5,64=45,12 л.· с-1

4. Определяем количество установок для тушения резервуара №2 (РВС-2000):

Nуст=(181·0,08)/25=0,57=1 шт.

5. Определяем количество пенообразователя необходимое для тушения резервуара при помощи УКТП «Пурга»:

$$VтПО=1\cdot0,9\cdot(15\cdot60)3=2430 \text{ л}$$

6. Определение необходимого количества воды для тушения резервуара №2 при помощи УКТП «Пурга» 10.20.30:

$$Vгв= 1\cdot24,1\cdot(15\cdot60)\cdot3=65070 \text{ л.}$$

7. Определяем количество стволов ГПС-600 на тушение пожара в резервуаре №1 (РВС-2500):

$$Nгуст=(254\cdot0,08)/6=3,4=4 \text{ шт.}$$

8. Определяем количество пенообразователя необходимое для тушения резервуара при помощи 4 ГПС-600:

$$VтПО=4\cdot0,36\cdot15\cdot60\cdot3=3888 \text{ л.}$$

9. Определим общее количество воды на тушение и охлаждения группы резервуаров РВС-5000, РВС-1000, РВС-2500, РВС-2000:

$$V\ общВ = (121824+902850)+125982=1150565 \text{ л.}$$

10. Определение необходимого количества личного состава:

$$Nл/с=2\cdot9с+2\cdot6+6+7+3=46 \text{ человек.}$$

11. Определение необходимого количества отделений на ПА основного назначения:

$$Nотд=46/4=11,5=12 \text{ отделений.}$$

Вывод: использование УКТП «Пурга» при тушении, позволяет тушить пожары нефтепродуктов в резервуарах большой емкости с большим эффектом, с наименьшей опасностью для личного состава.

В результате проделанной работы по прогнозированию и оценке обстановки в случае возникновения пожара в группе резервуаров №1, №2, №3, №4 приходим к выводу, что тушение данных резервуаров представляет собой особую сложность, как с привлечением большого количества сил и средств, так и обеспечением безопасности участников тушения и пожарной техники. При этом такие пожары приводят к уничтожению большого количества нефтепродукта, производственного и технологического оборудования, приносят значительный ущерб и создают крайне неблагоприятную экологическую обстановку. Об этом свидетельствует опыт тушения подобных пожаров на аналогичных объектах России.

На основании вышесказанного предлагается:

-администрации нефтебазы закольцевать тупиковый трубопровод, диаметром 100 мм для требуемой водоотдачи 58 л/с;

-администрации нефтебазы увеличить объем пожарных водоемов № 1, № 2, № 4, №5 до 200, 200, 300, 250 м^3 соответственно;

-пожарному гарнизону г. Липецка приобрести установки комбинированного тушения пожаров «Пурга»10.20.30.;

-в связи с тем, что в гарнизоне г. Липецка большинство пожарных машин оборудовано стационарными лафетными стволами предложить администрации нефтебазы укомплектовать пожарную часть ДПК 6 ПЛС-20 с насадками диаметром 25 и 28 мм.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». М: Юридическая литература, 1999. – С.3-6.

2. Федеральный закон Российской Федерации от 14.03.1995г. №33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях». М: Юридическая литература, 1999. – С.2-16.

3. ГОСТ 12.1.007-76* ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2003. – С.36.

4. НПБ 02-93 Порядок участия органов государственного пожарного надзора Российской Федерации в работе комиссий по выбору площадок (трасс) для строительства. М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2003. – С. 25.

5. Солодов, Е.А. Анализ рисков дорожно-транспортных происшествий на примере опасных участков дороги города Воронежа / Е.А. Солодов, А.В. Звягинцева // Гелиогеофизические исследования. – 2014. - № 8. – С. 72-75.

6. Авдюшина, А.Е. Анализ статистики столкновений воздушных судов с птицами за 2002-2012 годы и современные средства обеспечения орнитологической безопасности полетов / А.Е. Авдюшина, А.В. Звягинцева // Гелиогеофизические исследования. – 2014. - № 9. – С. 65-77.

7. Звягинцева, А.В. Перспективы пространственного анализа в географических информационных системах для прогнозирования риска лесных пожаров на территории Воронежской области / А.В. Звягинцева, Д.В. Яковлев // Гелиогеофизические исследования. – 2014. - № 9. – С. 78-88.

8. Николенко, С.Д. Математическое моде-

лирование дисперсного армирования бетона / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин // Моделирование систем и процессов. - 2019. - Т. 12. - № 1. - С. 74-79.

9. Asminin, V. Development and application of a portable lightweight sound suppression panel to reduce noise at permanent and temporary workplaces in the manufacturing and repair workshops / V. Asminin, E. Druzhinina, S. Sazonova, D. Osmolovsky // Akustika. - 2019. - Т. 34. - С. 18-21.

10. Sazonova, S.A. Simulation of a transport standby for ensuring safe heat supply systems operation / S.A. Sazonova, S.D. Nikolenko, A.A. Osipov // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science And Engineering International science and technology conference "FarEastCon-2019". - 2020. - Sci. Анг. 753. - С. 052004.

11. Андреев, Е.С. Моделирование дефектов при ультразвуковом контроле сварных соединений / Е.С. Андреев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 1. - С. 4-9.

12. Кораблин, С.Н., Николенко С.Д., Сазонова С.А. Моделирование температурных напряжений в фундаментных плитах здания / С.Н. Кораблин, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 1. - С. 54-60.

13. Пантелеев, А.И., Николенко С.Д., Сазонова С.А. Процесс обследования несущих конструкций технологических эстакад / А.И. Пантелеев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 1. - С. 61-68.

14. Кульнева, В.В. Синергизм при загрязнении воздуха городской среды на фоне неблагоприятных метеорологических условий / В.В. Кульнева, А.В. Звягинцева / Современные тенденции развития гидрометеорологии в России: материалы II Всерос. науч.-практ. конференции. - Иркутск: Из-во ИГУ, 2019. - С. 587-591.

15. Звягинцева, А.В. Экологический мониторинг опасных гидрологических явлений / А.В. Звягинцева, В.В. Кульнев, В.В. Кульнева // International academy of ecology, man and nature protection sciences Ecology and development of Society. - 2018. - № 3(26). - С. 62- 66.

16. Звягинцева, А.В. Математическая модель водородной проницаемости металлов с примесными ловушками при наличии внутренних напряжений различной физической природы / А.В. Звягинцева // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. - 2019. - № 19-21 (303-305). - С. 29-44.

17. Звягинцева, А.В. Взаимосвязь структуры и свойств гальванических никелевых покрытий, легированных бором, в изделиях электронной техники / А.В. Звягинцева // Гальванотехника и обработка поверхности. - 2007. - Т. 15. - № 1. - С. 16-22.

18. Звягинцева, А.В. Влияние бора на наводороживание никелевых пленок / А.В. Звягинцева // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. - 2006. - № 5 (37). - С. 85-86.

19. Звягинцева, А.В. Современные накопители водорода на основе гибридных функциональных материалов / А.В. Звягинцева, А.О. Артемьева // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2017. - Т. 13. - № 5. - С. 133-138.

20. Звягинцева, А.В. Математическая модель водородной проницаемости металлов с примесными ловушками при наличии внутренних напряжений различной физической природы / А.В. Звягинцева // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. - 2019. - № 19-21 (303-305). - С. 29-44.

Информация об авторах

Звягинцева А. В. - кандидат технических наук, доцент кафедры химии и химической технологии материалов, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), e-mail: zvygincevaav@mail.ru

Сазонова С. А. - кандидат технических наук, доцент кафедры техносферной и пожарной безопасности, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), e-mail: Sazonovappb@vgasu.vrn.ru

Николенко С. Д. - кандидат технических наук, доцент кафедры техносферной и пожарной безопасности, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), e-mail: nikolenkoppb1@yandex.ru

Information about the authors

Zvyaginceva A.V. - Ph. D. in Engineering, Associate Professor of the Department of Chemistry and Chemical Technology of Materials, Voronezh State Technical University (84, 20 years of October Street, Voronezh, 394006, Russia), e-mail: zvygincevaav@mail.ru

Sazonova S.A. - Ph. D. in Engineering, Associate Professor of the Department of Technosphere and Fire Safety, Voronezh State Technical University (84, 20 years of October Street, Voronezh, 394006, Russia), e-mail: Sazonovappb@vgasu.vrn.ru

Nikolenko S.D. - Ph. D. in Engineering, Associate Professor of the Department of Technosphere and Fire Safety, Voronezh State Technical University (84, 20 years of October Street, Voronezh, 394006, Russia), e-mail: nikolenkoppb1@yandex.ru

УДК 004

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

У.О. Никитина, Р.С. Зарипова

Казанский государственный энергетический университет

Аннотация: Статья посвящена изучению возможностей виртуальной реальности, степени ее проявления в процессе жизнедеятельности человека, а также рассмотрены ее позитивные и негативные стороны. В статье приводится описание негативных последствий от использования виртуальной реальности

Ключевые слова: виртуальная реальность, виртуальная среда, пользователь, обучение, зависимость, риски

CHALLENGES AND PROSPECTS FOR VIRTUAL REALITY TECHNOLOGIES

U.O. Nikitina, R.S. Zaripova

Kazan State Power Engineering University

Abstract: The article is devoted to the study of the possibilities of virtual reality, the degree of its manifestation in the process of human life, as well as its positive and negative aspects. The article describes the negative consequences of using virtual reality

Keywords: virtual reality, virtual environment, user, training, addiction, risks

Виртуальная реальность представляет собой некое подобие окружающего нас мира, искусственно созданного с помощью технических средств и представленного в цифровой форме. Можно сказать, что виртуальная реальность (VR) – это мир, созданный технологиями. Он не существует физически, но ощущается органами чувств человека. VR имитирует как воздействие, так и реакции на воздействие.

Технология виртуальной реальности стала доступнее и актуальнее в наше время. Большая часть людей старается следить за тенденцией игрового мира. Широкую популярность получили очки и шлемы: в них уже встроены дисплей, наушники и возможно микрофон, благодаря им граница между реальностями становится тоньше. Данные гарнитуры устроены не сложно: адаптированное изображение передается для каждого глаза через линзы, камеры снимают отдельно для правого и левого зрачка, при этом расстояние до изображения приближено к реальному. Так создается иллюзия трехмерного пространства. Так же существуют датчики движения рук, ног, головы. Совместно складывается чувство полноценного погружения в симуляцию.

80% россиян испытывают стресс в повседневной жизни. И чтобы расслабиться, забыться, они прибегают к играм, развлечениям. Только за 2017 год выросло пользователей VR в онлайн-магазинах компьютерных игр на 180%. Рынок технологий виртуальной реальности к 2020 году возрастет в 20 раз по сравнению с 2016 годом. Прогнозируют, что так к 2020 году станет 95 млн пользователей VR, а к 2025 – 315 млн. Это связано не только с увлечением к видеоиграм, но и использование VR в таких сферах как образование,

© Никитина У.О., Зарипова Р.С., 2020

здравоохранение, военная промышленность [1].

Человечество нуждается в VR. Выделим то, что виртуальный мир превосходит над реальным, и человек все чаще прибегает к нему за решением проблем. Например, в медицине, такие технологии используют для подготовки врачей к сложным операциям: качественное обучение, проектирование хирургического вмешательства, сканирование пациента (томография, УЗИ). Перчатки VR помогают практиковаться в хирургии, в них намного дешевле и гуманнее, чем на людях или животных. Также в энергетической и строительной отраслях используют систему VR типа VECADWall для моделирования плана производства работ, чтобы минимизировать риски и предотвратить задержки. В бизнесе данная технология помогает увеличить продажи [2]. Например, создаются видеоролики, когда потенциальный водитель, надев перчатки и шлем, может почувствовать себя как в салоне автомобиля. Следовательно, VR помогает развиваться в любой сфере. С помощью него можно максимально быстро и эффективнее обучить специалиста, школьника, студента [3]. Это так же хороший досуг, который дает возможность погрузиться в необычный мир и забыть о проблемах. Кроме того, развивается нестандартное мышление: нужно уметь быстро реагировать, проходить квесты. Такая технология позволяет поднять процесс обучения на новый уровень, способна заинтересовать даже самых невнимательных студентов [4]. Но сколько бы положительных моментов не давала разработка виртуальной реальности, неблагоприятные последствия все равно будут. Поэтому основная цель статьи заключается в изучении негативных последствий от использования VR.

Виртуальную среду следует доработать, так как она имеет набор рисков и минусов. Рассмотрим их.

1. Физические риски. VR-гарнитура угроза для нервной системы: сюжеты игр очень реалистичны, поэтому не стоит играть в ужасы или в другие тревожные жанры при наличии нервных расстройств, но и особо впечатлительным, эмоциональным людям [5]. Людям со слабым вестибулярным аппаратом может привести к головокружению, тошноте, дезориентации. Но даже у здорового человека могут появиться такие побочные эффекты, если находиться в погружении больше часа. Это происходит из-за разлада синхронизации органов чувств. У одного из 4000 пользователей так же наблюдаются приступы эпилепсии и потемнение в глазах. Разработчикам надо продолжать работу над усовершенствованием качеством гарнитур.

2. Риски безопасности и конфиденциальности. Каждое поведение в VR можно отследить, а элемент изменить. Аватары не имеют своего идентификатора, его можно исправить и выдать за другого пользователя.

3. Поведенческие риски. О влиянии VR на людей малоизвестно. Долгое пребывание в VR стирает грань между виртуальным и реальным миром: ложная действительность въедается в сознание, вызывая биполярное расстройство или сводя человека с ума. Это очень мощное психологическое оружие, которое позволяет осуществлять внушение и навязывать человеку определенные поведение, образ жизни, мышление [6].

4. Стоимость. Ценники для пользовательских виртуальных сред легко могут достигать шестизначных сумм и выше. Из-за того, что технология находится в разработке, не все компании готовы купить за такие деньги и внедрить в производство. Многих потребителей тоже отталкивает цена.

Таким образом, в результате проведенного анализа можно сделать ряд выводов. Во-первых, VR играет не последнюю роль в современном обществе и ее пользователей становиться все больше [7]. Во-вторых, виртуальная реальность позволяет погрузиться в невиданный мир, прочувствовать его, получить эмоции, расслабиться, обучиться, получить новые навыки. И, в-третьих, виртуальная реальность вполне способна конкурировать с действительной. VR дает возможность почувствовать в себе силы, способным на все. Однако данная технология может приве-

сти к губительным последствиям для человечества.

Библиографический список

1. Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Перспективы развития искусственного интеллекта и кибернетики / Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2019. № 3-4 (17-18). С. 78-81.

2. Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Когнитивные технологии и их роль в развитии современного общества / Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2020. № 1 (19). С. 74-76.

3. Галиуллина Э.Р., Зарипова Р.С. Цифровые игры как способ обучения / Учёные записки ИСГЗ. 2019. Т. 17. №1. С.126-129.

4. Кузнецов В.А., Ю.Г. Об использовании виртуальной и дополненной реальности / В.А. Кузнецов, Ю.Г. Руссу, В.П. Куприяновский / Международный журнал открытых информационных технологий. 2019. Т.7. № 4. С. 75-84

5. Зарипова Р.С., Бикеева Н.Г. Исследование влияния информационных технологий на формирование ценностных ориентаций современных студентов / Современные исследования социальных проблем. 2018. Т. 9. № 7-2. С. 110-113.

6. Кривоногова А.Е., Зарипова Р.С. Современные информационные технологии и их применение в сфере образования / Russian Journal of Education and Psychology. 2019. Т. 10. №5. С. 44-47.

7. Галиуллина Э.Р., Зарипова Р.С. Проблемы кибербезопасности для виртуальной образовательной среды / Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2019. № 3-4 (17-18). С. 129-131.

Информация об авторах

Никитина У. О. – студентка 3-го курса, Казанский государственный энергетический университет (420141, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, 51), тел.: 8-927-404-0481
Зарипова Р. С. – кандидат технических наук, доцент, Казанский государственный энергетический университет (420141, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: zarim@rambler.ru

Information about the authors

Nikitina U.O. - 3st year student, Kazan State Energy University, (51, Krasnoselskaya str., Kazan, 420141, Republic of Tatarstan, Russia), ph.: 8-927-404-0481
Zaripova R.S. – candidate of technical sciences, associate professor, Kazan State Energy University, (51, Krasnoselskaya str., Kazan, 420141, Republic of Tatarstan, Russia), e-mail: zarim@rambler.ru

УДК 004.6

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ BIG DATA В СТРАХОВАНИИ

А.М. Марданова, И.К. Будникова

Казанский Государственный Энергетический Университет

Аннотация: данная статья посвящена технологии Big Data. Рассматривается ее применение в страховой деятельности. Представлены основные технологии, используемые страховыми компаниями в своей работе. Проанализированы преимущества применения технологий Big Data в страховании

Ключевые слова: Big Data, страхование, информация, эффективность

APPLICATION OF BIG DATA TECHNOLOGIES IN INSURANCE

A.M. Mardanova, I.K. Budnikova

Kazan State Power Engineering University

Abstract: this article is devoted to Big Data technology. Its application in insurance activity is considered. The main technologies used by insurance companies in their work are presented. The advantages of using Big Data technologies in insurance are analyzed

Keywords: Big Data, insurance, information, efficiency

В современном мире объем данных постоянно и стремительно увеличивается. Этому способствуют научно - информационный прогресс, виртуализация и автоматизация многих процессов, идет оцифровка данных, и как следствие, возникает необходимость их качественной обработки и учета, что влечет за собой взрывной рост требую-

© Марданова А.М., Будникова И.К., 2020

щихся для того действий вычислительных мощностей и скоростей передачи информации. Одной из технологий обработки разнообразных видов данных и поиска в них нужной информации является Big Data [1, 2].

Термин Big Data появился достаточно давно, но активно развиваться начал лишь в последние годы. Дословно это понятие означает «большие данные». Главная их идея заключается в обработке структурированных и неструктурированных данных огромных объемов и в анализе получаемой информации.

В данной работе рассмотрим применение технологий Big Data в страховой деятельности. На современном страховом рынке информационные технологии являются приоритетной генерирующей движущей силой, которая позволяет страховым компаниям успешно взаимодействовать с клиентами. Работа страховых компаний полностью основана на информации, которая содержит сведения о клиентах, страховых событиях и их выплатах, заключенных договорах, статистиках продаж, анализах и т.д.

По данным исследования Департамента страхования и экономики социальной сферы Финансового Университета при Правительстве РФ, было определено, что больше половины процентов опрошенных страховщиков используют технологии больших данных в своей деятельности, что показано на рисунке. [3].

Можно предположить, что одной из проблем, неиспользования технологий Big Data при работе с массивами данных, является отсутствие необходимых систем. Однако, так или иначе, но большинство страховых компаний заинтересованы в модернизации своих систем на основе информационных технологий.

Страховым компаниям приходится сталкиваться с обработкой постоянно поступающей информации, которая с каждым разом возрастает в виду современных тенденций.

Применение технологий Big Data может быть полезно для решения многих задач, например, лучше узнавать своих клиентов, оценивать их уровень удовлетворенности, маркетинг и принимать более обоснованные управленческие решения на основе анализа. Сфера использования технологий обширна.

Существует множество методов анализа, применяемых в больших данных. Рассмотрим взаимосвязь технологии Big Data в страховании. Как те или иные задачи могут быть решены с применением технологий больших данных.

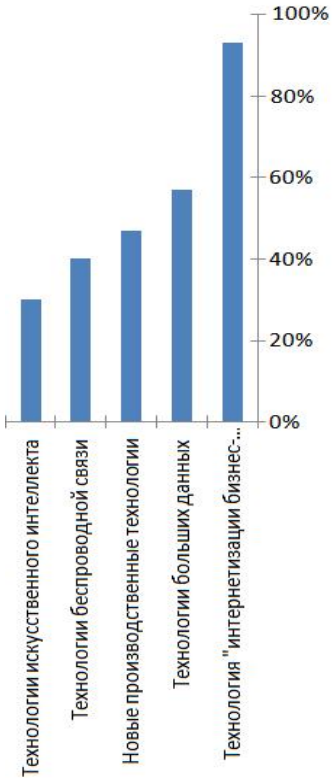


Рис. 1. Динамика использования современных технологий в страховой деятельности

Использование технологий Big Data позволяет получить экономический эффект в виде сокращения затрат на обработку информации.

Машинное обучение является одним из основных инструментов для реализации аналитических решений в страховании, его применение поможет компании в привлечении новых клиентов и оценке риска, поскольку полностью и точно учитывают их интересы.

Данная модель позволяет исследовать все входные данные и определять цену страхового тарифа.

Прогнозирование является важным элементом организации управления. В результате прогнозирования уменьшается риск принятия неверных, необоснованных и субъективных решений.

На сегодняшний день технологии Big Data получили широкое распространение в разных сферах деятельности. Их используют в телекоммуникациях, банках, здравоохранении, торговле, образовании, и можно смело утверждать, что в дальнейшем, этот список лишь будет постепенно пополняться.

Обработка и анализ больших данных позволит получить более полное и глубокое представление о работе всей деятельности, что приведет к повышению доходности и появлению новых возможностей [4].

В таблице 1 представлены наиболее актуальные сферы применения Big Data в страховании.

Таблица 1

Сферы применения Big Data в страховании

Задачи	Методы Big Data	Описание
Поиск клиентов	Машинное обучение	Анализ неструктурированных данных через социальные сети, сайты, форумы, с целью создания целевых рекламных компаний
Оценка риска	Машинное обучение	Сбор информации о страхуемом объекте, для определения точной разумной суммы покрытия в каждом страховом случае
Расчет страхового тарифа	Машинное обучение	Учет предыдущих историй клиента, его интересов, стиля жизни, статистику обращений и многие другие параметры для определения стоимости страхового продукта
Прогнозирование финансовой деятельности	Прогностическое планирование	Исследование предыдущих и текущих данных для предсказания будущего, что позволяет существенно повысить информационный уровень его финансового управления

Главным катализатором внедрения новшеств в работе любой организации является конкуренция, не исключение и страховой рынок. Страховщикам необходимо в своей деятельности использовать современные модернизированные методы и инструменты для повышения качества оказываемых услуг и усилению своих конкурентных позиций на страховом рынке.

Использование технологий больших данных в страховании позволит повысить качество клиентского сервиса, сократить время на отработку поступающих запросов при взаимодействии с клиентами и вывести компанию на новый уровень.

Библиографический список

1. Советов Б.Я. Информационные технологии: теоретические основы / Б.Я. Советов, В.В. Цехановский .– 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Лань, 2017. – 448 с.

2. Замятин А.В. Интеллектуальный анализ данных: учебное пособие. – Томск: Издательский Дом ТГУ, 2016. – 120 с.

3. Тренды развития ИТ в страховании. [Электронный ресурс] . – URL:

4. http://www.tadviser.ru/index.php/.

5. Парамонов И.Ю. Методы и модели исследования сложных систем и обработки больших данных: монография / И.Ю. Парамонов, В.А Смагин. – СПб.: Лань, 2020. – 236 с.

Информация об авторах

Марданова А.М. – магистрант, Казанский государственный энергетический университет (420141, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: AliyMsm@mail.ru

Будникова И.К. – кандидат технических наук, доцент, Казанский государственный энергетический университет (420141, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: ikbudnikova@yandex.ru

Information about the authors

Mardanova A.M. - Master's student, Kazan State Energy University, (51, Krasnoselskaya str., Kazan, 420141, Republic of Tatarstan, Russia), e-mail: AliyMsm@mail.ru

Budnikova I.K. – candidate of technical sciences, associate professor, Kazan State Energy University, (51, Krasnoselskaya str., Kazan, 420141, Republic of Tatarstan, Russia), e-mail: ikbudnikova@yandex.ru

УДК 004

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЛОГИСТИКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЛОКЧЕЙН

А.С. Набиуллин, Р.С. Зарипова

Казанский государственный энергетический университет

Аннотация: В данной статье рассматривается вопрос применения технологии блокчейн в сфере логистики. Разработан прототип блокчейн-платформы с использованием технологии блокчейн Ethereum, который упрощает организацию и контроль в сфере транспортировки грузов

Ключевые слова: блокчейн, логистика, цифровизация, цифровая экономика, цифровая логистика

DIGITALIZATION OF LOGISTICS USING BLOCKADES

A.S. Nabiullin, R.S. Zaripova

Kazan State Power Engineering University

Abstract: The paper deals with the issue of application of block-chain technology in logistics sphere. The prototype of block-platform with the use of Ethereum technology is developed, which simplifies the organization and control in the sphere of cargo transportation

Keywords: blockchain, logistics, digitalization, digital economy, digital logistics

Технология блокчейн, идея о которой появилась в далеком 1991 году, на данный момент имеет много сфер применения [1, 2]. И уже после популяризации биткоина на эту технологию обратили внимание почти все. И началось бурное развитие, в котором многие пытались применить это у себя, вследствие этого в стартапы было инвестировано более 3 миллиардов долларов. Никто не сомневался, что за этим будущее. Но вскоре оказалось, что не везде и не всегда стоит применять эту технологию, в большинстве случаев это было не обосновано. И по итогу, большинство стартапов так и закрылось, не начав внедрять свои продукты. Теперь стало ясно, что способы применения блокчейна еще до конца не изучены. Все поняли, что его надо применять точечно и только после того, как обоснуют ее выгоду, можно уже внедрять в рабочие процессы.

На данный момент есть несколько перспективных сфер, чтобы начать тестировать продукты на основе блокчейна: логистика, ретейл, финансовые транзакции, оптимизация бизнес-процессов. Еще можно выделить сферу электронного документооборота. Но на данный момент эта отрасль вызывает больше всего сомнений, применение здесь блокчейна до конца не обосновано.

Очень большой интерес вызывает к себе сфера логистики и ретейла, так как они очень тесно друг с другом связаны. И применение технологии блокчейн в этих сферах может помочь оптимизировать все процессы, убрать лишних посредников, удешевить тем самым стоимость товара и увеличить лояльность покупателей. И если учесть, что можно будет сократить издержки и бракованные товары, то внедрение технологии блокчейн выглядит не просто прихотью, а необходимостью.

Логистика представляет собой сложный процесс, который является неотъемлемой частью торгово-рыночных отношений. Следовательно, логистика нуждается в постоянном усовершенствовании для обеспечения эффективности экономических процессов, в которые она вовлечена. Информационные технологии и интернет могут стать одним из источников таких необходимых преобразований. В частности, применение технологии блокчейн в логистике может послужить хорошим толчком для реализации поставленных на сегодняшний день задач цифровой экономики.

На данный момент объем рынка предоставления логистических услуг превышает 2 триллиона долларов [3]. Ежегодно перевозятся миллиарды тонн товаров, но около 1,6 миллиардов тонн продуктов ежегодно считаются потерянными по разным причинам: просрочились, испортились, брак [4]. И очень часто эта проблема связана не столько

© Набиуллин А.С., Зарипова Р.С., 2020

со спецификой товара, а сколько с контролем его перевозки. Существующий рынок в основном работает по той же системе, что и в прошлом веке. А попытки оцифровать все данные и контроль приводят только к увеличению бюрократии и понижению эффективности сотрудников. Внедрение новой технологии должно снять часть проблем [5].

Из-за того, что блокчейну свойственны децентрализация и высокий уровень доверия за счет криптографических алгоритмов, он идеально вписывается в систему контроля за доставкой грузов [6, 7].

Наш проект направлен на внедрение технологии блокчейна для контроля за перевозками на ряде товаров. За основу мы взяли блокчейн Ethereum. Для того, чтобы контролировать местоположение груза, принято решение использовать RFID-метки. Благодаря им мы сможем всегда знать местоположение товара, и при надобности дополнительные характеристики. К дополнению к меткам используются QR-коды, которые должны считываться телефоном и отправляться в систему, для заполнения отчетности.

В конце все процедуры мы получаем товар с QR-кодом, который любой покупатель сможет отсканировать. И у него на устройстве появится подробная информация о данном товаре, вся история перевозок, весь список пунктов передачи.

На данный момент уже есть разработки крупных компаний: Walmart, IBM, Wave и другие [8]. Но массового распространения это пока не получило, так как разработка и найм квалифицированных кадров обходится очень дорого. И рынок пока не готов предоставить столько специалистов.

На российском рынке пока не наблюдается больших проектов, связанных с технологией блокчейн, так как это новая область, и требуется время пока проекты выйдут на общественное обсуждение. Разработанная модель прототипа блокчейн-платформы может быть применена для повышения эффективности системы транспортной логистики и контроля за цепями поставок.

Библиографический список

1. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Трансформация систем учета и контроля в условиях цифровой экономики // Наука Красноярья. 2019. Т. 8. №3-2. С. 112-115.

2. Никитина У.О., Зарипова Р.С. Блокчейн как инструмент устранения посредников в торговых сделках // Наука Красноярья. 2019. Т. 8. №5-3. С. 107-110.

3. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Особенности моделирования логистических систем // International Journal of Advanced Studies. 2019. Т.9. №4. С. 27-31.

4. Как блокчейн помогает в логистике [Электронный ресурс]. https://merehead.com /ru/blog/how-blockchain-helps-in-logistics/ .

5. Басаргин В.Я., Зарипова Р.С., Пырнова О.А. Влияние цифровых технологий на урбанизацию // «Цифровая культура открытых городов»: Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Екатеринбург. 2018. С. 13-15.

6. Блокчейн, отслеживание цепочки поставок [Электронный ресурс]. https://gdek abel.ru/blockchain.

7. Топ-5 блокчейн проектов в сфере логистики [Электронный ресурс]. https://digiforest.io/blog/blockchain-in-logistics.

8. Зарипова Р.С., Галямов Р.Р., Шарифуллина А.Ю. Организация производства в условиях цифровой экономики // Наука Красноярья. 2019. Т.8. № 1-2. С. 20-23.

Информация об авторах

Набиуллин А. С. – студент 1-го курса, Казанский государственный энергетический университет (420141, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, 51), тел.: 8-927-404-0481
Зарипова Р. С. – кандидат технических наук, доцент, Казанский государственный энергетический университет (420141, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: zarim@rambler.ru

Information about the authors

Nabiullin A.S. - 1st year student, Kazan State Energy University, (51, Krasnoselskaya str., Kazan, 420141, Republic of Tatarstan, Russia), ph.: 8-927-404-0481
Zaripova R.S. – candidate of technical sciences, associate professor, Kazan State Energy University, (51, Krasnoselskaya str., Kazan, 420141, Republic of Tatarstan, Russia), e-mail: zarim@rambler.ru

УДК 666.97

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ДОЗИРОВАНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

С.И. Поляков, Д.А. Зимин, С.Ю. Корж

Воронежский государственный технический университет

Аннотация: Рассматриваются вопросы моделирования динамики дозатора как демпфированной колебательной весоизмерительной системы при действии возмущающей силы

Ключевые слова: дозатор, динамика, демпфирование, математическое ожидание

MATHEMATICAL MODEL OF DOSING DYNAMICS BULK MATERIALS

S.I. Polyakov, D.A. Zimin, S.Yu. Korzh

Voronezh State Technical University

Abstract: The problems of modeling the dynamics of the dispenser as a damping oscillatory weight measuring system under the action of a disturbing force are considered.

Keywords: dispenser, dynamics, damping, expectation

Проведен расчет силы, воздействующей на весоизмерительную систему дозатора по величине перемещения X и скорости Ẋ. На груз массой m действует в горизонтальном направлении некоторая возмущающая сила Q. При этом груз начинает совершать возвратно-поступательные движения с демпфированием за счет сил трения и сопротивления рабочей жидкости в самом демпфере. Нами изучена динамика движения груза под воздействием различного вида непериодической силы Q, воздействующей на весоизмерительную систему дозатора. Перемещение системы определяется координатой X. Это относится и к механической системе измерения веса материала; бункер - весоизмерительная система с рычагами - циферблатный квадрантный указатель УЦК (рис. 1). В данном случае представляет интерес слабодемпфированная система, совершающая колебания под действием возрастающей (убывающей) силы Q от падающего потока материала [1, 2].

Весовой дозатор сыпучих материалов представляет собой колебательное устройство, которое описывается дифференциальным уравнением движения системы с одной степенью свободы [3],

$$m\ddot{X} + c\dot{X} + kX = Q, \qquad (1)$$

где X – перемещение весоизмерительной системы, фиксируемое датчиком угла поворота, м.; Q – сила, воздействующая на весоизмерительную систему дозатора, н.; m – масса бункера дозатора вместе с находящимся в нём материалом, кг.; c – коэффициент демпфирования, обусловленный трением между сухими и смазанными поверхностями рычажной системы весов, сопротивлением рабочей жидкости демпфера, нс/м.; k – восстанавливающий приведенный момент, н/м.

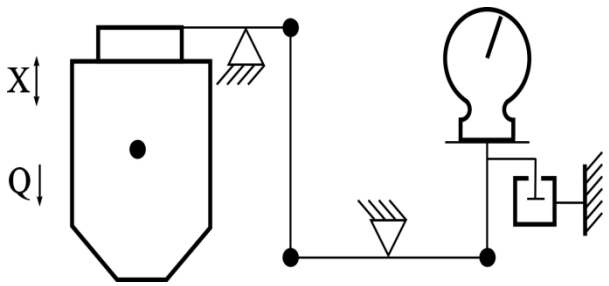


Рис. 1. Демпфированная весоизмерительная система с одной степенью свободы при действии возмущающей силы

Силу Q, отнесенную к единице массы m, обозначим через q:

$$q = \frac{Q}{m}; \qquad (2)$$

© Поляков С.И., Зимин Д.А., Корж С.Ю., 2020

После приведения общего и частного решения дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами получены формулы вычисления перемещения X и скорости X весоизмерительной системы

$$X = X_0 \cos pt + \frac{\dot{X}_0}{P} \sin pt + \frac{Q}{k}(1 - \cos pt), \quad (3)$$

$$\frac{\dot{X}}{p} = -X_0 \sin pt + \frac{\dot{X}_0}{P} \cos pt + \frac{Q}{k} \sin pt, \quad (4)$$

где X_0 и $\dot{X}_0$ - перемещение и скорость соответственно в момент времени $t = 0$.

Из формулы (3) получено выражение для определения расчетной силы Q1:

$$Q1 = k(X - X_0 \cos pt - \frac{\dot{X}_0}{p} \sin pt) / (1 - \cos pt), \quad (5)$$

Для удобства компьютерных расчетов силы Q1 по i-му шагу времени t уравнение (5) представим в виде

$$Q1_i = k(X_i - X_{i-1} \cos p\Delta t_i - \frac{\dot{X}_{i-1}}{P} \sin p\Delta t_i) / (1 - \cos p\Delta t_i); \quad (6)$$

Используя формулы численного дифференцирования [4]

$$y_1' = \frac{1}{2h}(-y_0 + y_2), \quad (7)$$

$$y_2' = \frac{1}{6h}(y_0 - 6y_1 + 3y_2 + 2y_3), \quad (8)$$

$$y_3' = \frac{1}{12h}(-y_0 + 6y_1 - 18y_2 + 10y_3 + 3y_4), \quad (9)$$

находим выражения для определения скорости $\dot{X}_{i-1}$ для 2-х, 3-х, 4-х и более шагов - интервалов времени взвешивания

$$\dot{X}_{i-1} = (-X_{i-2} + X_i) / (2Д_i), \quad (10)$$

$$\dot{X}_{i-1} = 1/(6Д_i)(X_{i-3} - 6X_{i-2} + 3X_{i-3} + 2X_i), \quad (11)$$

$$\dot{X}_{i-1} = 1/(12Д_i)(-X_{i-4} + 6X_{i-3} - 18X_{i-2} + 10X_{i-1} + 3X_i), \quad (12)$$

где $Дi$ - интервал на i - ом шаге времени взвешивания

$$Дi = Ti - T_{i-1}. \quad (13)$$

Вводя уравнения (10) - (12) в компьютерную программу VIBRATIONS PROGRAM N1 расчета колебательного процесса взвешивания, можно вычислить силу Q, действующую на весоизмерительную систему на i-ом шаге времени взвешивания.

Согласно второму закону Ньютона скорость изменения импульса P материальной точки равна действующей на нее силе, то есть

$$\frac{dp}{dt} = F, \quad (14)$$

или

$$\frac{d}{dt}(mv) = F, \quad (15)$$

где m и v - масса и скорость материальной точки.

Перепишем уравнение (15), продифференцировав его по m и v, тогда

$$F = F_1 + F_2 = m\frac{d}{dt}v + v\frac{d}{dt}m, \qquad (16)$$

или

$$F = mG + v\frac{dm}{dt}. \qquad (17)$$

Таким образом, сила, воздействующая на весоизмерительную систему представлена суммой составляющих: силы веса материала, накапливаемого в бункере и силы, воздействующей на весоизмерительную систему от падения (удара) твердых фракций дозируемого материала.

Разделим уравнение (17) на G и приравняем $F = Q$, тогда это уравнение запишется в следующем виде:

$$T(t)\frac{dm(t)}{dt} + m(t) = \frac{Q(t)}{G} \qquad (18)$$

Приравнивая выражения (5) и (18) получим

$$k(X - X_0\cos pt - X_0 / \dot{p}\sin pt)/(1-\cos pt) = m(t)G + v(t)\frac{dm(t)}{dt} \qquad (19)$$

Решая уравнения (5) - (12) находим алгоритм вычисления параметров колебательного процесса весоизмерительной системы дозатора.

Анализ результатов, полученных по программе, показал, что расчетная сила Q,1, воздействующая на весоизмерительную систему дозатора, за исключением начального временного интервала практически повторяет исходную непериодическую силу Q, действующую на дозатор.

В работе выполнен анализ случайных процессов и проведен однофакторный эксперимент. Целью является получение математического описания динамики нагружения весоизмерительной системы по математическим ожиданиям случайной функции – перемещения $\bar{X}$ весов системы. То есть нужно было установить связь $\bar{X} = f(t)$, где t - время нагружения. Для этого были проведены записи колебаний коромысла рычажной весоизмерительной системы на вибрографе. Запись проводилась с момента подачи команды на дозирование до полной остановки дозаторов после достижения заданного веса. В результате было получено по 30 диаграмм колебаний нагружения для сыпучих материалов (песка, щебня и цемента). Обработка результатов эксперимента была выполнена по стандартной программе POLRG. В итоге получено уравнение полиномиальной регрессии третьего порядка для щебня [5]:

$$\bar{X} = A0 + B0t + C0t^2 + D0t^3,$$

второго порядка для цемента:

$$\bar{X}1 = A_1 + B1t + C1t^2,$$

первого порядка для песка:

$$X2 = \bar{A}2 + B2t,$$

где Ai,Bi,Ci,Di – коэффициенты регрессии, или

$$Y = 11.765 - 0.6412t + 9.7\cdot10^{-3}t^2 - 2\cdot10^{-5}t^3,$$

$$Y1 = -5.1843 + 0.6581t - 1.27\cdot10^{-3}t^2,$$

$$Y2 = -20.144 + 0.6205t$$

Для всех 3-х типов математических моделей расчетное значение критерия Фишера превышает табличное Fрасчетное > Fтабличное следовательно, полученные полиномы адекватны исследуемым процессам. Проведена полиномиальной регрессии для щебня, цемента и песка. Графики приведенных выше уравнений представлены соответственно на рис. 2–4.

Представленный математический аппарат на наш взгляд представляет интерес не столько для практического воплощения на действующем весоизмерительном оборудовании, сколько для исследовательских целей изучения случайного поведения дозатора, без которого также трудно обойтись. Ведь получив вероятностные характеристики по-

ведения дозатора, можно будет впоследствии их учесть для развернутых и более совершенных моделей.

К математическому аппарату для практической реализации и включения в алгоритм управления предъявляются требования со стороны промышленного контроллера с точки зрения скорости обработки поступающей измерительной информации и выдачи управляющего воздействия.

Кроме того, рассмотренный выше математический аппарат ограничивается только ошибкой измерения веса, тогда как ошибка дозирования охватывает кроме измерения и ошибку управления, которая складывается из времени срабатывания питающих устройств дозатора, случайного характера поступления материала, удара крупных образований, динамического действия столба материала, изменения физико-механических параметров, неравномерности поступления материала и так далее.

В связи с этим, необходимо продолжить рассматривать математический аппарат поведения весоизмерительной системы с целью его дальнейшего совершенствования и представления в виде нестационарных моделей прогноза, упреждения и статистической обработки данных.

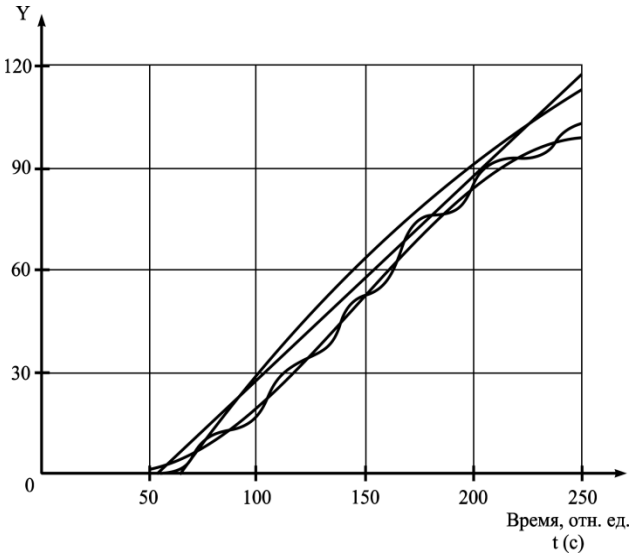


Рис. 2. Математическое ожидание перемещения весоизмерительной системы при дозировании щебня

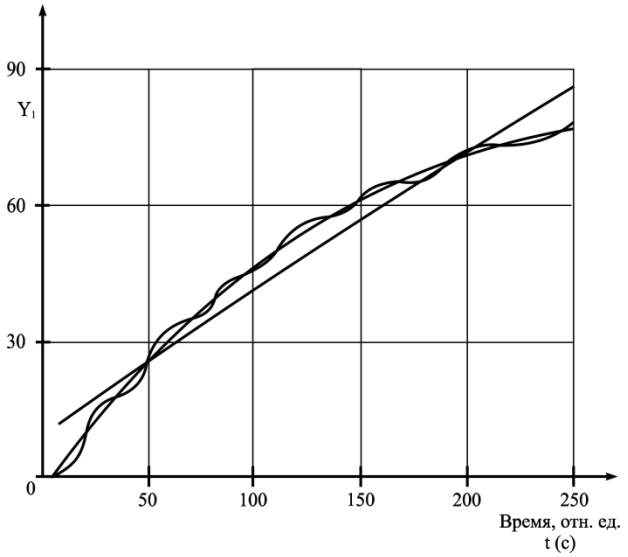


Рис. 3. Математическое ожидание перемещения весоизмерительной системы при дозировании цемента

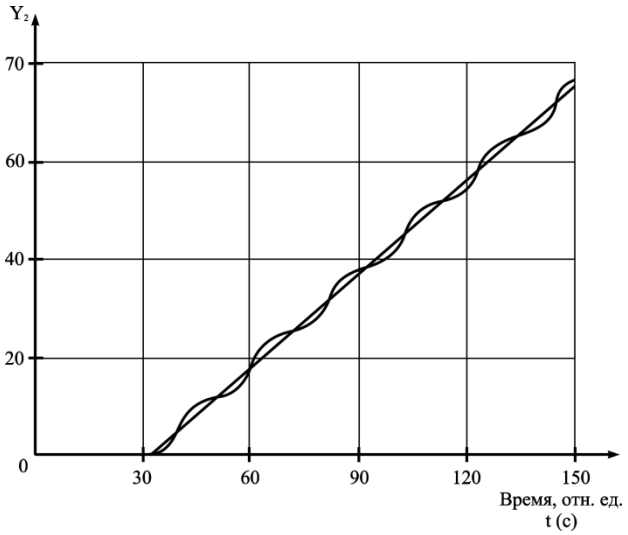


Рис. 4. Математическое ожидание перемещения весоизмерительной системы при дозировании песка

Выводы

1. Математическая модель динамики дозирования учитывает реальные колебательные процессы, составлена на основе физических законов, теории колебаний и позволяет рассчитать силу, воздействующую на весоизмерительную систему дозатора.

2. Исходя из физической сущности изучаемого процесса моделирование процессов дозирования сыпучих материалов представляется как колебания весоизмерительной системы с одной степенью свободы, где си-

ла, воздействующая на весоизмерительную систему, изменяется во времени случайным образом. Приведены кривые перемещения весоизмерительной системы при дозировании щебня, цемента и песка.

Библиографический список

1. Светлицкий В.А. Случайные колебания механических систем. – М.: Машиностроение, 1991. – 320 с.

2. Тимошенко С.П., Янг Д.Х., Уивер У. Колебания в инженерном деле. – М.: Машиностроение, 1985. – 472 с.

3. Поляков С.И. Математическая модель динамической погрешности дозирования. // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2011. Т. 7. № 6. С. 74-76.

4. Корн Г. Справочник по математике (для научных работников и инженеров) / Г. Корн, Т. Корн. – М.: Наука, 1977г. – 832 с.

5. Поляков С.И. Проблема точности дозирования материалов / Проблемы и перспективы лесного комплекса: Матер. межвуз. науч. – практ. конф. (26–27 мая 2005 г.). Т.2 – Воронеж: Воронеж. гос. лесотехн. акад., 2005. – с.45–49.

Информация об авторах

Поляков Сергей Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры систем управления и информационных технологий в строительстве, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), e-mail: poliakov1960@mail.ru

Зимин Д.А. – студент группы мСАП-181, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), тел.: 8-915-543-5776

Корж С.Ю. - студент группы мСАП-181, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), тел.: 8-951-870-1423

Information about the authors

Sergey I. Polyakov – candidate of technical sciences, associate professor department of Management systems and information technologies in construction, Voronezh State Technical University (84, 20 years of October Street, Voronezh, 394006, Russia), e-mail: poliakov1960@mail.ru

Zimin D.A. - Students of the mSAP-181 group, Voronezh State Technical University (84, 20 years of October Street, Voronezh, 394006, Russia), ph.: 8-915-543-5776

Korzh S.Yu. - Students of the mSAP-181 group, Voronezh State Technical University (84, 20 years of October Street, Voronezh, 394006, Russia), ph.: 8-951-870-1423

УДК 542.47

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ДИНАМИКА ФАЗ ПРИ ТЕПЛООБМЕНЕ В ПСЕВДООЖИЖЕННОМ СЛОЕ

А.П. Бырдин, А.А Надеев, А.А. Сидоренко, О.А. Соколова

Воронежский государственный технический университет

Аннотация: Рассмотрена модель процесса теплообмена в псевдоожиженном слое для второго периода сушки. Получены решения системы модельных дифференциальных уравнений с помощью асимптотических методов

Ключевые слова: теплообмен, псевдоожиженный слой, коэффициент сушки, дисперсный материал

TEMPERATURE DYNAMICS OF PHASES DURING HEAT TRANSFER IN A FLUDIZED BED

A.P. Byrdin, A.A. Nadeev, A.A. Sidorenko, O.A. Sokolova

Voronezh State Technical University

Abstract: A model of the process of heat transfer in a fluidized bed for the second drying period is considered. The solutions of the system of model differential equations are obtained using asymptotic methods

Keywords: heat exchange, fluid bed, drying coefficient, dispersed material

В настоящей работе асимптотическим методом получено решение системы дифференциальных уравнений, моделирующих процесс теплопереноса при сушке дисперсного материала в псевдоожиженном слое с учетом его направленного движения. Принятая в работе модель относится к классу полуэмпирических. В качестве базовых урав-

© Бырдин А.П., Надеев А.А., Сидоренко А.А., Соколова О.А., 2020

нений модели выбраны феноменологические соотношения баланса тепла для дисперсного материала и сушильного агента [1-2]. Принимаются также упрощающие допущения, указанные в работе [2].

При переходе к безразмерным переменным, получим следующую систему дифференциальных уравнений, описывающих процесс теплообмена:

$$\hat{C}^0(\tau)\cdot\dot{\vec{\Theta}} = \hat{A}(\tau)\cdot\vec{\Theta}(\tau)+\vec{a}(\tau),\ \vec{\Theta}(0)=\mathrm{colon}(1,\ 1,\ 1), \tag{1}$$

где точка над буковой обозначает дифференцирование по безразмерной переменной $\tau = j\cdot\left(\tau' - \tau'_{кр}\right)$; где τ' - время сушки, с; τ'_* - время начала второго периода сушки, с; $j = G_2/M_1$; знак «ˆ» над буквой обозначает матрицу; символ «colon» обозначает матрицу-столбец (вектор).

$$\overline{\Theta}(\tau)=\mathrm{colon}\left(\Theta_1(\tau),\Theta_2(\tau),\Theta_3(\tau)\right);\ \Theta_k(\tau)=\frac{T_k(\tau)}{T_{k0}},\ T_{k0}=T_k(0)\quad (k=1,2);$$

$$\overline{a}(\tau)=\mathrm{colon}(a_1,a_2),\quad a_1(\tau)=\frac{G_1}{G_2}\cdot\left[1-r_1\cdot\left(1-C_1^0(\tau)\right)\right],$$

$$a_2(\tau)=-r_2\cdot\dot{C}_2^0+\frac{1}{\gamma}\left[1+r_2\cdot\left(1-C_2^0(\tau)\right)\right]+\frac{1}{\gamma}\cdot\frac{G_1}{G_2}\cdot\frac{c_n^0}{c_{ж}^0}\cdot r_2\left(1-C_1^0(\tau)\right),$$

$$\hat{C}^0=\mathrm{diag}\left(C_1^0(\tau),C_2^0(\tau)\right),\quad r_1=\frac{r}{c_{ж}\cdot T_{10}},\quad r_2=\frac{r}{c_n\cdot T_{20}};\ C_1^0(\tau)=\frac{c_1+c_{ж}\cdot w_1(\tau)}{c_{10}},$$

$$c_{10}=c_1+c_{ж}\cdot w_{10},\quad C_2^0(\tau)=\frac{c_2+c_n\cdot w_2(\tau)}{c_{20}},\ c_{20}=c_2+c_n\cdot w_{20},\quad \hat{A}=\left\|a_{ij}\right\|,$$

$$a_{11}=\left[\frac{G_1}{G_2}+\frac{\alpha_{21}\cdot S_1}{j\cdot c_{10}}+\dot{C}_1^0(\tau)\right],\ a_{12}=\delta_{21}\cdot\frac{\alpha_{21}\cdot S_1}{j\cdot c_{10}},\quad C_{1p}^0=\frac{c_1+c_{ж}\cdot w_{1p}}{c_{10}}, \tag{2}$$

$$a_{21}=\frac{1}{\gamma}\cdot\frac{1}{\delta_{21}\cdot\delta_{c1}}\left[\frac{\alpha_{21}\cdot S_1}{j\cdot c_{10}}+\frac{G_1}{G_2}\left(1-C_1^0(\tau)\right)\right],$$

$$a_{22}=-\frac{1}{\gamma}\left[\frac{1}{\delta_{c1}}\cdot\frac{\alpha_{21}\cdot S_1}{j\cdot c_{10}}+\frac{M_3}{M_1}\cdot\frac{1}{\delta_{c3}}\cdot\frac{\alpha_{23}\cdot S_3}{j\cdot c_{30}}+C_2^0(\tau)+\gamma\cdot\dot{C}_2^0(\tau)\right],$$

$$C_1^0(\tau)=1-K_0^*(1-e^{-\beta\tau}),\quad K_0^*=\frac{K}{\beta}(1-C_p^0),\quad \gamma=\frac{M_2}{M_1};$$

$$G_2^0(\tau)=1+\delta_{ПЖ}\beta_0K_0^*\left(1-\frac{e^{-\beta\tau}-\gamma\beta e^{-\tau/\gamma}}{1-\gamma\beta}\right);$$

$$S_1=\frac{F_1}{M_1};\quad \delta_{21}=\frac{T_{20}}{T_{10}};\quad \delta_{c1}=\frac{c_{20}}{c_{10}};\quad K_0=\frac{kS}{G_2};\quad \delta_{ПЖ}=\frac{c_{П}}{c_{ж}},$$

где $c_1, c_2, c_{ж}, c_{П}$ - удельные теплоемкости сухого материала, сухого теплоносителя, жидкости и пара; α_{21} - коэффициент теплообмена между материалом и газом, r - удельная теплота парообразования; $T_1(\tau),\ T_2(\tau)$ - температуры материала и газа

в слое; $w_1(\tau)$, $w_2(\tau)$ - текущие значения влагосодержаний материала и газа, w_p - равновесное влагосодержание материала; S – суммарная поверхность частиц материала в слое; k – интенсивность сушки.

Рассматривая безразмерный коэффициент сушки K_0 как малое возмущение и разлагая $\alpha_{ij}(\tau)$ в ряды по степеням K_0, получим в первом приближении уравнения для температур подсистем слоя:

$$\dot{\Theta}_{10}(\tau) = -\left[\frac{G_1}{G_2} + f_1\right]\cdot\Theta_{10}(\tau) + \delta_{21}\cdot f_1\cdot\Theta_{20}(\tau) + \frac{G_1}{G_2},$$

$$\dot{\Theta}_{20}(\tau) = \frac{f_1}{\gamma\cdot\delta_{21}\cdot\delta_{c1}}\cdot\Theta_{10}(\tau) - \frac{1}{\gamma}\cdot\left(\frac{f_1}{\delta_{c1}}+1\right)\cdot\Theta_{20}(\tau) + \frac{1}{\gamma},$$

$$\Theta_{10}(0) = \Theta_{20}(0) = 1. \qquad (3)$$

Решение соответствующей (3) однородной системы ищем в виде

$$\Theta^0_{10}(\tau) = L_{11}\cdot e^{P1\cdot\tau} + L_{12}\cdot e^{P2\cdot\tau},$$
$$\Theta^0_{20}(\tau) = L_{21}\cdot e^{P1\cdot\tau} + L_{22}\cdot e^{P2\cdot\tau}, \qquad (4)$$

где $P_{1,2}$ – собственные числа матрицы $\hat{A}^0$, определяемые из характеристического уравнения

$$P^2 + \frac{G_1}{G_2}\left(1 + \frac{G_2}{G_1}\cdot\frac{1+\gamma\cdot\delta_{c1}}{\gamma\cdot\delta_{c1}}\cdot f_1 + \frac{1}{\gamma}\cdot\frac{G_2}{G_1}\right)\cdot P + \frac{1}{\gamma}\cdot\frac{G_1}{G_2}\cdot\left[1 + \left(1+\delta_{c1}\cdot\frac{G_2}{G_1}\right)\cdot\frac{f_1}{\delta_{c1}}\right] = 0. \qquad (5)$$

Поскольку $\mathrm{Sp}\hat{A}^0 < 0$, $\det\hat{A} > 0$ и дискриминант характеристического уравнения

$$D_0 = \left(\frac{G_1}{G_2}\right)^2\cdot\left[\left(\mu^{(-)}\right)^2 + \frac{4}{\gamma}\cdot\left(\frac{G_2}{G_1}\right)^2\cdot\frac{f_1^2}{\delta_{c1}}\right] \qquad (6)$$

положителен при любых физически допустимых значениях параметров, то все собственные числа матрицы $\hat{A}^0$ отрицательны. Из уравнения (5) получаем

$$P_{1,2} = -\frac{1}{2}\cdot\frac{G_1}{G_2}\left[\mu^{(+)} \pm \sqrt{D}\right] \qquad (7)$$

где

$$D = \left(\frac{G_2}{G_1}\right)^2\cdot D_0;$$

$$\mu^{(\pm)} = 1 \pm \frac{G_2}{G_1}\cdot\frac{1\pm\gamma\cdot\delta_{c1}}{\gamma\cdot\delta_{c1}}\cdot f_1 \pm \frac{1}{\gamma}\cdot\frac{G_2}{G_1}\cdot \qquad (8)$$

Из однородной системы уравнений, соответствующей системе (3), получаем связь между коэффициентами L_{ij} решения (4):

$$L_{2i} = \frac{1}{\delta_{21}\cdot f_1}\cdot\frac{1}{2}\cdot\frac{G_1}{G_2}\cdot\left[\mu^{(-)} + (-1)^i\cdot\sqrt{D}\right]\cdot L_{1i}, \qquad i = (1, 2). \qquad (9)$$

Частное решение системы (3) разыскиваем в виде постоянного вектора

$$\overline{\Theta}^{(1)}_{(0)} = \mathrm{colon}(l_1, l_2) \qquad (10)$$

координаты которого находим из уравнений этой системы

$$l_1 = \frac{1 + \frac{f_1}{\delta_{c1}}\cdot\left(1+\delta_{21}\cdot\delta_{c1}\cdot\frac{G_2}{G_1}\right)}{1 + \frac{f_1}{\delta_{c1}}\cdot\left(1+\delta_{c1}\cdot\frac{G_2}{G_1}\right)}, \qquad l_2 = \frac{1 + \frac{1}{\delta_{21}}\cdot\frac{f_1}{\delta_{c1}}\cdot\left(1+\delta_{21}\cdot\delta_{c1}\cdot\frac{G_2}{G_1}\right)}{1 + \frac{f_1}{\delta_{c1}}\cdot\left(1+\delta_{c1}\cdot\frac{G_2}{G_1}\right)}. \qquad (11)$$

Из выражений (11) и легко видеть, что первый компонент вектора $\vec{\Theta}^{(1)}_{(0)}$ больше единицы, а второй – меньше единицы. Поскольку $P_{1,2} < 0$, то такие значения l_1 и l_2 соответствуют физически ожидаемому поведению температур.

Таким образом, общее решение системы (3) имеет вид:

$$\Theta_{10}(\tau) = L_{11} \cdot e^{P1 \cdot \tau} + L_{12} \cdot e^{P2 \cdot \tau} + l_1,$$
$$\Theta_{20}(\tau) = \frac{1}{\delta_{21} \cdot f_1} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{G_1}{G_2} \cdot \left[\left(\mu^{(-)} - \sqrt{D} \right) \cdot L_{11} \cdot e^{P_1 \cdot \tau} + \left(\mu^{(-)} + \sqrt{D} \right) \cdot L_{12} \cdot e^{P_2 \cdot \tau} \right] + l_2, \quad (12)$$

где l_1 и l_2 определены соотношениями (11), коэффициенты L_{11} и L_{12} определяются из начального условия в (3). Используя начальное условие, получаем:

$$L_{11} = \frac{-1}{2 \cdot \sqrt{D}} \cdot \left[\left(\mu^{(-)} + \sqrt{D} \right) \cdot (l_1 - 1) + 2 \cdot \delta_{21} \cdot \frac{G_2}{G_1} \cdot f_1 \cdot (1 - l_2) \right],$$
$$L_{12} = \frac{1}{2 \cdot \sqrt{D}} \cdot \left[\left(\mu^{(-)} - \sqrt{D} \right) \cdot (l_1 - 1) + 2 \cdot \delta_{21} \cdot \frac{G_2}{G_1} \cdot f_1 \cdot (1 - l_2) \right]. \quad (13)$$

Из равенств (12) и (13) получаем решение невозмущенной системы уравнений, удовлетворяющее начальному условию, в виде:

$$\Theta_{10}(\tau) = \exp\left(-\frac{1}{2} \cdot \frac{G_1}{G_2} \cdot \mu^{(+)} \cdot \tau \right) \cdot \left\{ \frac{1}{\sqrt{D}} \left[\mu^{(-)} \cdot (l_1 - 1) + \right. \right.$$
$$\left. \left. + 2 \cdot \delta_{21} \cdot f_1 \cdot (1 - l_2) \right] sh(\omega \cdot \tau) - (l_1 - 1) ch(\omega \cdot \tau) \right\} + l_1,$$
$$\Theta_{20}(\tau) = \exp\left(-\frac{1}{2} \cdot \frac{G_1}{G_2} \cdot \mu^{(+)} \cdot \tau \right) \cdot \left\{ \frac{1}{\sqrt{D}} \left[\mu^{(-)} \cdot (1 - l_2) - \right. \right.$$
$$\left. \left. - \frac{G_2}{G_1} \cdot \frac{2 f_1}{\gamma \cdot \delta_{c1} \cdot \delta_{21}} (l_1 - 1) \right] sh(\omega \cdot \tau) - (1 - l_2) ch(\omega \cdot \tau) \right\} + l_2. \quad (14)$$

Здесь выражения $\mu^{(\pm)}$ и D определены в формулах (8), $l_{1,2}$ – в формулах (11), а величина ω равна

$$\omega = \frac{\sqrt{D} \cdot G_1}{2 G_2}.$$

Система температурных уравнений первого приближения (3) получена из уравнений (1) в результате пренебрежения влиянием на теплообмен стенок сушильной камеры и исключением временной зависимости теплоемкостей твердого и газового компонентов слоя, т.е. игнорированием изменениями в процессе сушки влагосодержаний материала и сушильного агента.

Таким образом, решение (14) описывает процесс теплообмена между подсистемами слоя, имеющими постоянные теплоемкости.

Из выражений для приведенных теплоемкостей материала и сушильного агента видно, что такой подход в применении к обсуждаемой ситуации означает требование выполнения следующих условий

$$K_0 \cdot (1 - C_{1p}^0) \cdot \frac{G_2}{G_1 + k \cdot F_1} < 1,$$
$$K_0 \cdot (1 - C_{1p}^0) \cdot \frac{c_n^0}{c_{ж}^0} \cdot \frac{G_1}{G_1 + k \cdot F_1} < 1. \quad (15)$$

На рисунках 1 и 2 представлены графики зависимости безразмерных температур Θ_{10} и Θ_{20} от безразмерного времени.

Как видно из рисунков, обе температурные функции в решении (14) – монотонные. С ростом τ функция $\Theta_{10}(\tau)$ возрастает, и $\Theta_{10}(\tau) \to l_1 > 1$. При этом функция $\Theta_{20}(\tau)$ убывает от значения, равного единице, до

величины $l_2 < 1$. Далее с ростом температуры (уменьшением влагосодержания) материала происходит постепенное увеличение температуры сушильного агента.

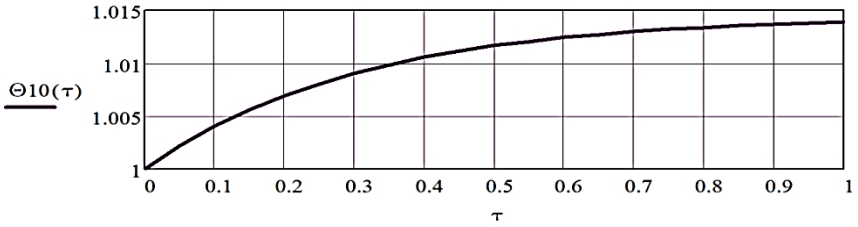


Рис. 1. Температурная функция Θ_{10}

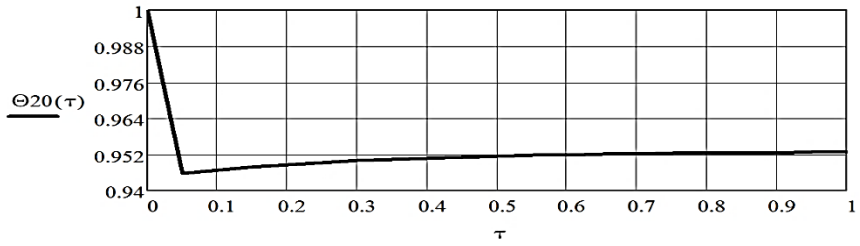


Рис. 2. Температурная функция Θ_{20}

При $\delta_{21} \to 1$ обе функции Θ_{10} и Θ_{20} стремятся к единице. Таким образом, как и следовало ожидать, процесс теплообмена в этом случае отсутствует.

Библиографический список

1. Шишацкий Ю.И. Математическое описание процесса сушки дисперсных материалов в псевдоожиженном слое / Ю.И. Шишацкий, В.А. Бырбыткин, С.В. Лавров // Вестник ВГТУ. – 2006. – Т. 2. – № 6. – С. 56 – 61.

2. Надеев А.А. Процессы тепло- и массопереноса в псевдоожиженном слое для второго периода сушки / А.А. Надеев, Ю.Н. Агапов, А.П. Бырдин // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2012. – Т. 8. – № 11. – С. 132 – 137.

Информация об авторах

Бырдин А. П. – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры прикладной математики и механики, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), тел.: 8-910-247-07-91

Надеев А. А. – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры теоретической и промышленной теплоэнергетики, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), e-mail: anadeev@cchgeu.ru

Сидоренко А. А. – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной математики и механики, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), e-mail: sidorenko6302@mail.ru

Соколова О. А. – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной математики и механики, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), e-mail: sokolovaoa203@mail.ru

Information about the authors

Byrdin A.P. – candidate of physical and mathematical Sciences, associate Professor of the Department of applied mathematics and mechanics, Voronezh state technical University (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), Ph.: 8-910-247-07-91

Nadeev A.A. – candidate of technical Sciences, senior lecturer at the Department of theoretical and industrial heat power engineering, Voronezh state technical University (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), e-mail: anadeev@cchgeu.ru

Sidorenko A.A. – candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department of applied mathematics and mechanics, Voronezh state technical University (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), e-mail: sidorenko6302@mail.ru

Sokolova O.A. – candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department of applied mathematics and mechanics, Voronezh state technical University (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), e-mail: sokolovaoa203@mail.ru

УДК 553.982

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПЛАНА ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В РЕЗЕРВУАРНОМ ПАРКЕ НА ПРОБНОМ СКЛАДЕ ОАО "ИЖСТАЛЬ"

А.А. Сафиуллин[1], С.Е. Селифанов[2]

[1]*Удмуртский государственный университет*
[2]*Ижевская государственная сельскохозяйственная академия*

Аннотация: В статье поднимается вопрос совершенствования плана тушения пожаров в организации ОАО «Ижсталь» путем увеличения пожарных водоемов. Доказывается, что увеличение объема водоёмов в 1.36 раза достигается максимальная эффективность и соответствует нормативным требованиям

Ключевые слова: пожарный водоем, мембрана, графический символ

IMPROVEMENT OF FIRE EXTINGUISHING PLAN IN THE RESERVOIR PARK AT THE TRIAL WAREHOUSE OF IZHSTAL OJSC

A.A. Safiullin[1], S.E. Selifanov[2]

[1]*Udmurt State University*
[2]*Izhevsk State Agricultural Academy*

Abstract: The article raises the question of improving the plan for extinguishing fires in the organization «Izhstal OJSC» by increasing firefighters It is proved that an increase in the water body reaches 1,36 times the maximum efficiency and meets regulatory requirements

Keywords: fire reservoir, membrane, graphic symbol

Пожарный водоем - это гидротехническое сооружение, предназначенное для хранения воды на цели наружного пожаротушения. Пожарный водоем входит в комплекс сооружений пожарного водоснабжения. Пожарные водоемы создаются на промышленных объектах и в населенных пунктах, которые не оборудованы централизованной системой подачи воды. При устройстве противопожарного водоёма помимо общестроительных моментов необходимо учитывать требования нормативных документов в области пожарной безопасности, предъявляемые к противопожарным водоёмам. Данные требования изложены в Федеральном законе от 22 июля 2008 года №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и разработанном в развитие данного закона Своде правил СП 8.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Источники наружного противопожарного водоснабжения. Требования пожарной безопасности». Ранее аналогичные требования содержались в СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения».

Пожарные водоемы должны иметь подъезды с площадками (пирсами) с твердым покрытием и размерами не менее 12×12 м, для свободного подъезда и установки пожарных автомобилей в любое время года или приемные колодцы также обеспеченные свободным подъездом с возможностью установки пожарных автомобилей. У мест расположения пожарных резервуаров и водоемов должны быть предусмотрены указатели по ГОСТ Р 12.4.026 «Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний». Непосредственно у водоема устанавливается знак. Доля красного сигнального цвета от общей площади знака должна составлять не менее 50 %. Графический символ должен быть белого цвета. На знаках пожарной безопасности допускается наносить поясняющую надпись. Надпись может быть выполнена белым цветом на красном фоне [1].

При отсутствии наружной водопроводной сети необходимо устройство не менее двух пожарных водоемов, в каждом пожар-

© Сафиуллин А.А., Селифанов С.Е., 2020

ном водоеме должно храниться не менее 50% требуемого объема воды на цели пожаротушения. Подачу воды для заполнения таких прудов надлежит предусматривать естественным путем или по пожарным рукавам длиной до 250 м, а по согласованию с органами Государственного пожарного надзора — длиной до 500 м. Объем пожарных резервуаров и водоемов надлежит определять исходя из расчетных расходов воды и продолжительности тушения пожаров согласно формул приведённых в указанных выше нормативных документах СП 8.13130.2009 и СНиП 2.04.02-84. Объем открытых водоемов необходимо рассчитывать с учетом возможного испарения воды и образования льда. Превышение кромки открытого водоема над наивысшим уровнем воды в нем должно быть не менее 0,5 м. Расстояние между пожарными резервуарами или водоемами следует принимать из условия обслуживания ими зданий, находящихся в радиусе 200 м при наличии на вооружении автонасосов и 100 – 150 м при наличии на вооружении мотопомп. Если непосредственный забор воды из пожарного резервуара или водоема автонасосами или мотопомпами затруднен, допускается предусматривать приемные колодцы объемом 3 - 5 м^3. Диаметр трубопровода, соединяющего резервуар или водоем с приемным колодцем, следует принимать из условия пропуска расчетного расхода воды на наружное пожаротушение, но не менее 200 мм. Перед приемным колодцем на соединительном трубопроводе следует устанавливать колодец с задвижкой, штурвал которой должен быть выведен под крышку люка [2].

Подготовительные работы перед рытьем котлована включают разметку и снятие верхнего слоя почвы. При проектировании водоема внушительных размеров рекомендуется провести специальное геодезические исследование почвы. Динамика волн больших водоемов может вызвать разрушение и эрозию грунта. Нужно также предусмотреть дренаж, необходимый для того, чтобы территорию рядом с водоемом не затапливало во время дождя или при близком соседстве грунтовых вод. По ходу рытья котлована его стенки уплотняются и формируются террасы для растительности.

Рис. 1. Просадка, вызванная смещением грунта

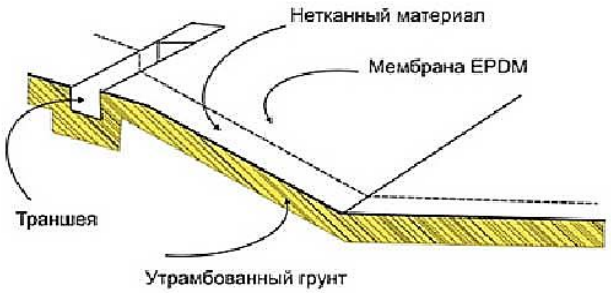


Рис. 2. Террасы для растительности

Поверхность, на которую будет укладываться мембрана, должна быть тщательно уплотнена и очищена от острых камней и корней деревьев. После того, как грунт утрамбован, котлован засыпается слоем песка толщиной 5 - 10 см и проливается водой. Затем настилается защитный слой из стеклоткани или нетканного материала. После этого можно выстилать котлован мембраной. Мембрана укладывается из центра котлована к его краям и при необходимости может быть растянута на сложном рельефе пруда. Рекомендуется по периметру пруда края мембраны зафиксировать в траншее с размерами 50х50 см. Траншея после укладки мембраны засыпается грунтом. Изображения готовых пожарных водоемов приведены на рисунках 3.

Нефтепродукты в почве необратимо угнетают развитие растений при концентрации свыше 2г на 1кг почвы (порог фитоток-

сичности), происходит задержка или полное выпадение фенофаз в развитии растений, морфологические изменения растений, на 20-30 дней задерживается начало вегетации. При возникновении пожара происходит загрязнение атмосферы продуктами сгорания. При высоких концентрациях попутного нефтяного газа, углеводородный газ, замещая кислород, вызывает удушье [4].

Рис. 3. Пожарные водоемы

При возникновении поражающих факторов аварии: воздушная ударная волна, тепловое излучение горящих разлитий, возможно получение людьми ожогов I, II степени, травм, вплоть до летального исхода [5].

В данной статье предложено увеличить пожарные водоемы. Необходимое максимальное количество воды на пожаротушение 3801м^3, а объем имеющихся пожарных водоемов 1400м^3, предлагается в данной работе увеличить до 1900м^3. Так же описаны требования нормативных документов для устройства противопожарного водоёма. Выявлено, что для увеличения водоемов, необходимо привлечение высококвалифицированных специалистов и регулярное повышение квалификации работающего персонала.

Библиографический список

1. РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений.

2. ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84) ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.

3. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: учебное пособие. - М.: Академия ГПС МВД РФ, 2000.

4. Самигуллина Г.З., Красноперова Т.В. Медико - биологические основы техносферной безопасности: Учебно - методическое пособие. – Ижевск: Изд.- во НОУ ВПО «Камский институт гуманитарных и инженерных технологий», 2013. – 130 с.

5. Самигуллина Г.З., Назаров П.В. Химия окружающей среды: Учебно-методическое пособие. - Ижевск: Изд - во НОУ ВПО «Камский институт гуманитарных и инженерных технологий», 2014. - 158 с.6.Самигуллина Г.З. Источники загрязнения среды обитания. Ижевск: Изд-во ВЕИ, 2017. 224 с.

6. Звягинцева, А.В. Исследование неорганизованных выбросов пыли и газов в атмосферу при взрывных работах на карьерах горно-обогатительных комбинатов / А.В. Звягинцева, С.А. Сазонова, В.В. Кульнева // В сборнике: Комплексные проблемы техносферной безопасности Материалы V Международной научно-практической конференции. - 2019. - С. 302-312.

7. Звягинцева, А.В. Разработка мероприятий по сокращению пылегазовыделения на карьерах горно-обогатительного комбината / А.В. Звягинцева, С.А. Сазонова, В.В. Кульнева // В сборнике: Комплексные проблемы техносферной безопасности Материалы V Международной научно-практической конференции. - 2019. - С. 268-275.

8. Звягинцева, А.В. Совершенствование мероприятий по улучшению условий труда на горно-обогатительном комбинате / А.В. Звягинцева, С.А. Сазонова, В.В. Кульнева // В сборнике: Комплексные проблемы техносферной без-

опасности Материалы V Международной научно-практической конференции. - 2019. - С. 239-247.

9. Звягинцева, А.В. Анализ процесса переработки ртутьсодержащих отходов и разработка природоохранных мероприятий / А.В. Звягинцева, С.А. Сазонова, В.В. Кульнева // Моделирование систем и процессов. - 2019. - Т. 12. - № 4. - С. 24-30.

10. Звягинцева, А.В. Расчет образования ртутьсодержащих отходов и разработка мероприятий по охране и рациональному использованию водных ресурсов / А.В. Звягинцева, С.А. Сазонова, В.В. Кульнева // Моделирование систем и процессов. - 2019. - Т. 12. - № 4. - С.30-36.

11. Кульнева, В.В. Синергизм при загрязнении воздуха городской среды на фоне неблагоприятных метеорологических условий / В.В. Кульнева, А.В. Звягинцева // Современные тенденции развития гидрометеорологии в России: материалы II Всерос. науч.-практ. конференции. - Иркутск: Из-во ИГУ, 2019. - С. 587-591.

12. Звягинцева, А.В. Экологический мониторинг опасных гидрологических явлений / А.В. Звягинцева, В.В. Кульнев, В.В. Кульнева // International academy of ecology, man and nature protection sciences Ecology and development of Society. - 2018. - № 3(26). - С. 62- 66.

13. Звягинцева, А.В. Математическая модель водородной проницаемости металлов с примесными ловушками при наличии внутренних напряжений различной физической природы / А.В. Звягинцева // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. - 2019. - № 19-21 (303-305). - С. 29-44.

14. Звягинцева, А.В. Взаимосвязь структуры и свойств гальванических никелевых покрытий, легированных бором, в изделиях электронной техники / А.В. Звягинцева// Гальванотехника и обработка поверхности. - 2007. - Т. 15. - № 1. - С. 16-22.

15. Звягинцева, А.В. Современные накопители водорода на основе гибридных функциональных материалов/ А.В. Звягинцева, А.О. Артемьева // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2017. - Т. 13. - № 5. - С. 133-138.

16. Сазонова, С.А. Оценка надежности работы гидравлических систем по показателям эффективности / С.А. Сазонова // Вестник Воронежского института высоких технологий. - 2016. - №1(16). - С. 37-39.

17. Сазонова, С.А. Моделирование нагруженного резерва при авариях гидравлических систем / С.А. Сазонова / С.А. Сазонова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. - 2015. - № 4 (11). - С. 7.

18. Сазонова, С.А. Применение декомпозиционного метода при моделировании потокораспределения в гидравлических системах / С.А. Сазонова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. - 2015. - № 4 (11). - С. 14.

19. Сазонова, С.А. Особенности формулировки прикладных задач управления функционированием системами теплоснабжения / С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2018. - Т. 11. - № 3. С. 80-88.

20. Asminin, V. Development and application of a portable lightweight sound suppression panel to reduce noise at permanent and temporary workplaces in the manufacturing and repair workshops / V. Asminin, E. Druzhinina, S. Sazonova, D. Osmolovsky // Akustika. - 2019. - Т. 34. - С. 18-21.

Информация об авторах

Сафиуллин А. А. - магистрант кафедры инженерной защиты окружающей среды, Удмуртский государственный университет (426034, Россия, Удмуртская республика, г.Ижевск, ул. Университетская, 1), e-mail: gyzals@mail.ru

Селифанов С. Е. - кандидат технических наук, доцент кафедры Тракторы, автомобили и сельскохозяйственные машины, Ижевская государственная сельскохозяйственная академия (426000, Россия, Удмуртская республика, г. Ижевск, Студенческая ул., 11), тел.: 3-412-59-24-23

Information about the authors

Safiullin A.A. - master's student of the Department of environmental engineering, Udmurt state University (426034, Russia, Udmurt Republic, Izhevsk, Universitetskaya str., 1), e-mail: gyzals@mail.ru

Selifanov S.E. - candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department of tractors, automobiles and agricultural machines, Izhevsk state agricultural Academy (426000, Russia, Udmurt Republic, Izhevsk, Studentskaya str., 11), Ph.: 3-412-59-24-23

УДК 004

МЕТОДЫ И ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕОБУЧЕНИЯ МНОГОСЛОЙНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

О.А. Пырнова, Р.С. Зарипова

Казанский государственный энергетический университет

Аннотация: В современном мире огромную роль играют передовые технологии. В данной статье рассматриваются проблемы переобучения нейронных сетей и некоторые методы решения этой проблемы

Ключевые слова: нейронные сети, переобучение, искусственный интеллект, информация, технология обучения, оптимизация

METHODS AND PROBLEMS OF RETRAINING A MULTILAYER NEURAL NETWORK

O.A. Pyrnova, R.S. Zaripova

Kazan State Power Engineering University

Abstract: Advanced technologies play a huge role in the modern world. In this article the problems of neural network retraining and some methods of solving this problem are considered

Keywords: neural networks, retraining, artificial intelligence, information, learning technology, optimization

Переобучение наблюдается во всех задачах машинного обучения (МО). Умение справляться с этим эффектом играет важную роль в машинном обучении. Основной проблемой машинного обучения является противоречие между оптимизацией и обобщением. Под оптимизацией понимается процесс настройки модели для получения максимального качества на тренировочных данных, а под обобщением – качество обученной модели на данных, которые она прежде не видела. Величину обобщения оценивают через обратную величину – отклонение или ошибку. Ошибка – это численно выраженная разница между ответом модели и требуемым (реальным) значением [1].

В начале обучения оптимизация и обобщение коррелируются: чем ниже потери на тренировочных данных, тем они ниже на контрольных данных. Пока это имеет место, говорят, что модель недообучена: прогресс ещё возможен, сеть ещё не смоделировала все релевантные шаблоны в тренировочных данных, алгоритм обучения нейросети не дает удовлетворительно малой средней ошибки на обучающем множестве [2]. Однако после нескольких итераций на тренировочных данных обобщение перестаёт улучшаться, проверочные метрики останавливают свой рост и затем начинают ухудшаться – наступает эффект переобучения модели. Другими словами, модель начинает обучаться шаблонам, характерным для тренировочных данных, но нехарактерным для новых данных.

Лучшим способом предотвратить переобучение модели – увеличить объем тренировочных данных. Однако это не всегда возможно. В таком случае поможет уменьшение размера модели, регулирование качества информации или добавление ограничений. Борьба с переобучением таким образом называется регуляризацией.

Простым способом предотвращения переобучения является уменьшение размера модели, то есть количества изучаемых параметров в модели, которые определяются количеством слоев и количеством нейронов (размерностью) в каждом слое. В глубоком обучении количество изучаемых параметров часто называют емкостью модели (model capacity). Чем большим количеством параметров обладает модель, тем большим объемом памяти она обладает и тем легче скатиться до прямого отображения тренировочных данных – отображения без обобщения. По этой причине сложная модель будет практически бесполезной при работе с новыми образцами данных. Однако, если сеть имеет ограниченный объем ресурсов для запоминания, она не сможет получить прямое отображение, поэтому, чтобы минимизировать потери, ей придется прибегнуть к изучению сжатых представлений, обладающих более широкими возможностями прогноза. В то же

© Пырнова О.А., Зарипова Р.С., 2020

время модель должна иметь достаточное количество параметров, чтобы не возник эффект недообучения. Поэтому важно найти компромисс между слишком большой и недостаточной емкостью.

Для одних и тех же наборов тренировочных данных и архитектуры сети существует множество наборов весовых значений. Типичный способ смягчения проблемы переобучения заключается в уменьшении сложности сети путем ограничения значений ее весовых коэффициентов, что делает их распределение более равномерным. Этот прием называется регуляризацией весов, он реализуется добавлением в функцию потерь сети штрафа за увеличение весов и имеет две разновидности:

– L1-регуляризация – добавляемый штраф прямо пропорционален абсолютным значениям весовых коэффициентов;

– L2-регуляризация – добавляемый штраф пропорционален квадратам значений весовых коэффициентов.

Одним из наиболее эффективных приемов регуляризации является прореживание (dropout). Данный метод заключается в удалении (обнулении) случайно выбираемых признаков на этапе обучения [3, 4]. Коэффициент прореживания (доля обнуляемых признаков) обычно выбирается в диапазоне от 0,2 до 0,5. На этапе тестирования прореживание не производится. Вместо этого выходные значения уровня уменьшаются на величину коэффициента прореживания, чтобы компенсировать разницу в активности признаков на этапах обучения и тестирования. Основная идея метода заключается в том, что введение шума в выходные значения может разбить случайно складывающиеся шаблоны, которые модель начинает запоминать в отсутствие шума [2].

Таким образом, было выделено несколько наиболее распространенных способа ослабления эффекта переобучения нейронных сетей. Каждый из них имеет свои особенности, достоинства и недостатки, поэтому для эффективной борьбы с переобучением следует выбрать метод в зависимости от предназначения проектируемой нейронной сети.

Библиографический список

1. Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Перспективы развития искусственного интеллекта и кибернетики // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2019. № 3-4 (17-18). С. 78-81.

2. Шолле Ф. Глубокое обучение на Python. СПб.: Питер, 2019. 400 с.

3. Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Искусственный интеллект – основа образования будущего // Инновационное развитие экономики. Будущее России: материалы и доклады VI Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. 2019. С. 415-417.

4. Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Технологии искусственного интеллекта в образовании // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации: Материалы Семнадцатой открытой Всероссийской конференции. 2019. С. 335-337.

5. Шакиров А.А. Роль новых технологий в экономике XXI века: угрозы и вызовы цифровой экономики / А.А. Шакиров, Р.С. Зарипова / «Экономика сегодня: современное состояние и перспективы развития (Вектор-2018)»: Сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей. – Мин-во образования и науки РФ; Росс. гос. ун-т им. А.Н. Косыгина. – 2018. – С. 331-334.

6. Пырнова О.А. Технологии искусственного интеллекта в образовании / О.А. Пырнова, Р.С. Зарипова / Russian Journal of Education and Psychology. – 2019. – Т. 10. – №3. – С. 41-44.

Информация об авторах

Пырнова О. А. – студент 3-го курса, Казанский государственный энергетический университет (420141, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, 51), тел.: 8-927-404-0481
Зарипова Р. С. – кандидат технических наук, доцент, Казанский государственный энергетический университет (420141, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: zarim@rambler.ru

Information about the authors

Pyrnova O.A. - 3st year student, Kazan State Energy University, (51, Krasnoselskaya str., Kazan, 420141, Republic of Tatarstan, Russia), ph.: 8-927-404-0481
Zaripova R.S. – candidate of technical sciences, associate professor, Kazan State Energy University, (51, Krasnoselskaya str., Kazan, 420141, Republic of Tatarstan, Russia), e-mail: zarim@rambler.ru

УДК 666.97

РЕГРЕССИОННЫЕ МОДЕЛИ ПРОЧНОСТИ КОНТРОЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ БЕТОНА

С.И. Поляков, Д.А. Зимин, С.Ю. Корж

Воронежский государственный технический университет

Аннотация: Рассматривается анализ зависимости прочности контрольных образцов бетона от влияющих факторов для рабочего диапазона их варьирования

Ключевые слова: регрессия, прочность, матрица, адекватность, движение по градиенту

REGRESSION CONTROL STRENGTH MODELS CONCRETE SAMPLES

S.I. Polyakov, D.A. Zimin, S.Yu. Korzh

Voronezh State Technical University

Abstract: The analysis of the dependence of the strength of the control samples on specific factors is considered

Keywords: regression, strength, matrix, adequacy, gradient movemen

В работе выполнен анализ зависимости прочности бетона как функции отклика, которая в значительной степени определяется маркой цемента, количеством заполнителей, воды, а также режимами перемешивания смеси и вибрирования при укладке в форму. При этом требовалось установить связь между прочностью и указанными факторами для рабочего диапазона их варьирования. То есть можно записать [1]:

$$Y=f(Nв,Nщ,Nп,Nц,Tп,Tпр,Tв),$$

где Y – прочность контрольного образца, кг/см^2; Nв – количество воды, кг.; Nщ – количество щебня, кг.; Nп – количество песка, кг.; Nц – количество цемента, кг.; Tп – время перемешивания, мин.; Tпр – время пропаривания, час; Tв – время вибрирования, с.

Поэтому, было проведено планирование эксперимента методом Бокса - Уилсона для выявления степени влияния факторов на функцию отклика. В качестве функции отклика была выбрана прочность контрольного образца смеси после 7-ми часовой тепловлажностной обработки с 70%-ой отпускной прочностью, соответствующей 140 кг/см^2 при нулевом уровне факторов. Нулевой уровень и интервалы варьирования факторов были выбраны из условий приготовления бетонных смесей на Воронежском сельском строительном комбинате N1. В результате анализа априорной информации заводской лаборатории по выбору состава бетона была определена экспериментальная область факторного пространства:

140 кг	<	Nв	<	160 кг
1215 кг	<	Nщ	<	1345 кг
520 кг	<	Nn	<	640 кг
2,0 мин	<	Tn	<	4, 0 мин
30 с	<	Tc	<	45с

Таким образом, уравнение регрессии линейной модели имеет вид [2, 3]:

$$Y=B0+B1Nв+B2Nщ+B3Nn+$$
$$+B4Nц+B5Tn+B6Tпр+B7Tв$$

Из правой части были исключены чле-

© Поляков С.И., Зимин Д.А., Корж С.Ю., 2020

ны B4Nц и B6Tпр, так как требуется постоянство времени проведения эксперимента Tпр. Здесь 70%-ю проектную прочность необходимо поддерживать во всех опытах, фактор количества цемента Nц принимается const и равен нулевому, фактически среднему уровню проведения эксперимента. Таким образом получим:

$$Y=B0+B1Nв+B2Nщ+B3Nn+B5Tn+B7Tв$$

Таблица 1

Матрица планирования эксперимента

№ опыта	X0	X1	X2	X3	X4	X5	Y
1	+	+	+	-	-	-	136
2	+	+	+	-	-	-	126
3	+	-	-	+	+	-	219
4	+	-	-	+	+	-	208
5	+	+	-	+	-	+	149
6	+	+	-	+	-	+	142
7	+	-	+	-	+	+	232
8	+	-	+	-	+	+	239
9	+	-	+	-	+	+	233
10	+	-	+	-	+	+	232
11	+	-	+	-	+	+	236
12	+	-	+	+	-	+	243
13	+	-	+	+	-	+	246
14	+	-	+	+	-	+	264
15	+	-	+	+	-	+	248
16	+	-	+	+	-	+	250
17	+	-	+	+	-	+	248
18	+	-	+	+	-	+	244
19	+	-	+	+	-	+	255
20	+	+	-	-	+	+	132
21	+	+	-	-	+	+	130
22	+	-	-	-	-	-	189
23	+	-	-	-	-	-	185
24	+	+	+	+	+	-	190
25	+	+	+	+	+	-	186
26	+	-	-	-	-	-	192
27	+	+	+	-	-	-	131
28	+	-	-	+	+	-	213
29	+	+	-	+	-	+	145
30	+	+	-	-	+	+	131

Верхние и нижние границы изменения факторов устанавливались с учетом поддержания постоянным суммарного объема компонентов смеси по методу абсолютных объемов

$$Vб = Vцт + Vз = const,$$

где Vб – расчетный объем бетона в уплотненном состоянии, Vцт – абсолютный объем цементного теста, Vз – абсолютный объем заполнителей.

Для удобства последующих записей переобозначим коэффициенты B5 и B7 соответственно на B4 и B5 и окончательно запишем

$$Y=B0+B1Nв+B2Nщ+B3Nn+B4Tn+B5Tв$$

Вычисление коэффициентов множественной регрессии проводилось по стандартной программе REGRE. FOR регрессионного анализа, в основе которого лежит метод наименьших квадратов. В результате было получено шесть моделей MODEL1 – MODEL6. Для записи в общем виде присвоим новые имена факторам:

Nв–X1, Nщ–X2, Nn–X3,Tn–X4,Tв–X5,

тогда регрессионное уравнение по первой модели запишется в виде:

MODEL1: $Y=B0+B1X1+B2X2+B3X3+B4X4+B5X5$

или $Y=B0+B1Nв+B2Nщ+B3Nn+B4Tn+B5Tв$

$Y=-214,07-2119,4Nв+300,66Nщ+223,08Nn-6,8364Tn+42,378Tв$

MODEL2: $Y=B0+B1X1+B2X2+B3X3,$

где X1–Nв,

X2–NщNщ,

X3–TвTв,

$Y=916,11-2486,6Nв-0,1045\ Nщ^2+40,3733\ Tв^2,$

MODEL3: $Y=B0+B1X1+B2X2+B3X3,$

где X1–NвNв,

X2–Nщ,

X3–Tв,

$Y=526,59-4147,5\ Nв^2+0,1749Nщ+53,371\ Tв^2,$

MODEL4: $Y=B0+B1X1+B2X2+B3X3,$

где X1–Nв,

X2–Nщ,

X3–Tв,

$Y=898,79-2485,2Nв+0,4258Nщ+50,433Tв,$

MODEL5: $Y=B0+B1X1+B2X2+B3X3,$

где X1–NвNв,

X2–NвNщ,

X3–NвTв,

$Y=538,15-4413,0\ Nв^2+18,003NвNщ+173,22NвTв,$

MODEL6: $Y=B0+B1X1+B2X2+B3X3,$

где X1–NвNв,

X2–NвNn,

X3–NвTв,

$Y=543,95-4375,4\ Nв^2+13,892NвNn+172,22NвTв.$

Таблица 2

Анализ моделей множественной регрессии

N Модели	Корреляция X *j* и Y				
	X1	X2	X3	X4	X5
1	-0,96912	0,34203	0,01124	-0,01942	0,32027
2	-0,96912	0,33907	0,32027	-	-
3	-0,96918	0,34203	0,32027	-	-
4	-0,96912	0,34203	0,32027	-	-
5	-0,96918	-0,84203	-0,01040	-	-
6	-0,96918	-0,60614	-0,01040	-	-

Значимость коэффициентов уравнений по моделям 1…6 была проверена по критерию Стьюдента, а адекватность моделей MODEL1 – MODEL6 по критерию Фишера. Требование адекватности исследуемому процессу, при котором значение F расчетное > F табличное, выполнено для всех моделей и приведено в таблице 3. Получены экспериментальные и расчетные значения откликов Y по уравнению MODEL1.

Таблица 3

Проверка адекватности модели

N модели	Множественная регрессия	Стандартная ошибка оценки	Значение Ф
1	0,99466	5,36865	446,02591
2	0,97752	10,53899	186,31334
3	0,97862	10,28168	196,19443
4	0,97752	10,53900	186,31306
5	0,97797	10,433582	190,18748
6	0,97796	10,43744	190,12604

Анализируя модели множественной регрессии можно заключить, что основными управляющими факторами являются количество воды (Nв) и инертных заполнителей (Nщ, Nп). При сравнении таблиц остатков значений Y и оценок Y (Y) более полно описывает процесс уравнение 1-го порядка MODEL1. Исходя из проверки адекватности линейной модели и значимости коэффициентов, переход к движению по градиенту возможен. Новая матрица планирования выполняется для нулевой точки (центра эксперимента).

Изменяя факторное пространство X1, X2 и X3 пропорционально коэффициентам уравнений регрессии, осуществляем переход в направлении градиента функции отклика. Эффективное движение определяется улучшением значения функции отклика, у которого восхождения по сравнению с результатами матрицы планирования активного эксперимента.

Исходя из величин коэффициентов уравнений регрессии доминирующей является независимая переменная XI, при снижении которой двигаясь от центра эксперимента кривая функции отклика проходит через максимум. Анализ полученных результатов по рисунку показал, что крутое восхождение соответствует эффективному движению по градиенту, так как реализованный опыт N47 дает лучший результат по сравнению с наилучшим опытом N14 матрицы планирования.

Прочность контрольного образца жесткой бетонной смеси в точке М максимальная, значительно превышает отпускную прочность 188 кг/см ^{2} основного уровня факторов, что в конечном счете дает возможность снизить расход цемента.

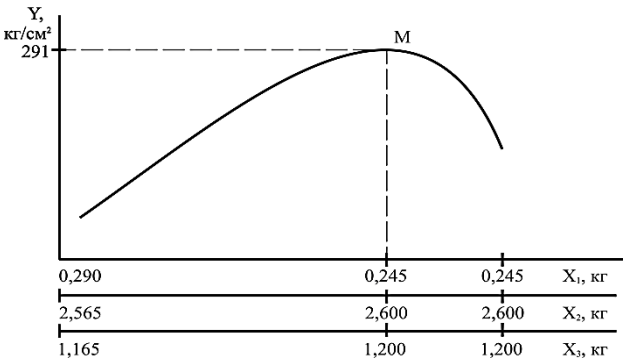
На основании реализации в активном эксперименте матрицы планирования по программе PLANP1 определены коэффициенты уравнения регрессии второго порядка. Коэффициенты уравнения позволили оценить степень взаимного влияния факторов и квадратичных эффектов:

$$Y=B1X1+B3X3+B5X5+B11X1X1+B13X1X3+B15X1X5+B35X3X5+B55X5X5,$$

$$Y=-668,94Nв-731,64Nn+295,3Tв-9285,7Nв^2+1780,6NвNn+2324NвTв+607,96NnTв-367,44Tв^2.$$

Получены результаты многофакторного регрессионного анализа и значимые коэффициенты. Проверка адекватности модели по критерию Фишера Fрасчетное > Fтабличное, Fрасчетное = 104,25, Fтабличное = 2,78 говорят о ее достаточной точности. Получены экспериментальные и расчетные значения откликов У по уравнению второго порядка.

Анализ регрессионных уравнений моделей 1…6 первого и второго порядка позволил использовать их для корректировки рецептуры жесткой бетонной смеси и изменения задания на дозирование компонентов смесей.



Зависимость прочности контрольного образца бетона от его состава

Вывод. По результатам активного эксперимента получены уравнения регрессии, связывающие изменение прочности контрольного образца смеси от количественного состава.

Библиографический список

1. Поляков С.И. Автоматизация дозирования и учета расхода компонентов бетонных смесей. Диссер-я на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. – Воронеж, 1994. – 250 с.

2. Поляков С.И. Оптимизация состава бетонной смеси на Межхозяйственном сельском строительном комбинате «Воронежский – 1» / Лесотехн. ин-т. – Воронеж, 1988. – 7 с. – Деп. В ВНИИИС Госстроя СССР, №8619.

3. Поляков С.И. Проблема точности дозирования материалов / Проблемы и перспективы лесного комплекса: Матер. межвуз. науч. – практ. конф. (26–27 мая 2005 г.). Т.2 – Воронеж: Воронеж. гос. лесотехн. акад., 2005. – с.45–49.

Информация об авторах

Поляков С. И. – кандидат технических наук, доцент кафедры систем управления и информационных технологий в строительстве, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), e-mail: poliakov1960@mail.ru
Зимин Д.А. – студент группы мСАП-181, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), тел.: 8-915-543-5776
Корж С.Ю. - студент группы мСАП-181, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), тел.: 8-951-870-1423

Information about the authors

Polyakov S.I. – candidate of technical sciences, associate professor department of Management systems and information technologies in construction, Voronezh State Technical University (84, 20 years of October Street, Voronezh, 394006, Russia), e-mail: poliakov1960@mail.ru
Zimin D.A. - Students of the mSAP-181 group, Voronezh State Technical University (84, 20 years of October Street, Voronezh, 394006, Russia), ph.: 8-915-543-5776
Korzh S.Yu. - Students of the mSAP-181 group, Voronezh State Technical University (84, 20 years of October Street, Voronezh, 394006, Russia), ph.: 8-951-870-1423

УДК 004

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Е.П. Алемасов, Р.С. Зарипова

Казанский государственный энергетический университет

Аннотация: В статье рассмотрено влияние внедрения информационных технологий в производство как фактор экономического роста предприятий с целью повышения производительности и конкурентоспособности продукции на рынке

Ключевые слова: информационные технологии, производство, экономический рост

INDUSTRIAL DIGITIZATION AS A TOOL TO INCREASE PRODUCTION

E.P. Alemasov, R.S. Zaripova

Kazan State Power Engineering University

Abstract: The paper deals with the influence of introduction of information technologies into production as a factor of economic growth of enterprises aimed at increasing productivity and competitiveness of products at the market

Keywords: information technologies, production, economic growth

Цифровизация производства связана с внедрением новейших информационных технологий: аналитика больших данных и машинное обучение, искусственный интеллект, роботизация, дополненная реальность,

© Алемасов Е.П., Зарипова Р.С., 2020

интернет вещей (IoT), 3D-печать, облачные вычисления. Развитие промышленности в начале XXI века способствовало переходу многих предприятий на автоматизированные системы управления и производства. Применение системного и программного обеспечения в различных областях и сферах деятельности государства привело к положительной динамике получения высококачественной и конкурентоспособной продукции.

Информация в современную эпоху является весьма актуальным экономическим ресурсом для учреждений. Еще до появления информационных технологий и внедрения этих технологий в процесс производства товаров и услуг актуальность информации для достижения экономического роста была высока по всему миру.

В наше время все средние и крупные организации зависят от информационных технологий для их дальнейшего выживания. Понимание эффективного использования и управления информационными системами сегодня как никогда важно для менеджеров и других работников предприятия в современном глобальном информационном обществе. Информационные системы и технологии стали жизненно важным компонентом успешного бизнеса. Информационные системы составляют важную область обучения в бизнесе, так как они считаются основной функциональной областью в деловых операциях [1].

Информационные технологии не всегда рассматривались как фактор экономического роста. Временами вклад информационных технологий в экономический рост ставился под сомнение, так как компьютеры якобы не повышают производительность, по крайней мере, большую часть времени. Но со временем, которого потребовалось очень мало для быстрого технического прогресса, парадокс производительности в этом отношении стал менее значимым.

В конце XX века информационные технологии стали более изощренными, и последовавший за ними экономический рост не был случайным. Уровень производительности в компаниях, ориентированных на информационных технологиях, увеличился на 3%. Имеется множество свидетельств и доказательств того, что использование информационных систем вызвало повышение производительности. Кроме того, более недавние исследования обнаружили элементы положительной взаимосвязи между инвестициями в среду информационных технологий и производительностью. Поскольку бизнес-среда становится все более глобализированной и динамичной, актуальность информации не может быть переоценена, поскольку она необходима для принятия бизнес-решений, маркетинговых стратегий, поддержания конкурентной позиции и т.д. Благодаря цифровой конвергенции, синтезированной революцией в области компьютерных технологий, все формы данных делают постепенное преобразование из аналогового в цифровой формат [2].

Технологии, которые позволяют эффективно добывать, управлять и манипулировать информацией как в ее необработанном виде, так и в ее уточненной форме, имеют большое значение для экономического роста. Основное внимание в этом исследовании уделяется компаниям, которые занимаются информационными технологиями и их компонентами.

Есть факторы, которые оправдывают высокий рейтинг IT-ориентированных компаний. К примеру, компания Microsoft указывает, что они обладают ключевыми атрибутами, такими как: управление знаниями, эффективность, развитие и управление сетями людей и информации. Это заставляет их функционировать как отраслевая производительность и экономический рост; как средство достижения конкретных целей социального развития; и как инструменты политиче-

ского участия и хорошего управления, в результате чего они стимулируют инновации, создают новые возможности для трудоустройства и разрабатывают технологии, используемые другими корпорациями.

Яркий пример успешного развития и повышения экономического роста IT-ориентированных компаний – социальные сети, которые являются одним из ключевых компонентов революции в области информационных технологий и основным продуктом внимания гигантских технологических компаний, стимулирующих экономический рост. Такие технологические компании становятся больше и вносят больший вклад в глобальный экономический рост, поскольку все больше пользователей вводятся в социальные сети [3].

Принимая во внимание неуклонный рост спроса на продукты информационных технологий с начала XXI века, можно смело утверждать, что будущие перспективы IT-компаний находятся на положительной стороне [4].

Следует отметить, что в наши дни в Российской Федерации разрабатывается стратегия цифровизации экономической сферы, которая направлена на достижение необходимых условий прогресса в различных областях функционирования государства и формирование экономической устойчивости и безопасности страны.

Таким образом, интеграция цифровых технологий в деятельность предприятия способна не только стимулировать рост новых технологий, но и повысить производительность и конкурентоспособность продукции на экономическом рынке.

Библиографический список

1. Зарипова Р.С. Организация производства в условиях цифровой экономики / Р.С. Зарипова, Р.Р. Галямов, А.Ю. Шарифуллина / Наука Красноярья. 2019. Т.8. № 1-2. С. 21.

2. Антипова Т.С., Залилов А.Р., Зарипова Р.С. Глобализация и глобальные проблемы в мировой экономике // «Экономика сегодня: современное состояние и перспективы развития»: Сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей. 2018. С. 324-325.

3. Басаргин В.Я. Влияние цифровых технологий на урбанизацию / В.Я. Басаргин, Р.С. Зарипова, О.А. Пырнова / «Цифровая культура открытых городов»: Сборник материалов Международной научно-практической конференции. – Екатеринбург. – 2018. – С. 13-15.

4. Шакиров А.А. Роль новых технологий в экономике XXI века: угрозы и вызовы цифровой экономики / А.А. Шакиров А.А., Р.С. Зарипова / «Экономика сегодня: современное состояние и перспективы развития (Вектор-2018)»: Сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей. – Мин-во образования и науки РФ; Росс. гос. ун-т им. А.Н. Косыгина. – 2018. – С. 331-334.

Информация об авторах

Алемасов Е. П. – студент 1-го курса, Казанский государственный энергетический университет (420141, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, 51), тел.: 8-927-404-0481
Зарипова Р. С. – кандидат технических наук, доцент, Казанский государственный энергетический университет (420141, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: zarim@rambler.ru

Information about the authors

Alemasov E.P. - 1st year student, Kazan State Energy University, (51, Krasnoselskaya str., Kazan, 420141, Republic of Tatarstan, Russia), ph.: 8-927-404-0481
Zaripova R.S. – candidate of technical sciences, associate professor, Kazan State Energy University, (51, Krasnoselskaya str., Kazan, 420141, Republic of Tatarstan, Russia), e-mail: zarim@rambler.ru

УДК 621.43.068

ВЫЯВЛЕНИЕ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ В ДЕЙСТВИЯХ ЧЕЛОВЕКА

О.А. Калачёва

Ростовский государственный университет путей сообщения (Воронежский филиал)

Аннотация: На обеспечение безопасности немаловажное влияние оказывают возраст и трудовой стаж работника. Установлено, что пики нарушений имеют разную психологическую природу. Первый пик – результат неопытности. Второй пик появляется тогда, когда человек приобретает достаточно высокие трудовые навыки, уверенность в себе, и вот здесь он часто переоценивает свои ещё не столь прочные навыки и умение. Есть и другой фактор, который проявляется в группе лиц с низкими профессиональными качествами. В этой группе оказываются люди с достаточно большим общим трудовым стажем. Не имея особого интереса к своей работе и не прилагая особых усилий для её лучшего освоения, они допускают много ошибок в труде и часто попадают в различные происшествия

Ключевые слова: ошибки памяти, последовательность действий, устройства технических систем, наблюдение за сигналами, условия труда, нервная система, утомление

IDENTIFYING CAUSES OF ERRORS IN HUMAN ACTIONS

O. A. Kalacheva

Rostov state transport University (Voronezh branch)

Abstract: The age and length of service of the employee have an important impact on safety. It is established that the peaks of violations have different psychological nature. The first peak is the result of inexperience. The second peak appears when a person acquires a sufficiently high labor skills, self-confidence, and here he often overestimates his not so strong skills and abilities. There is another factor that manifests itself in a group of people with low professional qualities. In this group are people with a fairly large total work experience. Not having a special interest in their work and without much effort for its better development, they make a lot of mistakes in the work and often get into various accidents

Keywords: memory errors, sequence of actions, devices, technical systems, nabludenie for signals, working conditions, nervous system, fatigue

«Ошибка человека - оператора – это такое его действие или бездействие, которое привело к отклонению управляемых параметров технической части системы за допустимые пределы или запрещено правилами». Применительно к железнодорожникам классификацию причин ошибок человека можно определить следующим образом:

- недостаточные знания устройств технических средств, правил их обслуживания и ремонта, своих должностных обязанностей;

- заблуждения под влиянием привычек (действия, которые в результате их неоднократного повторения стали для человека притягательными);

- безответственность, неуважение правил и инструкций;

- ошибки памяти (забывает выполнить требуемые действия или проверки в нужный момент);

- невнимательное наблюдение за сигналами, неправильное восприятие их, отвлечение от своих основных обязанностей;

- нарушение требуемой последовательности действий;

- ошибки в результате неспособности выполнить свои действия;

- из-за недостатка времени, утомляемость, неподготовленность к работе (особенно в ночное время), нарушение режима труда и отдыха, сильная растерянность или расстройство;

- недостаток необходимого инструмента, измерительных приборов и приспособлений, а также материалов и запасных деталей и узлов;

© Калачёва О.А., 2020

- отсутствие нормальных условий труда, неудовлетворительная освещенность рабочего места, захламленность или излишняя загазованность;

- ненормальный производственный климат, конфликты в семье или предрасположенность к конфликтам;

- чрезмерная самоуверенность;

- увлечение вредными привычками.

И еще одно немаловажное требование к лицам, которые непосредственно связаны с движением поездов, состоит в том, что они должны проходить профессиональный отбор. Обученный и пригодный по профессии работник редко нарушает правила, инструкции и свои непосредственные обязанности.

Практический опыт психологов показывает, что равенство в социальном плане мужчин и женщин еще не свидетельствует об их одинаковости при исполнении служебных обязанностей. Опыт показывает, что женщины более пунктуальны и точно выполняют правила управления техникой, меньше рискуют и работают более осмотрительно, они лучше прогнозируют опасность, чем это делают мужчины. Поэтому ошибки и несчастные случаи у мужчин чаще всего возникают из-за переоценки своих возможностей и чрезмерной самоуверенности. Женщины же чаще допускают ошибки при управлении техникой из-за недостаточной уверенности в себе, нерешительности, чрезмерной осторожности[2].

Установлено, что женщины работают более надежно и безопасно, чем мужчины, только до тех пор пока они действуют в нормальных условиях. В случае их усложнения, появления непредвиденных обстоятельств или утомления уровень этих качеств резко падает по сравнению с мужчинами. Женщины реже создают опасные ситуации, а мужчины лучше из них выходят, избегая негативных последствий.

На обеспечение безопасности немаловажное влияние оказывают возраст и трудовой стаж работника. Установлено, что пики нарушений имеют разную психологическую природу. Первый пик – результат неопытности. Второй пик появляется тогда, когда человек приобретает достаточно высокие трудовые навыки, уверенность в себе, и вот здесь он часто переоценивает свои ещё не столь прочные навыки и умение. Есть и другой фактор, который проявляется в группе лиц с низкими профессиональными качествами. В этой группе оказываются люди с достаточно большим общим трудовым стажем. Не имея особого интереса к своей работе и не прилагая особых усилий для её лучшего освоения, они допускают много ошибок в труде и часто попадают в различные происшествия.

Фундаментом качества осуществляемой человеком работы, в том числе ее безошибочности и безопасности является его профессиональное умение [1, 2].

Важным показателем человека-оператора является способность обнаруживать в возникшей ситуации скрытые опасности и прогнозировать их развитие. Однако еще более важным его качеством является способность заранее принимать меры по предупреждению возникновения опасностей. Умелый оператор должен сам как бы конструировать развитие ситуации в желаемом направлении, не допуская возникновения в ней опасностей.

Нередко ошибку совершают люди, обладающие достаточным опытом и умением работать. Одной из причин этого является утомляемость. Это состояние развивается под влиянием тяжелого или длительного труда и выражается в комплексе соответствующих физиологических сдвигов в организме, понижающих его работоспособность. Оно проявляется в ухудшении функций восприятия и мышления, отчего возникают пропуски сигналов, несвоевременные реакции и

снижение общей стабильности деятельности.

В литературе приводятся данные, что каждому четвертому несчастному случаю предшествовало состояние явно выраженного утомления. Утомление, возникающее при физическом труде, не просто комплекс сдвигов тяжело или долго работающих мышцах, а общая реакция всей центральной нервной системы и управляемого ею организма на указанный конфликт. В состоянии утомления организм, несмотря на снижение своих возможностей, за счет внутренней мобилизации энергии в той или иной мере способен сохранять требуемую надежность работы. В другом случае возможности организма выходят за установленные пределы, порождая так называемое состояние «динамического рассогласования», ведущее к увяданию деятельности, накоплению патологических сдвигов в организме, которое классифицируется уже как переутомление. Основное отличие этого состояния от обычного утомления заключается в том, что утомление после соответствующего отдыха всегда снимается, а для устранения переутомления требуется медицинское вмешательство. Вот почему на железнодорожном транспорте особое внимание придается соблюдению режима труда и отдыха, и прежде всего локомотивных бригад [1].

Состояние сходное с утомлением, которое тоже приводит к ошибкам, является монотония. Она является результатом однообразия труда или его условий. Состояние монотонии сопровождается изменениями в различных сферах: физиологической – в организме возникают сдвиги, типичные для состояния утомления; психической – рассеивается внимание, затрудняется мышление, возникает нервозность; в поведенческой – снижается точность и скорость выполнения действий, увеличивается количество ошибок. Замечено, что состояние монотонии имеет волновой характер – оно то усиливается, то ослабевает. Причем с переменой характера труда, возникновением при этом новых задач состояние монотонии быстро проходит.

На функциональных возможностях человека сказывается прежде всего состояние здоровья. Есть такие заболевания, при которых человек продолжает работать. К ним относятся сердечно-сосудистые, желудочно-кишечные заболевания, диабет. Все эти болезни порождают недомогание, слабость, быструю утомляемость, повышенную раздражительность. Это вызывает определенную напряженность и ещё больше развивает утомление, которое приходится компенсировать повышением уровня внимания. Образуется схема саморегуляции человека, которая действует только за счет роста напряженности труда.

Рассмотрим такие важные факторы, как эмоции и стрессовое состояние. Отмечено, что в производственном процессе, положительный эмоциональный подъем нередко мешает работе, рассеивает внимание, затрудняет восприятие текущих задач, понижает мышление и трудовую активность. В то же время отрицательные эмоции, хотя в большинстве случаев вредят делу, порой помогают активизировать человека в работе. Появляется энергетическая мобилизация организма, которая способствует успешному выполнению работы. В современных условиях человек не может избежать стрессовых воздействий, которые подстерегают его в быту, на службе и при решении различных задач. Стрессовая реакция оказывается средством приспособления организма к негативным воздействиям. Реакция на стресс во всех случаях состоит их трех стадий: тревоги от столкновения с негативным фактором, сопротивления – приспособления к нему и последней стадии – если противодействие становится уже непосильным для человека, наступает истощение организма. Третья стадия вызывает у человека трудную ситуацию, понижается четкость в действиях, повышается вероятность нарушений, аварий и несчастных случаев. Такую стадию в стрессовой ситуации называют дистресс. Реакция людей на стрессовые ситуации весьма индивидуальна. Возникновению дистресса способствуют и такие индивидуальные качества, как чрезмерная настороженность, торопли-

вость, вспыльчивость [3]. При выполнении работы были использованы материалы исследований [4-20].

Приведенные факторы, негативно влияющие на действия человека, свидетельствуют о том, что многие нарушения и ошибки происходят по чисто психологическим причинам. Независимо от того, какие причины породили у человека вредные для работы волнения и тревогу, для обеспечения его безошибочной работы нужно искать пути их нейтрализации. Следует или устранить условия, породившие такое состояние, или путем самоконтроля найти пути расслабления и освобождения сознания от «дурных» мыслей. В такой ситуации должны помочь руководители и коллеги по работе.

Реформирование железнодорожного транспорта, разработанные планы и программы его усиления, обеспечение безопасности движения, разумеется, могут быть успешно реализованы при квалифицированном управлении производством в условиях рыночной экономики. На передний план здесь выступает кадровая проблема. В весьма сложный период перестройки железнодорожный транспорт сохранил основной костяк квалифицированных работников, что позволило отрасли работать сравнительно стабильно. Однако, при имеющейся текучести кадров и тенденции роста объема перевозок возникает необходимость наращивания темпов и изменения профиля подготовки и переквалификации специалистов, в том числе и управляющих производством. В вузах отрасли появилось 25 новых специальностей. В программах обучения студентов отраслевых вузов нашли отражение вопросы безопасности движения.

Результативность всей этой работы во многом зависит от качества обучения, учебных пособий, от квалификации преподавателей, их глубоких знаний современных подходов в управлении производством. В управлении процессом обеспечения безопасности движения приобретают особую значимость психологические аспекты. Они включают в себя анализ взаимоотношений между людьми, условий, вызывающих разрушение сложившихся отношений в коллективе, влияние конфликтных ситуаций, эффективность производства, прогноз влияния на персонал стиля работы руководства и других факторов, отражающихся на настроении человека, его производительности, обеспечения безопасности труда.

Библиографический список

1. Прицепова С.А., Калачева О.А. Системный подход к проблеме безопасности труда. – Естественные и технические науки.- 2012.- № 6(62) – С.608-612.

2. Калачева О.А., Прицепова С.А. Проблемы воздействия подвижного состава железнодорожного комплекса на окружающую среду - Естественные и технические науки – 2012 - № 6 (62) – С. 129-136.

3. Прицепова С.А., Калачева О.А. Производственный травматизм. Разновидность, расследование учет – Естественные и технические науки - 2013 - № 1(63). – С. 393-398

4. Звягинцева, А.В. Исследование неорганизованных выбросов пыли и газов в атмосферу при взрывных работах на карьерах горно-обогатительных комбинатов / А.В. Звягинцева, С.А. Сазонова, В.В. Кульнева // В сборнике: Комплексные проблемы техносферной безопасности Материалы V Международной научно-практической конференции. - 2019. - С. 302-312.

5. Звягинцева, А.В. Разработка мероприятий по сокращению пылегазовыделения на карьерах горно-обогатительного комбината / А.В. Звягинцева, С.А. Сазонова, В.В. Кульнева // В сборнике: Комплексные проблемы техносферной безопасности Материалы V Международной научно-практической конференции. - 2019. - С. 268-275.

6. Звягинцева, А.В. Совершенствование мероприятий по улучшению условий труда на горно-обогатительном комбинате / А.В. Звягинцева, С.А. Сазонова, В.В. Кульнева // В сборнике: Комплексные проблемы техносферной безопасности Материалы V Международной научно-практической конференции. - 2019. - С. 239-247.

7. Звягинцева, А.В. Анализ процесса пере-

работки ртутьсодержащих отходов и разработка природоохранных мероприятий / А.В. Звягинцева, С.А. Сазонова, В.В. Кульнева // Моделирование систем и процессов. - 2019. - Т. 12. - № 4. - С. 24-30.

8. Звягинцева, А.В. Расчет образования ртутьсодержащих отходов и разработка мероприятий по охране и рациональному использованию водных ресурсов / А.В. Звягинцева, С.А. Сазонова, В.В. Кульнева // Моделирование систем и процессов. - 2019. - Т. 12. - № 4. - С. 30-36.

9. Кульнева, В.В. Синергизм при загрязнении воздуха городской среды на фоне неблагоприятных метеорологических условий / В.В. Кульнева, А.В. Звягинцева // Современные тенденции развития гидрометеорологии в России: материалы II Всерос. науч.-практ. конференции. - Иркутск: Из-во ИГУ, 2019. - С. 587-591.

10. Звягинцева, А.В. Экологический мониторинг опасных гидрологических явлений / А.В. Звягинцева, В.В. Кульнев, В.В. Кульнева // International academy of ecology, man and nature protection sciences Ecology and development of Society. - 2018. - № 3(26). - С. 62- 66.

11. Звягинцева, А.В. Математическая модель водородной проницаемости металлов с примесными ловушками при наличии внутренних напряжений различной физической природы / А.В. Звягинцева // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. - 2019. - № 19-21 (303-305). - С. 29-44.

12. Звягинцева, А.В. Взаимосвязь структуры и свойств гальванических никелевых покрытий, легированных бором, в изделиях электронной техники / А.В. Звягинцева // Гальванотехника и обработка поверхности. - 2007. - Т. 15. - № 1. - С. 16-22.

13. Звягинцева, А.В. Влияние бора на наводороживание никелевых пленок / А.В. Звягинцева // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. - 2006. - № 5 (37). - С. 85-86.

14. Звягинцева, А.В. Современные накопители водорода на основе гибридных функциональных материалов / А.В. Звягинцева, А.О. Артемьева // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2017. - Т. 13. - № 5. - С. 133-138.

15. Сазонова, С.А. Оценка надежности работы гидравлических систем по показателям эффективности / С.А. Сазонова // Вестник Воронежского института высоких технологий. - 2016. - №1(16). - С. 37-39.

16. Сазонова, С.А. Моделирование нагруженного резерва при авариях гидравлических систем / С.А. Сазонова / С.А. Сазонова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. - 2015. - № 4 (11). - С. 7.

17. Сазонова, С.А. Применение декомпозиционного метода при моделировании потокораспределения в гидравлических системах / С.А. Сазонова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. - 2015. - № 4 (11). - С. 14.

18. Сазонова, С.А. Особенности формулировки прикладных задач управления функционированием системами теплоснабжения / С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2018. - Т. 11. - № 3. С. 80-88.

19. Николенко С.Д. Математическое моделирование дисперсного армирования бетона / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин // Моделирование систем и процессов. - 2019. - Т. 12. - № 1. - С. 74-79.

20. Asminin, V. Development and application of a portable lightweight sound suppression panel to reduce noise at permanent and temporary workplaces in the manufacturing and repair workshops / V. Asminin, E. Druzhinina, S. Sazonova, D. Osmolovsky // Akustika. - 2019. - Т. 34. - С. 18-21.

Информация об авторах

Калачёва О. А. - доктор биологических наук, профессор кафедры социально-гуманитарных, естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин, Ростовский государственный университет путей сообщения (Воронежский филиал) (394000, Россия, г. Воронеж, ул. Урицкого 75а), e-mail: 21x413@mail.ru

Information about the authors

Kalachyova O.A. - doctor of biological sciences, professor of the department of social and humanitarian, natural sciences and general professional disciplines, Rostov state transport university, Voronezh branch (75a, Uritsky street, Voronezh, 394000, Russia), e-mail: 21x413@mail.ru

УДК 533.6.08

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАГРЕТОЙ ТЕРМОАНЕМОМЕТРИЧЕСКОЙ НИТИ

А.А. Хвостов[1], А.А. Журавлев[1], Д.И. Целюк[1], Д.В. Сысоев[2]

[1] *ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»*
[2] *Воронежский государственный технический университет*

Аннотация: На основе тепловых балансовых соотношений получено уравнение динамики нагрева термоанемометрической нити. Приведено его решение, которое является общим для работы термоанемометра в режимах постоянного тока и постоянной температуры (сопротивления). Математическая модель термоанемометрической нити дополнена критериальными соотношениями, которые характеризуют условия конвективного теплообмена нагретой нити и воздушного потока

Ключевые слова: турбулентность, термоанемометр, коэффициент теплоотдачи, тепловой баланс

A MATHEMATICAL MODEL OF THE HEATED HOT-WIRE FILAMENT

A.A. Khvostov[1], A.A. Zhuravlev[1], D.I. Celuk[1], D.V. Sysoev[2]

[1] *MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)*
[2] *Voronezh State Technical University*

Abstract: On the basis of thermal balance relations, the equation of heating dynamics of a thermoanemometric thread is obtained. Its solution is given, which is common for the operation of a thermoanemometer in the modes of constant current and constant temperature (resistance). The mathematical model of a thermoanemometric thread is supplemented with criteria relations that characterize the conditions of convective heat exchange of the heated thread and the air flow

Keywords: turbulence, thermoanemometer, heat transfer coefficient, thermal balance

Проведение аэродинамических исследований воздушных потоков сопряжено с необходимостью идентификации скоростных показателей потока и характеристик его турбулентности (амплитуда, спектр пульсаций скорости потока, интенсивность и масштаб турбулентности и пр.) [1 – 3].

В основе анемометрических измерений лежат различные физические принципы, позволяющие косвенно судить о скоростных показателях воздушного потока по некоторым параметрам, допускающих их измерение и функционально связанных со скоростью потока. Обзор существующих анемометрических методов и их сравнительный анализ подробно представлен в литературе [3 – 6].

Одним из методов аэродинамической диагностики воздушных потоков является термоанемометрический метод, основанный на зависимости теплоотдачи нагретого термочувствительного элемента (тонкой металлической нити) от скорости воздушного потока, его физических свойств и разности температур чувствительного элемента и потока [1, 3, 7]. Охлаждение нагретой нити омывающим воздушным потоком приводит к уменьшению ее температуры и изменению электрического сопротивления и тепловыделения. Измеряя напряжение на термочувствительном элементе и зная его электрическое сопротивление (или протекающий через него ток), можно, при известных физических свойствах воздушного потока и материала чувствительного элемента и закономерностях теплообмена, определить скорость воздушного потока.

Для синтеза системы автоматического измерения скорости воздушного потока, а также определения метрологических характеристик термоанемометра необходимо располагать его математической моделью, адекватно описывающей динамику нагрева термочувствительного элемента в зависимости от электрических параметров, условий теплообмена и физических свойств воздушного потока и материала чувствительного элемента.

© Хвостов А.А., Журавлев А.А., Целюк Д.И., Сысоев Д.В., 2020

Рассмотрим термочувствительный элемент в виде однородной металлической нити (проволоки), по которой протекает электрический ток [8, 9]. Количество теплоты, которое выделяется в нити за счет прохождения электрического тока, расходуется на ее нагрев и отведение с поверхности в результате конвективного теплообмена (излучением при этом пренебрегаем):

$$I^2 R_н dt = mcd\left(T_н - T_в\right) + \alpha F\left(T_н - T_в\right)dt\,, \qquad (1)$$

где $T_н$ – температура нити, °С; I – сила тока, проходящего по нити, А; $R_н$ – сопротивление нити при температуре $T_н$, Ом; m – масса нити, кг; c – удельная теплоемкость материала нити, Дж/(кг·К); α – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м^2 К); F – площадь поверхности теплообмена нити, м^2; $T_в$ – температура воздушного потока, °С; t – время, с.

После преобразований уравнение теплового баланса (1), дополненное соответствующим начальным условием, принимает вид

$$\begin{cases} \dfrac{d\left(T_н - T_в\right)}{dt} + \dfrac{\alpha F}{mc}\left(T_н - T_в\right) = \dfrac{I^2 R_н}{mc}\,. \\ T\left(0\right) = T_в \end{cases} \qquad (2)$$

Электрическое сопротивление нити $R_н$ связано с ее температурой законом [8]

$$R_н = R_0\left(1 + \alpha^*\left(T_н - T_0\right)\right), \qquad (3)$$

где R_0 – сопротивление нити при температуре градуировки T_0 , Ом; α^* – температурный коэффициент сопротивления, К$^{-1}$.

С учетом этого уравнение (2) принимает вид

$$\begin{cases} \dfrac{d\left(T_н - T_в\right)}{dt} + \dfrac{\alpha F}{mc}\left(T_н - T_в\right) = \dfrac{I^2 R_0\left(1 + \alpha^*\left(T_н - T_0\right)\right)}{mc}\,. \\ T\left(0\right) = T_в \end{cases} \qquad (4)$$

Решением уравнения (4) является закон изменения температуры термоанемометрической нити во времени при ее нагреве электрическим током [10]

$$T_н\left(t\right) = T_в + \frac{I^2 R_в}{\alpha F - I^2 R_0 \alpha^*}\left(1 - e^{-\frac{\alpha F - I^2 R_0 \alpha^*}{mc} t}\right), \qquad (5)$$

где $R_в$ – сопротивление нити при температуре воздушного потока $T_в$:

$$R_в = R_0\left(1 + \alpha^*\left(T_в - T_0\right)\right). \qquad (6)$$

На основании закона (5) из соотношения (3) может быть получен закон изменения сопротивления термоанемометрической нити в режиме постоянного тока

$$R_н\left(t\right) = R_в + \frac{R_0 \alpha^* I^2 R_в}{\alpha F - I^2 R_0 \alpha^*}\left(1 - e^{-\frac{\alpha F - I^2 R_0 \alpha^*}{mc} t}\right). \qquad (7)$$

Уравнения (5) и (7) позволяют определить температуру и сопротивление нити в стационарном режиме (при $t \to \infty$):

$$T_н\left(\infty\right) = T_в + \frac{I^2 R_в}{\alpha F - I^2 R_0 \alpha^*}; \qquad (8)$$

$$R_н\left(\infty\right) = R_в + \frac{R_0 \alpha^* I^2 R_в}{\alpha F - I^2 R_0 \alpha^*} = \frac{\alpha F R_в}{\alpha F - I^2 R_0 \alpha^*}\,. \qquad (9)$$

С учетом формул (3) и (6) выражениям (8) и (9) можно получить уравнения теплового баланса для стационарного режима теплообмена между термоанемометрической нитью и воздушным потоком. Полагая в (8) и (9) $T_н = T_н\left(\infty\right)$ и $R_н = R_н\left(\infty\right)$, получим:

$$UI = \alpha F\left(T_н - T_в\right); \qquad (10)$$

$$UI = \alpha F \frac{R_н - R_в}{R_0 \alpha^*}\,, \qquad (11)$$

где U – падение напряжения на термоанемометрической нити, В ($U = IR_н$).

Коэффициент теплоотдачи α, входящий в уравнения динамики нагрева термоан-

емометрической нити (5) и (7), определяется по критерию Нуссельта Nu [11], который характеризует подобие процессов теплопереноса на границе между термочувствительным элементом и воздушным потоком

$$\mathrm{Nu} = \frac{\alpha \cdot d_н}{\lambda_в}, \qquad (12)$$

где $\lambda_в$ – коэффициент теплопроводности воздуха, Вт/(м·К); $d_н$ – диаметр термоанемометрической нити, м.

В условиях вынужденной конвекции при поперечном обтекании воздушного потока цилиндрической поверхности термоанемометрической нити критерий Нуссельта может быть вычислен как [11 – 14]:

$$\mathrm{Nu} = \begin{cases} 0,76\,\mathrm{Re}^{0,4}\,\mathrm{Pr}^{0,37}, & \text{при} \quad 1 < \mathrm{Re} < 40; \\ 0,52\,\mathrm{Re}^{0,5}\,\mathrm{Pr}^{0,37}, & \text{при} \quad 40 \le \mathrm{Re} < 10^3; \\ 0,26\,\mathrm{Re}^{0,6}\,\mathrm{Pr}^{0,37}, & \text{при} \quad 10^3 \le \mathrm{Re} < 2 \cdot 10^5; \\ 0,023\,\mathrm{Re}^{0,8}\,\mathrm{Pr}^{0,4}, & \text{при} \quad 2 \cdot 10^5 < \mathrm{Re} < 10^7, \end{cases} \qquad (13)$$

где Re – критерий Рейнольдса; Pr – критерий Прандтля.

Критерий Рейнольдса Re характеризует интенсивность вынужденного движения воздушного потока и представляет собой отношение сил инерции (скоростного напора) к силам вязкого трения

$$\mathrm{Re} = \frac{\vartheta_в d_н}{\nu_в}, \qquad (14)$$

где $\vartheta_в$ – скорость воздушного потока, м/с; $\nu_в$ – коэффициент кинематической вязкости воздуха, м^2/с.

Критерий Прандтля Pr характеризует влияние физико–химических свойств воздушного потока на интенсивность теплообмена:

$$\mathrm{Pr} = \frac{\mu_в c_в}{\lambda_в}, \qquad (15)$$

где $\mu_в$ – коэффициент динамической вязкости воздуха, Па·с; $c_в$ – удельная теплоемкость воздуха, Дж/(кг·м^3); $\lambda_в$ – коэффициент теплопроводности воздуха, Вт/(м·К).

Обобщая эмпирические формулы (13), коэффициент теплоотдачи α может быть определен из (12) как

$$\alpha = C \frac{\lambda_в \mathrm{Pr}^n}{d_н^{1-m}} \left(\frac{\vartheta}{\nu_в} \right)^m, \qquad (16)$$

где C, m, n – эмпирические коэффициенты, значения которых, согласно (12), зависят от диапазона чисел Re [11 – 14].

Согласно тепловому балансу (10) в стационарных условиях для определения скорости воздушного потока, обтекающего термоанемометрическую нить, необходимо знать силу тока, протекающего через нить и ее сопротивление. В практической термоанемометрии при помощи специальных измерительных схем один из этих параметров поддерживают постоянным и измеряют другой параметр, зависящий от скорости воздушного потока (метод постоянного тока или постоянной температуры (сопротивления)). В качестве выходного параметра, однозначно связанного со скоростью потока, используют, как правило, падение напряжения на термочувствительном элементе.

Представленные математические соотношения позволяют определить динамические и статические характеристики термочувствительного элемента проволочного термоанемометра, оценить влияние теплофизических свойств воздушного потока и конструктивных параметров термочувствительного элемента на его метрологические характеристики в режимах постоянного тока и температуры при интеграции в контур систем автоматического регулирования, а также наметить пути модернизации существующих измерительных схем термоанемометров.

Библиографический список

1. Хинце И.О. Турбулентность / И.О. Хинце. – М.: ГИФМЛ, 1963. – 680 с.

2. Брэдшоу П. Введение в турбулентность и ее измерение / П. Брэдшоу. – М.: Мир, 1974. – 279 с.

3. Ярин Л.П. Термоанемометрия газовых потоков / Л.П. Ярин, А.Л. Генкин, В.И. Кукес. –

Л.: Машиностроение, 1983. – 198 с.

4. Смольяков А.В. Измерение турбулентных пульсаций / А.В. Смольяков, В.М. Ткаченко. – Л.: Энергия, 1980. – 264 с.

5. Репина И.А. Методы определения турбулентных потоков над морской поверхностью / И.А. Репина. – М.: Ин-т космических исслед. Российской акад. наук (ИКИ РАН), 2007. – 36 с.

6. Плотников А.Д. Сравнительный анализ приборов и методов измерения скорости и направления ветра / А.Д. Плотников, Л.И. Сучкова // Ползуновский альманах. – Барнаул : Изд-во Алтайского гос. техн. ун-та им. И. И. Ползунова, 2010. – №2. – С. 119 – 122.

7. Хаустов И.А. Синтез динамической модели проволочного термоанемометра / И.А. Хаустов, А.А. Хвостов, А.А. Журавлев, Д.И. Целюк // Материалы VI Международной научно - технической конференции «Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство» / Воронеж. гос. ун-т инж. технол. – Воронеж : ВГУИТ, 2019. – С. 614 – 618.

8. Хвостов А.А. Математическая модель электронагревательного элемента с учетом температурной зависимости сопротивления / А.А. Хвостов, А.А. Журавлев, Д.И. Целюк // Новые технологии в научных исследованиях, проектировании, управлении, производстве: труды Междунар. науч.-техн. конф. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», т. 1, 2017. – С. 179 – 182.

9. Хвостов А.А. Моделирование нестационарного теплового режима нагрева открытой спирали / А.А. Хвостов, А.А. Журавлев, Д.И. Целюк // Научный вестник ВГАСУ. Серия: Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах/ Воронеж. ГАСУ. – Воронеж, 2017. – № 1. – С. 54 – 58.

10. Хвостов А.А. Повышение точности контроля параметров теплового режима групповой системы обогрева военной автомобильной техники в условиях низких температур / А.А. Хвостов, В.И. Ряжских, В.В. Синюков, А.А. Журавлев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. Тула: Изд-во ТулГУ, 2018. – Вып. 4. – С. 114 – 129.

11. Болгарский А.В. Термодинамика и теплопередача / А.В. Болгарский, Г.А. Мухачев, В.К. Щукин – М.: Высшая школа, 1975. – 495 с.

12. Кутателадзе С.С. Основы Теории теплообмена / С.С. Кутателадзе. – М.: Атомиздат, 1979. – 416 с.

13. Михеев Н.И. Закономерности теплообмена термоанемометрической нити / Н.И. Михеев, А.В. Саховский, К.Р. Хайрнасов, Д.В. Кратиров // Теплофизика и аэромеханика, 2010, Т. 17, № 2 – С. 189 – 196.

14. Журавлев А.А. Математическая модель нагрева проводника электрическим током в условиях естественной и вынужденной конвекции / А.А. Журавлев, Д.И. Целюк // Новые решения в области упрочняющих технологий: взгляд молодых специалистов: материалы Международной научно-практической конференци (22 – 23 декабря 2016 г.); В 2-х томах, Т. 1., Юго-Зап. гос. ун-т., Курск: Изд-во ЗАО "Университетская книга", 2016. – С. 301 – 303.

15. Sysoev D. Modeling of multi – objective systems / D. Sysoev, A. Dolgui, V. Sysoev // Advanced Computer Systems (ACS 99): Proceedings Sixth International Conference .- Poland: Szczecin, 1999. - P. 305 - 308.

Информация об авторах

Хвостов А.А. – доктор технических наук, профессор, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (394064, Россия, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А), e-mail: khvtol1974@yandex.ru

Журавлев А.А. – кандидат технических наук, доцент, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (394064, Россия, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А), e-mail: zhuraa1@rambler.ru

Целюк Д.И. – курсант, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (394064, Россия, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А), e-mail: celuk@rambler.ru

Сысоев Д.В. – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной математики и механики, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), e-mail: Sysoevd@yandex.ru

Information about the authors

Khvostov A.A. – doctor of technical sciences, professor, Military training and research center of the air force «Air force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin» (54A, Starykh Bolshevikov str., Voronezh, 394064, Russia), e-mail: khvtol1974@yandex.ru

Zhuravlev A.A. – candidate of technical sciences, associate professor, Military training and research center of the air force «Air force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin» (54A, Starykh Bolshevikov str., Voronezh, 394064, Russia), e-mail: zhuraa1@rambler.ru

Celuk D.I. – cadet, Military training and research center of the air force «Air force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin» (54A, Starykh Bolshevikov str., Voronezh, 394064, Russia), e-mail: celuk@rambler.ru

Sysoev D.V. – candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department of applied mathematics and mechanics, Voronezh state technical University (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), e-mail: Sysoevd@yandex.ru

УДК 004.8

РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СФЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОГРАММНЫМИ ПРОЕКТАМИ

А.С. Набиуллин, Р.С. Зарипова

Казанский государственный энергетический университет

Аннотация: данная статья посвящена изучению влияния искусственного интеллекта на управление проектами в области разработки программного обеспечения

Ключевые слова: искусственный интеллект, управление проектами, разработка программного обеспечения, программный проект

THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN SOFTWARE PROJECT MANAGEMENT

A.S. Nabiullin, R.S. Zaripova

Kazan State Power Engineering University

Annotation: This article is devoted to studying the influence of artificial intelligence on the management of software development projects

Keywords: artificial intelligence, project management, software development, software project

В современном динамичном и прогрессивном мире технологии и процессы устаревают быстрее, чем когда-либо. Искусственный интеллект является причиной постепенного прекращения использования определенных технологий и процессов раньше, чем ожидалось.

В настоящее время технологии искусственного интеллекта (ИИ) применяются повсюду [1]. Они дают много интеллектуальных продуктов, которые используются в обычной жизни. Но они еще очень далеки, чтобы называться «интеллектом» и имеют большой потенциал для улучшения. Алгоритмы ИИ были разработаны на основе нейронных сетей, которые позволяют компьютерам обретать новые навыки, как это делают люди. Нет необходимости программировать всю логику ИИ вручную, так как компьютер способен оптимизировать программу и самостоятельно подстраиваться для выполнения необходимых действий [2].

Управление проектом разработки программного обеспечения является одной из таких областей, на которую влияют концепции искусственного интеллекта и машинного обучения [3]. Гибкое управление проектами на базе ИИ становится всё более и более популярным.

В ближайшем будущем инструменты ИИ произведут революцию в сфере управления программными проектами, трансформировав практику управления проектами для повышения качества и производительности программного обеспечения [4]. Они позволят повысить производительность труда за счет автоматизации повторяющихся задач большого объема [5]. Инструменты ИИ также позволят делать прогнозы, оценивать риски проектов, выполнять основные задачи администрирования и давать полезные рекомендации. Исследователи предполагают, что с помощью искусственного интеллекта проектировщик сможет общаться с пользователями и поддерживать их в работе. Разработанная система на базе ИИ будет иметь аналитический механизм, механизм планирования, механизм оптимизации и механизм диалоговых диалогов.

Рассмотрим, как ИИ преобразует разработку программного обеспечения, чтобы сделать его более гибким, эффективным и безошибочным [6]. Перечислим основные области разработки программного обеспечения, которые ИИ сможет преобразить.

1. Проектирование. Руководители предприятий не всегда придерживаются советов и рекомендаций ИТ-профессионалов по инвестициям в программные решения. Они обычно объясняют свой отказ незрелостью ИИ-инструментов для управления проектами, которые уступают стандартным при-

© Набиуллин А.С., Зарипова Р.С., 2020

ложениям. Понимание потребностей клиентов и их копирование в программный дизайн – это длительный процесс, требующий множества альтернатив и повторений, чтобы в итоге получить удовлетворительный и эффективный дизайн. Искусственный интеллект сокращает эти усилия в несколько раз, понимая и изучая потребности и требования клиента и ранее размытые области, такие как индивидуальность бренда, чтобы предложить базовый дизайн после поиска миллионов комбинаций. Этот виртуальный партнер может предложить подходящее направление для наиболее опытного метода для разработки проектов. В настоящее время перед командами стоит выбор: встать на путь тестировщиков новых ИИ-инструментов для управления проектами или дождаться, когда они достигнут стадии готовности и их работа не будет сопровождаться непредвиденными ошибками. Одновременно с этим стоит отметить увеличивающуюся тенденцию применения ИИ в бизнес-среде.

2. Тестирование. Тестирование программного обеспечения является критически важным процессом и занимает много человеческих часов, прежде чем полнофункциональное и (относительно) безошибочное программное обеспечение будет передано клиенту. ИИ помогает смягчить повторяющиеся и тривиальные ручные тесты и дает больше времени для создания новых автоматизированных тестов со сложными функциями. Инструменты ИИ могут создавать тестовую информацию, оценивать ее подлинность и анализировать объем полученной информации для лучшего управления тестированием. Искусственный интеллект, если он обучен правильно, может обеспечить безошибочное программное обеспечение и быструю доставку проекта.

3. Тестирование графического интерфейса. Как бы важно это ни было, проводить тестирование графического интерфейса сложно из-за отсутствия специализированных инструментов и методов тестирования GUI. На сегодняшний день тестирование графического интерфейса является переломным процессом, когда специалистам приходится вручную создавать тестовые случаи, определять сценарии для проверки, определять временные рамки для проверки этих сценариев и, в конечном итоге, оценивать, оптимально ли тестируется программное обеспечение с графическим интерфейсом. Более того, даже для малейших модификаций программного обеспечения набор тестов должен быть соответствующим образом изменен для повторного тестирования. Специалисты теперь делают ставку на ИИ, чтобы ускорить эту чрезвычайно сложную и утомительную работу.

4. Принятие стратегических решений. Решения ИИ могут быть обучены критическим для бизнеса факторам для анализа эффективности прошлых проектов и существующих приложений. Это помогает находить оптимальные стратегии и решения для инженерных и бизнес-групп для разработки программных решений, которые могут максимизировать воздействие и минимизировать риски. Временные рамки для планирования преобразования требований в технические спецификации существенно сокращаются с помощью решений для машинного обучения. С помощью ИИ можно упростить выполнение постоянно повторяющихся процессов и администрирование. Подобные задачи отвлекают руководителей проектов от решения важных стратегических вопросов.

Тем не менее, применение ИИ для управления проектами это пока относительно новое начинание, и оно несет определенные риски. Необходимо учитывать, что даже наиболее качественно обученные алгоритмы в ИИ-решениях для управления проектами не гарантируют их идеальную работу. Искусственный интеллект освобождает время от рутинных и технических задач. Он позволяет руководителю проекта сконцентрироваться на сложно формализуемых областях, например, управлении коммуникациями и ожиданиями, разрешении конфликтов, стратегическом планировании и других [7]. Кроме того, внедрение искусственного интеллекта требует достаточно высокого уровня культуры и дисциплины проектного управления. Искусственный интеллект работает с данными, и эти данные должны быть своевременными и достоверными.

Библиографический список

1. Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Технологии искусственного интеллекта в образовании // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации: Материалы Семнадцатой открытой Всероссийской конференции. 2019. С. 335-337.

2. Докучаева С. М. Инновационное развитие искусственного интеллекта и машинного обучения в современной экономике // РИСК: Ресурсы. Информация. Снабжение. Конкуренция. 2019. С. 136- 138.

3. Беляева М.А., Буреш О.В., Шаталова Т.Н. Разработка интегрированной системы поддержки принятия решений по управлению проектами в условиях неопределенности // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. С. 43-48.

4. Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Перспективы развития искусственного интеллекта и кибернетики // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2019. № 3-4 (17-18). С. 78-81.

5. Шакиров А.А. Технологии больших данных в области информационной безопасности / А.А. Шакиров, Р.С. Зарипова / International Journal of Advanced Studies in Computer Engineering. 2018. № 2. С. 74-77.

6. Макаров И.М., Лохин В.М. Искусственный интеллект и интеллектуальные управления. М.: Изд-во Наука, 2006. 333 с.

7. Зарипова Р.С., Пырнова О.А. Управление деятельностью организаций в условиях цифровой экономики // Ученые записки ИСГЗ. 2018. Т. 16. № 2. С. 70-75.

Информация об авторах

Набиуллин А. С. – студент 1-го курса, Казанский государственный энергетический университет (420141, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, 51), тел.: 8-927-404-0481

Зарипова Р. С. – кандидат технических наук, доцент, Казанский государственный энергетический университет (420141, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: zarim@rambler.ru

Information about the authors

Nabiullin A.S. - 1st year student, Kazan State Energy University, (51, Krasnoselskaya str., Kazan, 420141, Republic of Tatarstan, Russia), ph.: 8-927-404-0481

Zaripova R.S. – candidate of technical sciences, associate professor, Kazan State Energy University, (51, Krasnoselskaya str., Kazan, 420141, Republic of Tatarstan, Russia), e-mail: zarim@rambler.ru

УДК 004.657

АНАЛИЗ И ОБРАБОТКА РЕЗЕРВНЫХ КОПИЙ REDIS

Н.А. Тихонов, И.К. Будникова

Казанский государственный энергетический университет

Аннотация: В данной работе анализируются критерии разработки программы, которая позволяет взаимодействовать с резервными копиями Redis без разворота самого хранилища. В этом случае не требуется загружать данные из резервной копии в оперативную память. Вся информация хранится на жестком диске, что позволяет работать с резервной копией практически на любом компьютере

Ключевые слова: Redis, база данных, программа, резервная копия

REDIS BACKUP ANALYSIS AND PROCESSING

N.A. Tikhonov, I.K. Budnikova

Kazan State Power Engineering University

Abstract: In this paper, we analyze the criteria for developing a program that allows you to interact with Redis backups without reversing the storage itself. In this case, it is not necessary to load data from the backup into RAM. All information is stored on the hard drive, which will allow working with the backup on almost any computer

Keywords: Redis, database, program, backup

На сегодняшний день существует огромное множество способов хранения информации на компьютерах. Существуют как относительно простые варианты, например хранение информации в обычных файлах, так и сложные, например базы данных [1-3].

В статье речь пойдет о резидентной системе управления базами данных (СУБД) класса NoSQL Redis.

Из определения понятно, что эта система хранит данные в оперативной памяти компьютера, что имеет как плюсы, так и минусы. К плюсам можно отнести высокую скорость чтения и записи данных. Однако

© Тихонов Н.А., Будникова И.К., 2020

при выключении компьютера данные из оперативной памяти пропадают, поэтому их нужно как то сохранить, что является недостатком. Для этих целей Redis использует резервные копии, они же дампы, которые сохраняются в файлах формата rdb и представляют собой снимок памяти хранилища redis [4]. В зависимости от количества оперативной памяти установленной на компьютере размеры файлов с резервной копией могут сильно отличаться.

Актуальность решаемой задачи рассмотрим на примере. На предприятии используется СУБД Redis для хранения данных о документах и их владельцах. Использовать данную СУБД было решено для ускорения отображения списка документов пользователю, но из-за длительного использования хранилище сильно разрослось и началось вытеснение данных. Для решения данной проблемы, нужно понять, какие данные уже не используются и удалить их, но из-за постоянной эксплуатации сервера нет возможности провести поиск.

Единственный выход это выгрузить данные в резервную копию, когда нагрузка на сервер будет незначительной и провести поиск по резервной копии. Но как оказалось файл весит, например 8 Гб и содержит около 13 миллионов строк, что существенно затрудняет его открытие в редакторе. Решением проблемы может быть развертывание хранилища на локальном компьютере, но для этого недостаточно оперативной памяти. Другой вариант – написать скрипт, который проведет поиск по файлу, но поскольку формат данных не читаемый то файл требуется декодировать. Возможен вариант поиска способа декодирования резервных копий в интернете, после чего самостоятельно искать нужные данные. Однако если учесть, что аналогичные поиски нужно проводить периодически, решение не является эффективным.

Целью данной работы является разработка алгоритма программы, которая позволит взаимодействовать с резервными копиями Redis без разворота самого хранилища. В этом случае не потребуется загружать данные из резервной копии в оперативную память, вся информация будет храниться на жестком диске. Такой подход позволяет работать с резервной копией почти на любом компьютере, поскольку размеры жестких дисков давно перевалили за сотни гигабайт. Нужно отметить, что программа не ставит задачей заменить хранилище Redis, а только дает возможность работать с его резервными копиями, чтобы проводить анализ хранимых данных без нагрузки на эксплуатируемое хранилище.

Файлы с форматом rdb в основном используются для хранения резервных копий данных. Например, программа Retrospect, которая используется для создания полных образов различных типов носителей, использует формат rdb для хранения данных. Некоторые базы данных такие как, Oracle, Darkbot и TrueVector, использую формат rdb для хранения своих данных.

Особенностями файлов данного формата является быстрое чтение и запись. Для этого, формат данных на диске должен быть как можно ближе к представлению данных в памяти. В случае с резервными копиями Redis данные будут содержать следующие поля:

1. Номер базы данных.

2. Время истечения жизни значения. Это поле может отсутствовать, если не было установлено время жизни записи.

3. Тип хранимого значения. Он обозначается цифрой от 1 до 14.

4. Ключ, который является уникальным идентификатором в рамках одной базы данных. С помощью данного ключа происходит доступ к данным, значение которых записано в хранилище

Таким образом, создаваемая программа сможет работать только с резервными копиями Redis, к тому же данные придется декодировать, чтобы предоставить их пользователю для проведения анализа.

Поскольку резервные копии могут иметь размер в десятки гигабайт, чтение такого объема данных займет продолжитель-

ное время, чего хотелось бы избежать. Так же нужно учесть, что не всегда будут требоваться все данные из резервной копии. В большинстве случаев пользователю будет достаточно работы с ключами, а использование других данных не потребуется. Но даже только ключей в резервной копии может быть десятки миллионов, поэтому поиск по ним может затянуться. Если учесть, что все описанные действия будут производиться с файлом размером 10 ГБ становится понятно, что такие манипуляции будут сильно нагружать оперативную память и занимать много времени.

Для решения всех перечисленных проблем было решено применить метод - сбалансированных деревьев [5]. Сбалансированные деревья или b-tree сегодня используется почти во всех современных базах данных: Postgresql, Oracle, Mysql, Microsoft Sql Server и другие. Основные операции в деревьях выполняются за время пропорциональное его высоте, а особенностью b-tree является их сбалансированность. То есть длина любых двух путей от корня до листьев различается не более чем на единицу, что позволяет производить поиск данных почти за одинаковое время.

Чтобы применить сбалансированные деревья для поиска ключей из резервной копии Redis, потребовалось создать некоторое количество системных файлов. В этих файлах будут содержаться ссылки на вершины дерева и интервалы данных, которые эти вершины охватывают. В качестве вершин будут выступать сами системные файлы, а в качестве листьев – ссылки на промежутки байт в исходном файле с резервной копией Redis.

При таком подходе не требуется дублировать исходные данные, что позволит минимизировать затраты на использование памяти. Также в программе предусмотрено проводить общий анализ хранимых данных, чтобы дать возможность пользователю выбирать те данные, с которыми он желает работать. У пользователя также останется возможность работать с данными, индекс для которых не создавался, однако время их получения будет значительно выше.

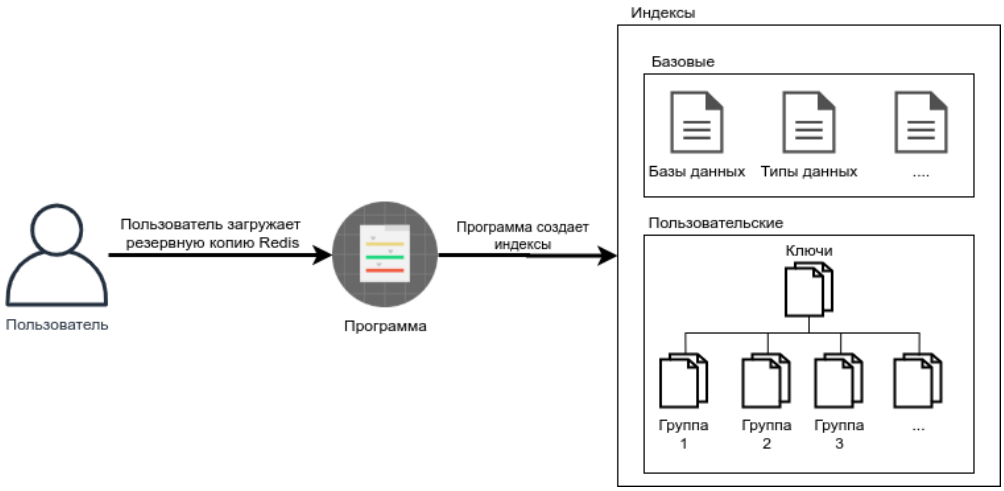


Рис. Общая схема алгоритма программы

Алгоритм работы программы на данном этапе можно представить схемой показанной на рисунке.

Таким образом, программа позволит анализировать резервную копию без установки сложных систем и самого Redis, в чем ее преимущество и актуальность.

Библиографический список

1. Технологии и средства хранения и обработки данных. [Электронный ресурс] . – URL: https://www.kp.ru/guide/sistemy-khranenija-dannykh.html

2. NoSQL базы данных: хранилища и доступность данных. Библиотека программиста. [Электронный ресурс] . – URL: https://proglib.io/p/nosql-db-part-1/

3. Парфенов Ю.П. Постреляционные хранилища данных: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал.ун-та, 2016. –120 с.

4. Redis RDB File Format. [Электронный ресурс]. – URL: https://rdb.fnordig.de/ file_ format.html

5. Process-based parallelism [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.python.org/3.4/library/multiprocessing.html?highlight=process

Информация об авторах

Тихонов Н.А. – магистрант, Казанский государственный энергетический университет (420141, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: tihonovn.a@yandex.ru
Будникова И.К. – кандидат технических наук, доцент, Казанский государственный энергетический университет (420141, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: ikbudnikova@yandex.ru

Information about the authors

Tikhonov N.A. - Master's student, Kazan State Energy University, (51, Krasnoselskaya str., Kazan, 420141, Republic of Tatarstan, Russia), e-mail: tihonovn.a@yandex.ru
Budnikova I.K. – candidate of technical sciences, associate professor, Kazan State Energy University, (51, Krasnoselskaya str., Kazan, 420141, Republic of Tatarstan, Russia), e-mail: ikbudnikova@yandex.ru

УДК 338.2

ПАРАДИГМА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗАЦИЙ СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРЫ

Е.А. Жидко[1], А.Б. Власов[2]

[1]*Воронежский государственный технический университет*
[2]*ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»*

Аннотация: В статье, исходя из требований международных и национальных нормативно-правовых документов, сформулированы основные положения парадигмы устойчивого (антикризисного) развития организаций социальной сферы, направленные на обеспечение безопасного и устойчивого развития (БУР) как функции её конкурентоспособности (КСП)

Ключевые слова: устойчивость развития, концепция, принципы, методология, методы, цели организации, пути их достижения, антикризисное управление, информационная и интеллектуальная поддержка

THE PARADIGM OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF ORGANIZATIONS SOCIAL SPHERE

E.A. Zhidko[1], A.B. Vlasov[2]

[1]*Voronezh State Technical University*
[2]*MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)*

Abstract: Based on the requirements of international and national regulatory documents, the article formulates the main provisions of the paradigm of sustainable (anti-crisis) development of social organizations, aimed at ensuring safe and sustainable development (SDB) as a function of its competitiveness (PCB)

Keywords: development sustainability, concept, principles, methodology, methods, organization goals, ways to achieve them, crisis management, information and intellectual support

Введение. На современном этапе одной из актуальных проблем является необходимость обеспечения безопасного и устойчивого (антикризисного) развития организаций, в том числе и социальной сферы, на фоне противоборства договаривающихся сторон на политической арене (далее «контекст») и конкурентной борьбы в социально-эколого - экономической сфере (далее «аспект») в рамках информационно - психологической войны между сторонами (далее «условия») [1-5].

В действующих нормативно-правовых документах (НПД) РФ отмечается такой недостаток, как «противоречия и неразвитость правового отношения в информационной сфере». Они порождены недостатками накопленной базы знаний и ресурса по обес-

© Жидко Е.А., Власов А.Б., 2020

печению информационной безопасности (ИБ) России, как одного из главных аргументов её национальной безопасности. Необходимость устранения таких недостатков определила перечень первоочередных задач, которые приведены, например, в доктрине информационной безопасности Российской федерации [6], и требуют своего безотлагательного решения на основе разработки и дальнейшего совершенствования высоких информационных и интеллектуальных технологий [7]. В интересах эффективного решения таких задач целесообразно разработать теоретические основы безопасного и устойчивого (антикризисного) развития организаций в меняющихся условиях. Они должны стать базой научных знаний, необходимых для координации намерений и действий сторон, которые стремятся к заключению соглашений о коллективной безопасности и взаимовыгодном сотрудничестве на основе соблюдения баланса их интересов. С этих позиций в работах [8-12] рассматривается возможность обеспечения ИБ организаций в условиях информационной войны между сторонами А и В в заданном контексте, аспектах и условиях. Учитывается, что цель такого противоборства – управление действиями друг друга в выгодном для них направлении. Путь достижения цели - своевременное и качественное информационное обеспечение (ИО) поддержки на мировом уровне КСП организации и её продукции в условиях информационного конфликта (ИК) между сторонами А и В, которые пытаются договориться о коллективной безопасности и взаимовыгодном сотрудничестве.

В интересах обеспечения БУР организаций в работах [9,13] обоснованы основные положения парадигмы их защиты от угроз нарушения ИБ (концепция, принципы, методология и методы) с неприемлемыми последствиями для объекта защиты, как того требует доктрина информационной безопасности Российской федерации. Однако, в названных работах обозначен лишь путь достижения БУР(КСП(ИО(ИБ))) объекта защиты. В них недостаточно уделено внимания вопросам: ассоциации устойчивости развития объекта с антикризисным управлением на основе инноваций; функциональной зависимости эффективности методов и систем ИБ от возможностей разрешения ИК, который возникает между договаривающимися сторонами в условиях информационно- психологической войны между ними.

Отсюда цель данных исследований – обоснование основных положений парадигмы устойчивого антикризисного развития организаций социальной сферы (например, организаций высшего профессионального образования) в условиях конкурентной борьбы между ними на внешних и внутренних рынках. Парадигма разрабатывается в интересах обеспечения принятой в РФ политики импортозамещения. Она ассоциируется с требованиями выхода отечественной науки, техники и технологий производства продукции на мировой уровень их конкурентоспособности с учётом влияния на него человеческого фактора.

С этой точки зрения особую актуальность приобретает решение задачи подготовки и переподготовки кадров (по отраслям) мирового уровня конкурентоспособности, а также дальнейшего повышения их квалификации по ситуации и результатам в реально складывающейся и прогнозируемой обстановке. В результате формируется база знаний, необходимых для оптимизации кадровой политики организаций.

Принцип решения проблемы – максимальное использование возможностей накопленной базы знаний и ресурса в области антикризисного управления на основе инноваций [2-5,14,15]. При этом будем учитывать, что по Л. Грейнеру организационное развитие осуществляется через кризисы, как показано на рисунке [4].

Отсюда постановка задачи: обеспечение БУР(КСП(ИО(ИК))) организации на основе предупреждения причин, порождающих кризисы, ликвидации их негативных последствий.

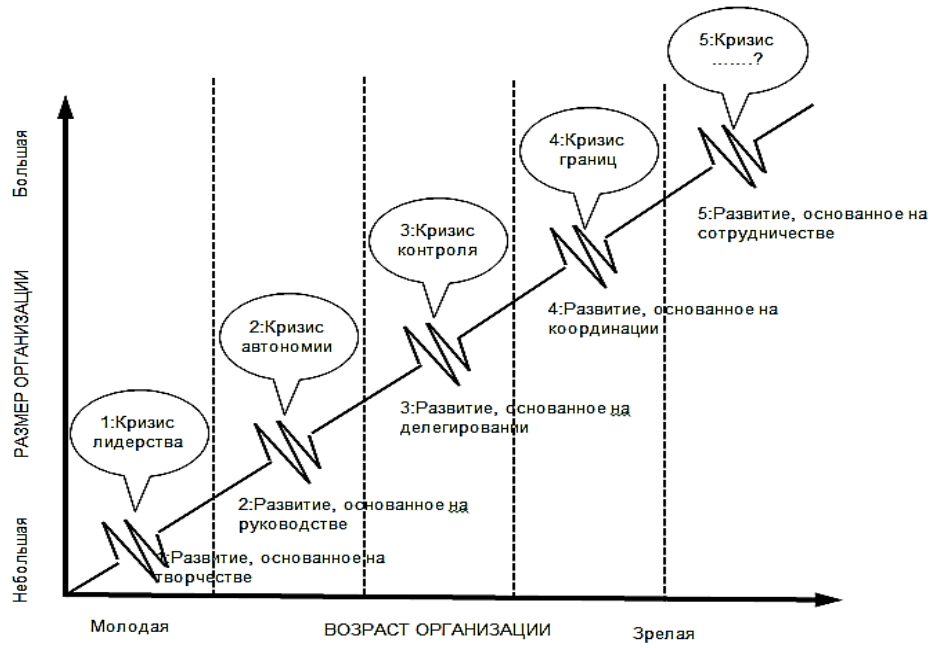


Рис. Модель организационного развития через кризисы (по Л. Грейнеру)

Решение её базируется на учёте условно взаимосвязанного развития внешней и внутренней среды организации, которые порождают угрозы нарушения БУР организации в рассматриваемом контексте, аспектах и условиях. Согласно сложившейся теории и практике прогнозирования и принятия решений [15], виды таких угроз целесообразно классифицировать по основаниям [8,12,16]:

- цель, место и время появления угроз; поле проблемных для неё ситуаций;

- причины, масштабы, детерминированность и цикличность появления угроз функционирования организации;

- информационное обеспечение сведениями о причинно - следственных связях, движущих силах, целях, законах и закономерностях порождающих угрозы развитию внешней и внутренней среды организации.

Парадигма устойчивого развития организаций социальной сферы. С учётом выше изложенного, сформулируем основные положения парадигмы (концепция и принципы, методология и её научно - методическое обеспечение) устойчивого развития организаций социальной сферы.

1. Концепция базируется на следующих утверждениях.

Предлагается рассматривать БУР организаций социальной сферы как функцию их КСП на внешних и внутренних рынках, то есть БУР(КСП). В интересах достижения и сохранения мирового уровня КСП организаций в реально складывающейся и прогнозируемой обстановке необходимо обеспечить эффективное противодействие угрозам нарушения их БУР(КСП). Для достижения цели требуется своевременное и качественное информационное обеспечение КСП(ИО) достоверными и полезными сведениями о ситуации и возможных исходах в борьбе за конкурентоспособную продукцию между сторонами А и В.

В результате приходим к следующим выводам.

Исследования устойчивости развития организаций целесообразно вести на логико - лингвистической модели условно взаимосвязанного развития внешней и внутренней среды организации, представленной в виде скобочной конструкции: БУР(КСП(ИО(ИК))) [8,12,13]. Исследования строятся по логической схеме:

«цель – путь её достижения – проблемные ситуации (угрозы нарушения устойчивости

развития организации) – порождающие их причины и приемлемость возможных последствий – необходимость и возможность разрешения проблем – эффективное (адекватное) противодействие угрозам».

Путь достижения цели - системный анализ причин появления угроз нарушения БУР(КСП) организации, формирование на этой основе панорамы угроз в отсутствие (априори) и в условиях противодействия им (апостериори); синтез адекватной реакции на угрозы с критическими и/или неприемлемыми последствиями по ситуации и результатам.

2. Основные принципы реализации концепции.

Реализация научно - организационного замысла базируется на выявление требований международных и национальных НПД к информационному обеспечению устойчивости развития организаций. Внимание акцентируется на: отмеченных в документах недостатках накопленной базы знаний и ресурса по обработке информации о реально складывающейся и прогнозируемой обстановке; первоочередных задачах по их устранению на основе единого подхода и алгоритма исследований устойчивости развития организаций с применением единой шкалы оценки устойчивости [7-10] .

В результате системного анализа возможностей решения таких задач с помощью накопленной базы знаний и ресурса по обработке информации авторы пришли к выводу о целесообразности комплексирования:

- ER концепции (сущности исследуемых процессов и явлений, отношения между ними, влияние на них атрибутики, например, целенаправленной деятельности человека);

- логико – вероятностно - информационного подхода к моделированию процессов;

- ветвления главной цели развития организации (БУР) на частные, то есть обеспечение её КСП, их ИО на основе разрешения ИК между договаривающимися сторонами А и В.

3. Методология исследований устойчивости развития организации, адекватная принятой концепции и изложенным принципам, базируется на усовершенствовании сложившегося универсального алгоритма управленческого консультирования [1-5,13]. Усовершенствования касаются вопросов: системного математического моделирования устойчивости развития организации; оптимизации методов и критериев такого развития в реально складывающейся и прогнозируемой обстановке. В результате единый алгоритм исследований устойчивости развития организации базируется на выполнении следующей последовательности операций [12, 26-29]:

- моделирование и прогнозирование возможных ситуаций конкурирующих сторон; постоянный мониторинг состояний внешней среды организации и контроллинг состояний её внутренней среды;

- экспертиза, проектирование и перепроектирование облика организации, траектории её устойчивого развития;

- управленческое консультирование и принятие решений по реакции на угрозы.

Методология формирования единой шкалы оценки устойчивости базируется на выполнении следующей последовательности действий:

- введение лингвистической переменной «имя состояния устойчивости», логико-лингвистическая модель которого строится по формуле Бэкуса-Наура;

- исходя из известной в эвентологии математической модели лингвистической переменной, введение начала отсчёта имён состояний, их градаций в заданном контексте, аспектах и условиях;

- формирование сбалансированной системы показателей эффективности противодействия угрозам нарушения устойчивости развития организации;

- обоснование концепции и принципов глобальной оптимизации методов и систем;

- система правил принятия решений об адекватности реакции на угрозы.

4. Реализация предлагаемых методологий базируется на усовершенствованном **научно-методическом обеспечении** реше-

ния задач проектирования и перепроектирования облика организации [12] с использованием метода соответственных структурных матриц и известных в математике действий над ними в комплексе с оператором оптимизации «цели – средства». Постановка и решение задач программирования и перепрограммирования траектории устойчивого развития организации в современных условиях основано на методе динамического программирования. Он базируется на согласовании интересов организации с общественными на национальном и международном уровнях, управлении циклами информационной и интеллектуальной поддержки инновационно - инвестиционного проектирования и перепроектирования облика организации на основе внедрения формы хозяйствования 5С:

– самоопределение функциональной полезности организации;

– самоокупаемость, самофинансирование и самоуправление;

– самостоятельность в принятии решений по адекватной реакции на угрозы нарушения устойчивости её развития.

Заключение. Проведенные исследования позволили авторам сформировать принципиально новый взгляд на возможность разрешение проблемы устойчивого развития организаций социальной сферы в реально складывающейся и прогнозируемой обстановке XXI века. Он нашёл своё отражение в основных положениях парадигмы такого развития, отличающейся тем, что с целью повышения достоверности и полезности реакции организации на нарушение устойчивости её развития, в парадигме предложены:

- *концепция* обеспечения устойчивости развития организаций, исходя из требований международных и национальных нормативно-правовых документов по обеспечению БУР отдельных стран, их интеграционных блоков и хозяйствующих субъектов;

- *принципы* реализации концепции базируются на координации намерений и действий сторон, которые стремятся решить вопросы коллективной безопасности и взаимовыгодном сотрудничестве на основе баланса их интересов;

- *методология* исследований устойчивости базируется на принципе максимального использования существующей базы знаний по антикризисному управлению на основе инноваций.

Библиографический список

1. Бажин И.И. Информационные системы менеджмента. - М.: ГУ-ВШЕ, 2000. – 688 с.

2. Валдайцев С.В. Антикризисное управление на основе инноваций: учеб. пособие. - СПб.: Изд-во С.- Петерб. ун-та, 2001. - 232 с.

3. Дурицына Р. Ф., Воробьева Т.Н. Управление проектами в условиях кризиса: учеб. пособие. - Благовещенск: ПКИ “Зея”, 2000. - 128 с.

4. Ефремов В.С. Стратегическое планирование в бизнес – системах. - М.: Издательство «Финпресс», 2001. - 240 с.

5. Рапопорт Б.М. Оптимизация управленческих решений. - М.: ТЕИС, 2001. - 264 с.

6. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации (утв. Указом Президента РФ от 5 декабря 2016 г. № 646)

7. Жидко Е.А., Попова Л.Г. Обеспечение требований по информационной безопасности на основе инноваций// Информация и безопасность. 2012. Т.16. №.3. С. 453-458.

8. Жидко Е.А., Попова Л.Г. Системное математическое моделирование устойчивого (антикризисного) развития хозяйствующих субъектов по форме Бэкуса-Наура //Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2016. №1(18). С.27-31.

9. Жидко Е.А., Попова Л.Г. Принципы системного математического моделирования информационной безопасности // Науковедение, 2014. № 2 (21). С. 34.

10. Жидко Е.А., Леонов П.М. Методология и методы системного математического моделирования информационной безопасности хозяйствующего субъекта теоретическими методами //Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2015. № 2 (6). С. 15-20.

11. Сазонова, С.А. Особенности формулировки прикладных задач управления функционированием системами теплоснабжения // Моделирование систем и процессов. 2018. Т. 11. № 3. С. 80-88.

12. Жидко Е.А. Логико - лингвистическая модель интегрированного менеджмента организации в XXI век // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2016. № 1 (16). С. 91-93.

13. Жидко Е.А., Попова Л.Г. Парадигма информационной безопасности компании // Вестник Иркутского государственного технического университета, 2016. № 1 (108). С. 25-35.

14. Сазонова С.А. Моделирование нагруженного резерва при авариях гидравлических систем // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2015. № 4 (11). С. 7. http://moit.vivt.ru/

15. Саркисян С. А., Лисичкин В. А., Минаев Э. С. И др. Теория прогнозирования и принятия решений. – М.: Высшая школа, 1977. – 351 с.

16. Сазонова С.А. Применение декомпозиционного метода при моделировании потокораспределения в гидравлических системах // Моделирование, оптимизация и информационные технологии.2015.№4(11). С. 14. http://moit.vivt.ru/

Информация об авторах

Жидко Е. А. – доктор технических наук, доцент кафедры техносферной и пожарной безопасности, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), e-mail: lenag66@mail.ru

Власов А.Б. – кандидат технических наук, доцент, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (394064, Россия, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А), тел.: 8-473-226-4752

Information about the authors

Zhidko E.A. - doctor of technical sciences, associate Professor of the Department of technosphere and fire safety, Voronezh state technical University (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), e-mail: lenag66@mail.ru

Vlasov A.V. - candidate of technical Sciences, associate Professor, Military training and research center of the air force «Air force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin» (54A, Starykh Bolshevikov str., Voronezh, 394064, Russia), Ph.: 8-473-226-4752

УДК 621.315.1

АВТОМАТИЗАЦИЯ АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ПРОВОДОВ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Л.А. Давлетшина

Казанский государственный энергетический университет

Аннотация: Актуальность работы обусловлена необходимостью автоматизации наличия гололедных отложений, на основе стандартных измерений повышением эффективности автоматического определения линий электропередач. Обнаружение гололедных отложений необходимо для своевременного проведения и оптимизации продолжительности плавки гололеда на проводах, которые позволяют предотвратить гололедные аварии на высоковольтных линиях электропередач

Ключевые слова: анализ, мониторинг, гололед, линия электропередач, отложение, авария, провода, локационный метод, линейная изоляция, воздушная линия

AUTOMATION OF ANALYSIS OF THE STATE OF POWER LINE WIRES

L.A. Davletshina

Kazan State Energy University

Abstract: The relevance of the work is due to the need to automate the presence of ice deposits, on the basis of standard measurements to improve the efficiency of automatic determination of power lines. Detection of ice deposits is necessary for timely implementation and optimization of the duration of melting of ice on the wires, which prevent ice accidents on high-voltage power lines

Keywords: analysis, monitoring, ice, power line, deposition, accident, wires, location method, linear insulation, overhead line

Воздушная линия электропередачи (ЛЭП) – это устройство, предназначенное для передачи или распределения электрической энергии по проводам, находящимся на открытом воздухе и прикрепленные с помощью траверс (кронштейнов), изоляторов и линейной арматуры к опорам или другим сооружениям [1].

Актуальность работы обусловлена необходимостью автоматизации наличия гололедных отложений, на основе стандартных измерений повысить эффективность автома-

© Давлетшина Л.А., 2020

тического определения линий электропередач.

Для диагностики состояния линий электропередачи предлагается использовать локационный метод, который позволяет своевременно обнаруживать появление гололедных отложений на проводах ЛЭП, а также оперативно обнаруживать повреждения проводов ЛЭП [2].

Обнаружение гололедных отложений необходимо для своевременного проведения и оптимизации продолжительности плавки гололеда на проводах, которые позволяют предотвратить гололедные аварии на высоковольтных ЛЭП.

На текущий момент имеются несколько методов обнаружения гололедных отложений, используемых в электрических сетях. Самыми надежными, из которых являются механические методы, основанные на взвешивании провода. Но основным недостатком данного метода является необходимость вносить изменения в линейную арматуру и высокая цена [3].

Назначение и область применения: необходимо разработать программу для выявления текущего состояния линий электропередач, на основе расчета коэффициента корреляции параметров затухания и запаздывания, выбрав время эксперимента: год, день, время (часы, минуты), количество приведенных измерений эксперимента, расчета значения параметра сигма для параметров затухания и запаздывания.

На рисунке 1 представлена блок схема для реализации программного комплекса.

Программа может быть использована в учебном процессе в качестве наглядного пособия в научно - исследовательской лаборатории «ЛДС ЛЭП», может быть использована в области электроэнергетики, в области электротехники, также программа может быть использована для диспетчерского управления, передачи сигналов релейной защиты и предотвращения противоаварийной автоматики.

Также были определены требования к разрабатываемому программному обеспечению: во-первых, максимально рационализировать рабочее время диспетчера, во-вторых, предусмотреть, устойчивость системы, т.е. система не должна терять работоспособности при некорректных действиях диспетчера, так же немало важно, эффективность системы (при вводе большого количества данных для расчета).

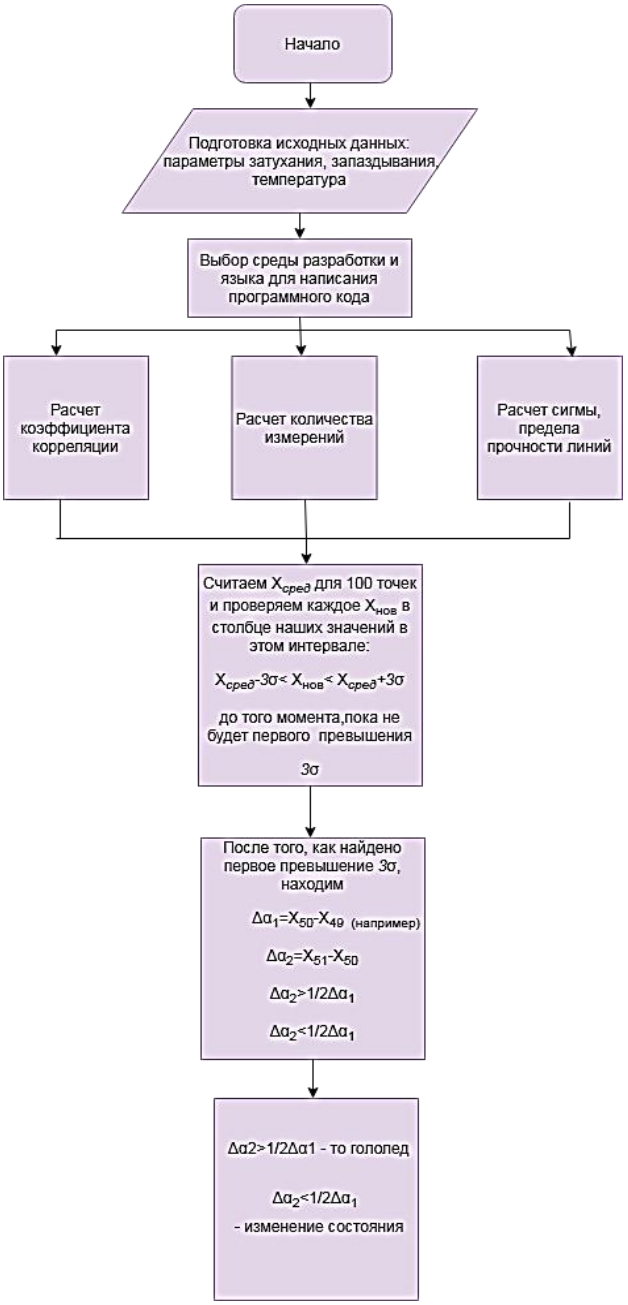


Рис. 1. Блок - схема для реализации программного комплекса

На первом этапе необходимо рассчитать коэффициент корреляции данных параметров (параметров затухания и запаздывания), он показывает зависимость двух величин: параметра запаздывания и затухания, значение -1 будет говорить об отсутствии корреляции между данными двумя парамет-

рами, 0 - о нулевой корреляции, а +1 - о полной корреляции параметров, то есть чем ближе значение коэффициента корреляции к +1, тем сильнее связь между двумя параметрами запаздывания и затухания:

$$r = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n\sum x^2 - (\sum x)^2][n\sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (1)$$

Далее рассчитывается статический параметр сигма - предел прочности, то есть это механическое напряжение, выше которого будет происходить разрушение, иначе говоря, можно сказать, что это пороговая величина, превышая которую механическое напряжение разрушит некое тело из конкретного материала, в нашем случае, пороговой величиной является толщина нарастания гололедообразования на линиях электропередач. Все изменения должны укладываться в 3σ, то есть нормальное состояние линий электропередач укладывается в 3σ. А гололед постепенно нарастает, определяется максимальный сдвиг, выше которого будет изменение состояния линий.

Данные расчеты были проведены и были необходимы, так как при отсутствии статистики измерений на конкретной линии электропередач сложнее произвести компенсацию температурных вариаций значений амплитуды и запаздывания.

В этом случае оценки погрешностей для задач контроля гололедообразования могут быть уменьшены за счет исключения из исходного массива тех данных, которые получены при положительных температурах, когда не могут образовываться гололедные отложения. Такие распределения амплитуд и запаздываний представлены на рис. 2 [4].

Определение 95 % доверительных интервалов амплитуды и запаздывания по измерениям только при температуре менее +2°С снижает ширину этих интервалов на 12 и 30 % соответственно по сравнению с интервалами полного массива измерений. Распределение амплитуд становится нормальным согласно критерию Колмогорова-Смирнова (Классический критерий Колмогорова предназначен для проверки простых гипотез о принадлежности анализируемой выборки некоторому полностью известному закону распределения).

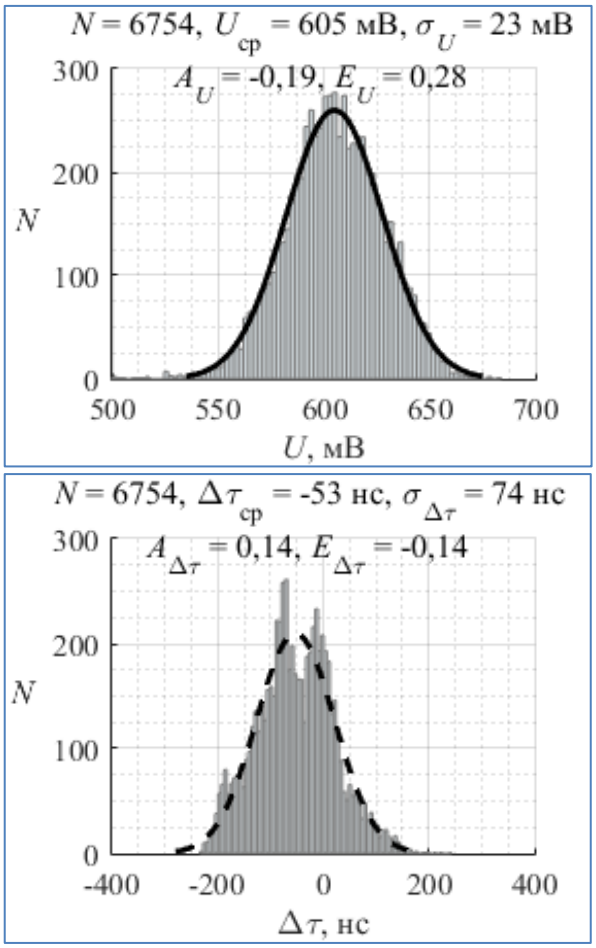


Рис. 2. Экспериментальные и теоретические нормальные распределения (с параметрами экспериментального) амплитуд *U* (*а*) и запаздываний Δτ (*б*) отраженных импульсов на линии (измеренные только при температуре ниже +2°С и без компенсации температурной нестабильности)

Из статистики надежности энергосистем следует, что самыми ненадежными элементами энергосистем являются воздушные линии электропередачи, при этом низкая надежность линий электропередач объясняется частыми повреждениями проводов, что вызвано как естественными, так и искусственными причинами.

Отключение электроэнергии является весьма опасным фактором, поэтому оперативное обнаружение места повреждения на линии электропередачи и его устранение позволяет повысить надежность линий.

В России ликвидация аварийных режимов затруднена из-за большой протяженности и бездорожья, особенно в осеннее и

зимнее время.

Таким образом, разработка методов и средств обнаружения повреждений линий электропередач является весьма актуальной задачей.

Библиографический список

1. Ярославский Д.А. Система автоматизированного мониторинга гололедных отложений воздушных линий электропередач на основе инклинометрическо - метеорологического метода. [Электронный ресурс]: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Казань, 2017, – 135 с.

2. Минуллин, Р. Г. Обнаружение гололёдных образований на линиях электропередачи локационным зондированием / Р.Г. Минуллин, Д.Ф. Губаев. – Казань: КГЭУ, 2010, – 208 с.

3. Правила устройства электроустановок. Седьмое издание, переработанное и дополненное. – М.: НЦ ЭНАС, 2007, – 298 с.

4. Казадаев А.П. О датчиках гололеда для воздушных линий. / А.П. Казадаев, А.Л. Лившиц, Р.М. Рудакова // Материалы II Всесоюзного совещания "Плавка гололеда на воздушных линиях электропередачи". – Уфа, 1979. – С. 163-171.

5. Теория и практика цифровой обработки сигналов. – Режим доступа: http://www.dsplib.ru/

Информация об авторе

Давлетшина Л.А. – магистрант, Казанский государственный энергетический университет (420141, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, 51), e-mail: liana.davletshina@mail.ru

Information about the author

Davletshina L.A. - Master's student, Kazan State Energy University, (51, Krasnoselskaya str., Kazan, 420141, Republic of Tatarstan, Russia), e-mail: liana.davletshina@mail.ru

УДК 004.415.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИБЛИОТЕКИ JSAT В ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММНЫХ РЕШЕНИЯХ

Е.О. Долгих

Воронежский государственный технический университет

Аннотация: Представлен анализ библиотек интеллектуального анализа данных на языке Java. Описаны особенности использования библиотеки JSAT для статистического анализа и машинного обучения в программах различного назначения, а также интеграции различных форматов входных данных с внутренним представлением JSAT для решения задач анализа данных и машинного обучения

Ключевые слова: преобразование данных, анализ данных, формат данных, паттерн Адаптер, разработка программ

USING JSAT LIBRARY IN APPLICATION SOFTWARE SOLUTIONS

E.O. Dolgikh

Voronezh state technical University

Abstract: the analysis of data mining libraries in Java is Presented. The features of using JSAT library for statistical analysis and machine learning in programs for various purposes, as well as integration of various input data formats with internal JSAT representation for solving problems of dependency recovery, clustering and regression analysis are described

Keywords: Jsat, dataSet, data analysis, format of the data, adapter

На сегодняшний день трудно представить задачу, в которой бы не требовалась обработка данных, а исследование данных – актуальный тренд. Поэтому в программной разработке часто приходится включать в состав программного продукта различные статистические методы и методы машинного обучения. При работе над программными проектами нет необходимости самостоятельно реализовывать необходимый метод анализа данных, достаточно подобрать библиотеку или свободно распространяемый программный код.

В настоящее время доступно много

© Долгих Е.О., 2020

бесплатных библиотек анализа данных на различных языках программирования. Для разработки прикладного программного обеспечения на Java было найдено три свободно распространяемых библиотеки анализа данных Jsat [1], VisTrails [2], Weka [3], возможности которых сопоставлены в табл. 1 – 3.

Таблица 1

Характеристики распространенных библиотек анализа данных

Функции /характеристики	Jsat	VisTrails	Weka
Язык программирования	Java	Python	Java
Распространенная область применения	Обучение, научные исследовательские задачи	Исследовательская работа вычислительных задач	Обучение, научные исследования, промышленность
Лицензия	Свободное ПО	Свободное ПО	Свободное ПО
Стабильная версия	April 17, 2017	May 3, 2016	September 4, 2018
Формат обмена данными	CSV	XML файл	ARFF файлы

Таблица 2

Состав методов машинного обучения наиболее распространенных свободно распространяемых библиотек анализа данных

Методы машинного обучения	Jsat	VisTrails	Weka
Нейронные сети (Artificial neural networks)	+	+	+
Деревья решений (Decision trees)	+	+	+
Метод опорный векторов (Support vector machines)	+	-	+
Баессовская сеть (Bayesian networks)	+	-	+
Генетические алгоритмы (Genetic algorithms)	+	-	+

Таблица 3

Состав методов интеллектуального анализа данных распространенных свободно распространяемых библиотек

Реализованные методы интеллектуального анализа данных	Jsat	VisTrails	Weka
Регрессионный анализ (GRM)	+	+	+
Многомерный дисперсионный анализ (MANOVA)	+	+	-
Анализ выживаемости	+	+	-
Логлинейный анализ	+	-	-
Анализ временных рядов и прогнозирование	+	+	+
Кластерный анализ	+	+	+
Факторный анализ	+	+	+
Деревья классификации	+	+	+
Многомерное шкалирование	+	-	+
Дискриминантный анализ	+	-	+
Анализ соответствий	+	-	+

Проведенный анализ показал, что наиболее широкими возможностями обладает Jsat. JSAT – это библиотека методов машинного обучения для исследовательских и

прикладных задач, которая предоставляется для использования в рамках GPL 3. Она написана на языке Java 6, и есть рефакторинг на Java 8. Из всех исследованных библиотек JSAT обладает одним из самых больших наборов алгоритмов, и как показал проведенный анализ (табл.1-3) единственной альтернативой выступает Weka, по сравнению с которой JSAT работает быстрее.

Цель данной работы – оценить возможность и удобство использования библиотеки JSAT для разработки собственных прикладных решений на Java.

Входные данные программных приложений могут быть представлены в следующих форматах [4].

1. CSV – значения, разделенные запятыми. Файлы данного формата содержат записи, состоящие из символьных полей, разделенных запятыми. Для корректной интерпретации первая строка содержит информацию о заголовках, помогающая описать последующие записи.

2. Электронные таблицы являются формой табличных данных, где информация хранится в строках и столбцах, так же, как двумерный массив. Они, как правило, содержат числовую и текстовую информацию и используют формулы для обобщения и анализа их содержания. Большинство людей знакомы с электронными таблицами Excel, но они также встречаются в составе других пакетов программного обеспечения, таких как OpenOffice.

3. База данных - представленная в объективной форме совокупность самостоятельных материалов, систематизированных таким образом, чтобы эти материалы могли быть найдены и обработаны с помощью системы управления базы данных (СУБД).

4. Extensible Markup Language (XML) – это язык разметки, который определяет стандартный формат документа. Широко используется для обмена данными между приложениями через Интернет. XML является популярным из-за своей относительной простоты и гибкости. Документы, закодированные в XML, являются символьными и легко читаются машинами и людьми. XML-документы содержат разметку и символы контента. Эти символы позволяют парсерам классифицировать информацию, содержащуюся в документе. Документ состоит из тегов, и элементы хранятся в тегах. Элементы также могут содержать другие теги разметки и формы, дочерние элементы. Кроме того, элементы могут содержать атрибуты или специфические характеристики, сохраненные в виде пары имя-значение.

Внутренняя структура хранения данных JSAT представлена специальной структурой данных DataSet (рис. 1). Каждая запись этой структуры представляет собой структуру DataPoint, элементы которого состоят из разнотипизированных данных. Информация о типах атрибутов DataSet описывается в шапке файла с данными. В свою очередь, структура данных DataPoint реализован с помощью типа данных Vec – это модифицированная версия стандартного типа данных Vector библиотеки java.util, который имеет большое число реализованных методов для удобства реализации задач. Vec может быть либо разреженным, либо плотным, где разреженные векторы имеют большое число нулей значения, которые явно не хранятся.

Одним из весомых факторов при выборе JSAT является добавленные в библиотеку основных алгоритмом статистического анализа, некоторые из которых перекрываются или являются частью другого алгоритма. Для задач регрессии и кластеризации используется разное представление. При регрессионном анализе используется особый тип данных – RegressionDataSet – набор данных, специально предназначенный для выполнения задачи регрессии. Каждая точка данных сопряжена с двойным значением s, которое указывает на ее истинное значение регрессии. Для кластеризации используется ClassificationDataSet – набор данных, предназначенный специально для задач классификации. Истинный класс каждой точки данных хранится отдельно от точки данных, так что он может быть подан в алгоритм обуче-

ния и не вмешиваться. Кроме того, доступны дополнительные функциональные возможности, относящиеся к задачам классификации.

Для загрузки и выгрузки данных может быть использован следующий подход. Данные считываются из файла и преобразуются в структуру данных DataSet. После манипуляций над формализованными данными, происходит преобразование данных в необходимый формат для дальнейшей работы с ними. Данный подход может быть реализован с использованием паттерна Адаптер [5], который позволят организовать взаимодействия данных, независимо от формата, с механизмами интерпретации их в различном приложении для корректного прямого использования библиотека JSAT. Разработанный нами шаблон преобразования файла произвольного формата во внутреннюю структуру данных DataSet для прямого использования библиотеки JSAT представлен на рисунке 2.

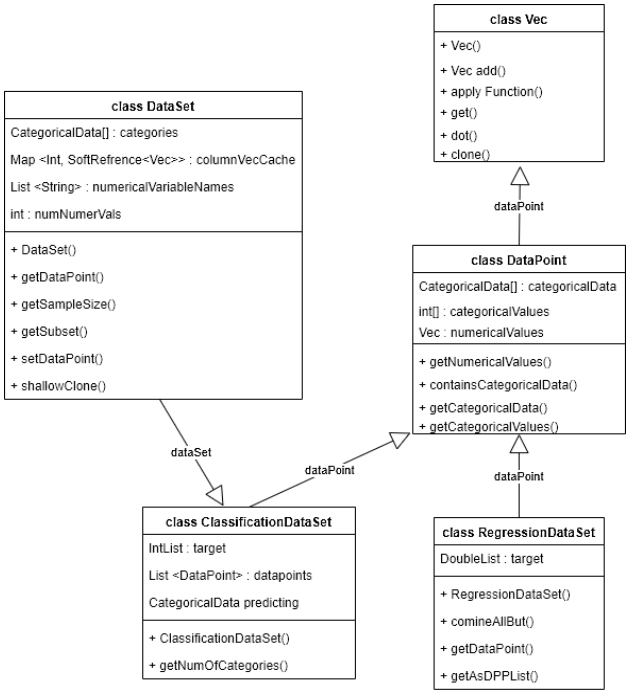


Рис. 1. Диаграмма классов структуры данных DataSet, RegressionDataSet и ClassificationDataSet

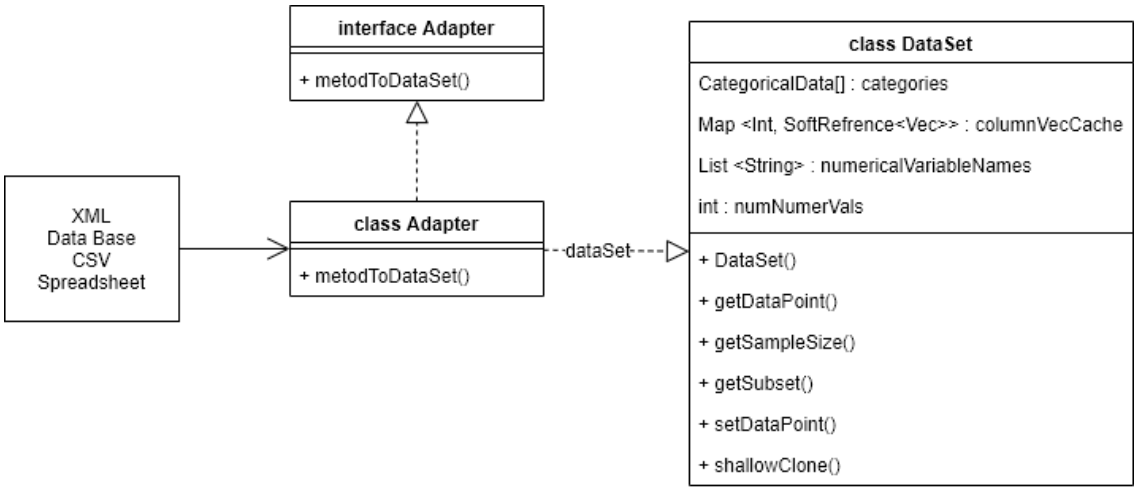


Рис. 2. Шаблон преобразования данных

Таким образом, применение библиотеки JSAT можно считать универсальным при необходимости использования методов анализа данных и машинного обучения при реализации прикладных приложений.

Библиографический список

1. Edward Raf. JSAT: Java Statistical Analysis Tool, a Library for Machine Learning / Journal of Machine Learning Research 18 (2017) 1-5.

2. VisTrails [Электронный ресурс] URL: https://www.vistrails.org/usersguide/v2.2/html/ (дата обращения: 02.06.2020).

3. Weka [Электронный ресурс] URL: https://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/ (дата обращения: 02.06.2020).

4. Richard M. Reese, Jennifer L. Reese, Alexey Grigorev. Java: Data Science Made Easy

2017.- С. 30-40.

5. Buschmann, Frank, Kevin Henney, and Douglas C. Schmidt. Pattern-oriented software architecture, on patterns and pattern languages. Vol. 1. John wiley & sons, 2001, pp. 177-187.

Информация об авторе

Долгих Е.О. – студент, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), e-mail: egordolgih7@gmail.com

Information about the author

Dolgikh E.O. - student, Voronezh state technical University (84, 20 let Oktyabrya str., Voronezh, 394006, Russia), e-mail: egordolgih7@gmail.com

УДК 621.396.66

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ LORAWAN В ИНТЕРЕСАХ ОРГАНОВ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ВЛАСТИ И ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ РЭБ

Д.В. Игнатов, Е.В. Волынкин, П.В. Шемяков

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация: Рассматривается вопрос применения сетей LORAWAN для реализации беспроводных сетей передачи данных, используемых для сбора информации с разнесенных объектов. Приводится экономическое обоснование, показывающее преимущества данной системы по сравнению с сетями, построенными на GSM и Wi-Fi

Ключевые слова: вычислительные сети, передача данных, LORAWAN, Wi-Fi, GSM

APPLICATION OF LORAWAN TECHNOLOGY IN THE INTERESTS OF EXECUTIVE AUTHORITIES AND EW DIVISIONS

D.V. Ignatov, E.V. Volynkin, P.V. Shemuakov

MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)

Abstract: The question of the use of LORAWAN networks for the implementation of wireless data networks used to collect information from spaced objects is considered. An economic rationale is presented, showing the advantages of this system compared to networks built on GSM and Wi-Fi

Keywords: computer networks, data transfer, LORAWAN, Wi-Fi, GSM

Одним из самых перспективных направлений развития современных сетевых коммуникаций является исследование возможностей беспроводных технологий передачи данных. При этом важным критерием в разработке таких технологий выступают не только увеличение скорости передачи и объем передаваемой информации, но и такие параметры, как загруженность используемого диапазона и качество приема сигнала, в том числе, в условиях плотной городской застройки, внутри зданий и их подземных уровнях.

На сегодняшний день наиболее широкое распространение получила технология Wi-Fi. При этом данный метод передачи данных имеет существенные ограничения по дальности связи и устойчивости сигнала в условиях стен зданий. Кроме того, используемый диапазон частот, очень часто, оказывается перегруженным. Стоит отметить, что даже при указанных недостатках, возможности технологии Wi-Fi вполне удовлетворяют основным потребностям гражданского населения.

Однако, для выполнения задач воинских формирований и подразделений органов исполнительной власти, в силу особой специфики, требуется более надежная и «неприхотливая» технология передачи данных, как в условиях плотной городской застройки, таки в условиях передвижения ключевых

© Игнатов Д.В., Волынкин Е.В., Шемяков П.В., 2020

единиц (сотрудников подразделений или объектов контроля или наблюдения).

Для выполнения оперативно - технических задач могут быть использованы технологии беспроводных дистанционных сетей с низким энергопотреблением (Low-Power Wide-Area Networks, LPWAN), которые были разработаны для обмена небольшими объемами данных с устройствами, которые рассчитаны на длительную автономную работу. Изначально данные технологии создавались в рамках концепции «интернет вещей» - IoT (Internet of Things), то есть как рабочая сеть, которая связывает объекты с интернетом. При этом собирается и обрабатывается информация от подключённых объектов. Однако такую концепцию возможно применить и для локальной специализированной сети без возможности подключения к интернету.

Технология, получившая название LoRaWAN (Long Range wide-area networks), построенная на основе спецификаций и протоколов для LPWAN, использующего нелицензируемый диапазон частот, позволяет подключать IoT-устройства на большие расстояния, при минимальных требованиях к инфраструктуре и длительном сроке службы на автономном питании [1].

LoRa - технология, которая модулирует данные в электромагнитные волны. Технология использует метод Chirp Spread Spectrum (линейно-частотная модуляция), кодирующий данные в импульсы (похожий метод передачи данных на протяжении десятилетий использовался в военной и космической связи). LoRaWAN - это протокол связи и системная архитектура для сети. Уже существует предварительный национальный стандарт (ПНСТ) «Информационные технологии. Интернет вещей. Протокол обмена для высокоемких сетей с большим радиусом действия и низким энергопотреблением». В ходе обсуждения на конференции «Регулирование цифровых технологий» был поддержан международными экспертами во главе со специалистами LoRa Alliance в качестве полноценного протокола семейства LoRaWAN.

LoRaWAN работает в диапазоне от 400 до 900 МГц, ширина полосы пропускания – 125 кГц, количество пропускных каналов – 8, уровень сигнала - 2-14 Дб. Максимальная пиковая мощность передатчика/приемника – не может превышать 25 мВт. Скорость передачи данных – до 5,5 кбит/сек. Срок службы устройств от одного аккумулятора может доходить до десяти лет, поскольку сигналы LoRa не требуют большой мощности для генерации и передачи. В условиях плотной городской застройки сигнал от одной базовой станции (БС) может преодолеть до 3 км, в условиях сельских поселений – 5-7 км, в условиях прямой видимости – 25 км. В сентябре 2017 года шар-зонд, поднявшийся на высоту 38 км, оборудованный подключенным радиомодулем LoRa, антенной и GPS-модулем, смог отправить данные на расстояние в 702 км.

Основная структура LoRaWAN – сеть типа «звезда»: несколько приборов контроля или сигнализации подключаются беспроводным сигналом к шлюзу, который работает в режиме коммутатора\повторителя. Сам он не производит обработку информации, а просто служит ретранслятором, объединяющим несколько клиентских устройств. Безопасность в стандарте реализуется двумя ключами (из зарубежной практики – ключи AES-128 бит) [2]. Любой пакет шифруется ключом сетевого сервера и сервера приложений. Таким образом, сети LoraWAN имеют существенные преимущества по дальности передачи (в том числе, в условиях строений и иных препятствий) данных, энергопотреблению, по сравнению с сетями WiFi и GSM [3].

Основными требованиями для применения данной технологии являются – невысокие требования к скорости передачи дан-

ных, а также наличие возможности устанавливать антенны, как можно выше для увеличения дальности связи.

Немаловажен тот факт, что стоимость оборудования для реализации сети LoRa заметно ниже, чем стоимость оборудования WiFi или, тем более, GSM.

Для более наглядного представления различий в стоимости развертывания подобных коммуникаций далее приведен сравнительный анализ средних цен на основные компоненты архитектуры всех трех рассматриваемых типов сетей на примере построения системы контроля и учета показаний счетчиков водоснабжения в жилых домах.

Простейшая конфигурация сети WiFi в данном случае состоит из:

– счетчик АИСТ А100 с коммуникационными модулями (3000 рублей)

– WiFi-роутер с необходимой зоной покрытия и количеством подключаемых устройств – WiFi Eltex WB-2 (19934 рублей)

– сервер HP Proliant DL 380e Gen8 (39 897 рублей)

Таким образом, данная сеть с 8 счетчиками потребует финансовых вложений на сумму 83831 рублей.

Применительно к архитектуре сети GSM:

– базовая станция HUAWEI BIS 3900 – при оптовом заказе - 100$

– опорная сеть (абонентский сервер)- Yate HSS/HLR LTE 28050$

– транспортная сеть - средняя стоимость порядка нескольких тысяч $

В итоге на проектирование данной сети необходимо иметь стартовый капитал размером в несколько десятков тысяч $.

Для варианта использования сети LoRa [4]:

– беспроводной датчик LoRa RF – LoRi Spi 433 МГц – 5$ = 368 рублей.

– базовая станция Вега БС-1.2 (27945 рублей)

– сетевой сервер на основе Intel Pentium G3220 = 80$ = 5887 рублей.

В целом данная конфигурация с 8 датчиками оценивается в 36776 рублей, что более, чем в 2 раза экономически целесообразней WiFi-аналога и на несколько порядков ниже стоимости GSM-аналога. При этом стоит отметить ряд как технических (таких как дальность покрытия, потребляемая датчиками мощность), так и эргономико-эксплуатационных (срок службы) параметров, по которым LoRa сеть во многих случаях практической реализации превосходит своих потенциальных конкурентов.

Исходя из выявленных преимуществ, целесообразно рассмотреть возможность применения технологии LoraWAN в качестве альтернативы технологиям, используемым в системе электронного мониторинга подконтрольных лиц (СЭМПЛ) органами ФСИН (система электронных браслетов) [5].

Как правило, судьи определяют территорию передвижения осужденного в границах муниципального образования, предъявляют ограничения по нахождению дома в ночные часы, запрет приближаться к увеселительным заведениям, школам, детским садам. С помощью технологии LoRaWAN возможно реализовать все эти требования на большей территории, с лучшим качеством передачи данных в условиях плотной застройки, при этом значительно дешевле, чем существующая система.

Для обеспечения дистанционного надзора в системе СЭМПЛ применяются два типа оборудования:

– стационарное контрольное устройство – аппарат, внешне напоминающий телефон, который устанавливается в месте проживания осужденного и позволяет контролировать периметр жилища. Используется при ограничении не покидать помещение.

– мобильное устройство - небольшой

мобильный телефон - все время должно быть при осужденном. Позволяет контролировать перемещение осужденного (подследственного) в рамках определенной территории.

Вместе со стационарным и мобильным контрольными устройствами имеется электронный браслет, который крепится на ногу осужденного, откуда информация поступает в Уголовно-исполнительную инспекцию на пульт оператора. Датчики на браслетах определяют координаты по GPS или ГЛОНАСС, а СКУ/МКУ с помощью встроенной SIM-карты отправляет данные на сервер территориального органа.

Основываясь уже только на стоимости реализации архитектуры сети GSM и учитывая тот факт, что электронные браслеты, являющиеся составным компонентом СЭМПЛ, который эксплуатируется вместе как с СКУ, так и МКУ, имеет смысл указать на достаточно высокую цену для практического применения данного продукта.

Технологию LoraWAN целесообразно использовать для построения системы управления подразделениями и отдельными единицами техники и военнослужащими в масштабах батальона РЭБ. Отдача коротких команд и распоряжений, а также получение необходимых данных (координат, технических и разведывательных данных) на расстоянии 25 км (при необходимости – и более) в диапазоне, не загруженном гражданскими сетями связи, по защищенному каналу может позволить создать надежную армейскую систему связи и передачи информации, при условии низкого энергопотребления и значительно более низкой стоимости оборудования.

Кроме того, такую технологию можно применить для автономного сбора данных в органах МВД, например для сбора статистики по перемещению патрульных автомобилей ГИБДД, ППС, Росгвардии, сбора сведений о составленных протоколах на нарушителей (с автоматической передачей данных о том где и в какое время был составлен протокол).

Библиографический список

1. About the LoRaWAN [Электронный ресурс] URL: https://lora-alliance.org/about-lorawan

2. Сеть LoRaWAN: безопасность обеспечивается [Электронный ресурс] URL: http://www.iksmedia.ru/articles/5573226-Set-LoRaWAN-bezopasnost-obespechiva.html

3. Что такое LoRaWan [Электронный ресурс] URL: https://habr.com/ru/company/nag/blog/371067/

4. Каталог продукции «Вега-Абсолют» [Электронный ресурс] URL: https://iotvega.com /product

5. Система электронного мониторинга подконтрольных лиц [Электронный ресурс] URL: http://sui.fsin.su/sempl.php

Информация об авторах

Игнатов Д. В. - кандидат технических наук, преподаватель 55 кафедры автоматизированных систем управления (и информационной безопасности), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54 «А»), e-mail: gato.blanco75@gmail.com

Волынкин Е. В. - преподаватель 55 кафедры автоматизированных систем управления (и информационной безопасности), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54 «А»), e-mail: 1user1@mail.ru

Шемяков П. В. – курсант 3-го курса, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А), e-mail: userdevert@gmail.com

Information about the authors

Ignatov D.V. - Ph.D. in Engineering, tutor 55 department of automated management system (and information security), Military Educational and Scientific Center of the Air Force «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (54A, Starykh Bolshevikov str., Voronezh, 394064, Russia), e-mail: gato.blanco75@gmail.com

Volynkin E.V. - tutor 55 department of automated management system (and information security), Military Educational and Scientific Center of the Air Force «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (54A, Starykh Bolshevikov str., Voronezh, 394064, Russia), e-mail: 1user1@mail.ru

Shemyakov P.V. - cadet of 3 course, Military Educational and Scientific Center of the Air Force «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (54A, Starykh Bolshevikov str., Voronezh, 394064, Russia), e-mail: userdevert@gmail.com

УДК 004

МЕТОДЫ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ И ТРЕНАЖЕРНО-КОНТРОЛИРУЮЩИХ СРЕДСТВ В ПОДГОТОВКЕ СТРЕЛКА-СПОРТСМЕНА

А.Л. Гречишников[1], И.А. Руцкой[2]

[1]*Курская академия государственной и муниципальной службы*
[2]*Белгородский государственный национальный исследовательский университет*

Аннотация: В статье рассматриваются методы информационно-управляющих систем и контролирующих средств в подготовке стрелков-спортсменов, как детей, так и взрослых спортсменов. Описываются характеристики различных технических устройств, которые используются в стрелковом спорте

Ключевые слова: информационно-управляющие системы, стрелковый спорт, тренировка, контроль

METHODS INFORMATION MANAGEMENT SYSTEMS AND TRAINING OF REGULATORY TOOLS IN THE PREPARATION OF ARROW-ATHLETE

A.L. Grechishnikov[1], I.A. Rutskoi[2]

[1]*Kursk Academy of State and Municipal Service*
[2]*Belgorod state national research University*

Abstract: The article discusses the methods of information management systems and control tools in the training of shooting athletes, both children and adult athletes. The characteristics of various technical devices are described. Which are used in shooting sports

Keywords: information and control systems, shooting sports, training, control

Практика современной тренерской деятельности стрелкового спорта ставит перед наставниками команд актуальные задачи, с тем, чтобы в конкретно взятой тренировке техническое совершенствование (ТС) тесно увязывалось с необходимостью решения важных тактических задач, записью и детальным анализом тренировочного процесса в целом. А если принять к сведению, что стрелковый спорт очень технически сложный вид, то становится понятным, что информационно - технические системы и тренажёрно - контрольные приборы и средства в подготовке стрелков спортсменов становится жизненно-необходимой основой, для совершенствования тренировочного процесса и повышения спортивных результатов.

По характеру применения технические средства в стрелковом спорте бывают информационно-управляющие, информационно-исследовательские и тренажёрно - контролирующие. С их помощью можно проводить исследования и получить информацию непосредственно в ходе тренировочного процесса [1]. Они универсальны и служат для сбора информации и контроля за группой показателей техникой стрелка, а также за функциональным состоянием организма спортсмена.

В практике стрелкового спорта используются преобразующие устройства (датчики), усилители электрических сигналов, регистрирующие устройства. В работе с ними применяются общеизвестные методы исследований, трансформированные в специфических условиях стрелкового спорта.

Метод сейсмотреморографии служит для регистрации амплитудно-частотных и временных характеристик тремора рук и колебаний оружия при прицеливании и выстреле. [3]. При этом используется сейсмодатчики СКГ или СПЭД. Сейсмокардиографический датчик СКГ имеет диапазон измерения ускорений 0,2:40 д., частотная характеристика 4:50 Гц. Сейсмоприёмник электродинамический (СПЭД) имеет диапазон измерений 7:130 Гц. Для регистрации колебаний можно применять любой регистрирующий прибор. Если необходима запись колебаний руки или пистолета в одной плоскости, или

© Гречишников А.Л., Руцкой И.А., 2020

только ЧСС, можно воспользоваться одноканальным электрокардиографами [3].

Метод тензометрии применяется для регистрации различных усилий, выполняемых стрелком во время стрельбы: нажим на пусковой крючок, усилие при захвате рукоятке на пистолете и винтовке, усилия, прилагаемые к прикладу винтовки во время стрельбы. При этом используются тензометрические датчики (сопротивлением около 200 Ом, базой 15-20 мм), тензоусилители любые, любые регистрирующие приборы (стандартные одно и много пишущие приборы, одно и многоканальные электрокардиографы, графопостроитель Н-306).

Метод стабилографии используется для регистрации проекции центра массы стрелка на площади опоры, скорости и величины его перемещения. В этих целях применяются стабилоплатформа, тензоусилитель и любой регистрирующий прибор (векторный кардиоскоп ВЭКС-4, осциллограф С1-13А, светолучевой осциллограф Н-115).

Кроме названных методов исследования в стрелковом спорте практикуется ряд методов, применяемых непосредственно в других областях научных исследований: физиологии, биомеханики и др.

Разрабатываются и специфические методы и методики исследования, например, метод регистрации колебаний ствола винтовки и фиксации лучом положения ствола в момент выстрела, метод координации для измерения координации и точности действий на вылет мишени стрелков-стендовиков и другие методы.

Как правило тренера интересует не один какой-то параметр работы, а несколько. С этой целью тренеры и стрелки стремятся зарегистрировать синхронно ряд изучаемых показателей, для чего используют одновременно несколько методов и методик регистрации.[3]. Этому способствуют и условия работы стрелков – спортсменов. Которые выгодно отличаются малоподвижным характером деятельности от спортсменов, занимающихся другими видами спорта.

В местах тренировок и соревнований устанавливают целые комплексы технических средств информационн – тренажёрно – контролирующего характера, позволяющие, например, одновременно зафиксировать устойчивость системы стрелок – оружие (стабилография), управление спуском (тензометрия), устойчивость оружия при прицеливании (сейсмотреморография) или проверить качество технических действий стрелка в соростной стрельбе из пистолета – управление спуском (тензометрия), колебания оружия при стрельбе и временные параметры с поворотом мишеней, одновременная регистрация на трехканальном самопишущем приборе.

Названные выше технические средства имеют широкий диапазон применения.

1. С их помощью проводится отбор начинающих перспективных спортсменов.

Доказано, что быстрее поддаются обучению и в дальнейшем быстрее достигают высоких результатов, особенно в пистолетных упражнениях, подростки, имеющие меньшие величины физиологического тремора (до 3 относительных единиц). [3]

Измерение тремора производится следующим образом: до начала тренировки на указательный палец вытянутой правой руки стрелка подвешиваются сейсмодатчик. Обследуемый принимает позу стрелка, регистрируются колебания руки на одноканальном электрокардиографе в течение 10 с., измеряется же амплитуда колебаний на участке после 6 с треморограммы. Перед началом серии замеров обязательно нужно произвести калибровку электрического сигнала, для чего подаётся на электрокардиограф электрический сигнал напряжением в 1 мВ и устанавливается размах пера в 2 мм. Эта величина и будет давать при измерении амплитуды 1 относительную единицу.

2. Измерение уровня развития специальных качеств (статической выносливости) осуществляется с помощью сейсмодатчика, установленного на пистолете, и записывается на электрокардиографе при длительном прицеливании до появления несвойственных (увеличенных) колебаний. Расчёт парамето-

ров производится по длительности устойчивого положения оружия и его амплитуде.[3]. Желательно эти измерения производить периодически с целью контроля за уровнем подготовленности стрелка к соревнованиям.

3. Контроль за состоянием техники стрельбы в естественных условиях тренировки в модельных соревновательных условиях с целью выявления наиболее стабильных элементов техники стрельбы в соревновательной обстановке достигается регистрацией различных элементов техники в спокойной тренировке и затем в соревновательной тренировочной ситуации.

4. Контроль за уровнем предстартового эмоционального возбуждения осуществляется в основном по результатам замеров тремора. Для этого тремор измеряется за 10-15 мин. До начала стрельбы6 на тренировке, на контрольной тренировке, на соревнованиях. Тренер сопоставляет и анализирует данные с учётом технической подготовленности стрелка.[3].

5. С технических средств осуществляется контроль за переносимостью тренировочных нагрузок. На тренировке квалифицированные стрелки, как правило, испытывают значительную по объёму физическую нагрузку, одновременно решая точностные задачи, что усугубляется психической нагрузкой. Замечено, что стрелки после длительных тренировок находящиеся в состоянии наилучшей своей спортивной формы, друг начинают снижать результат. Исследования показали, что у таких стрелков начинает развиваться незаметное вначале утомление, в первую очередь вызывающее нарушение тонкой координации.[3]. Зафиксировать это момент без объективной регистрации невозможно. Так как стрелок всегда будет находить «причину» снижения результата: не доспал, слишком много занимался ОФП, плохим настроением и пр.). Измерения физиологического тремола, перед началом тренировок в течение всего учебно – тренировочного сбора, выявляет его постепенное увеличение от исходного уровня у стрелков с недостаточно высокой технической и физической подготовленностью. Чтобы к концу сбора величины тремора нормализовались до исходных, а результаты в стрельбе поднялись и стабилизировались, необходимо снизить индивидуальную нагрузку.

Практически в единый комплекс можно свести все указанные выше методики и технические средства. Подобные комплексы технических средств необходимы для одновременной регистрации микроструктуры техники стрельбы и функционального состояния стрелка. Эти комплексы станут платформой для научных исследований в области стрелкового спорта.

Библиографический список

1. Железняк Ю.Д. Спортивные игры: Совершенствование спортивного мастерства / Ю.Д. Железняк, Ю.М. Портнов, В.П. Савин. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 400 с.

2. Е.А. Романов. Пулевая стрельба. Правила соревнований / Е.А. Романов. – М.: Советский спорт, 2006. – 123 с.

3. Жилина М.Я. Методика тренировки стрелка-спортсмена / Жилина М.Я. – М.: Издательство ДОСААФ , 1986. – 104 с.

Информация об авторах

Гречишников А. Л. - заведующий кафедрой физической культуры, доцент, Курская академия государственной и муниципальной службы (305044, г. Курск, улица Станционная, 9), e-mail: Kigms-fks@yandex.ru

Руцкой И. А. - доцент кафедры спортивных дисциплин, Белгородский государственный национальный исследовательский университет (308015, г. Белгород, ул. Победы, 85), тел.: 8-472-230-1211

Information about the authors

Grechishnikov A.L. -head of the Department of physical culture, associate Professor, Kursk Academy of state and municipal service (305044, Kursk, Station street, 9), e-mail: Kigms-fks@yandex.ru

Rutskoi I.A. -associate Professor of the Department of sports disciplines, Belgorod state national research University (85, Pobedy street, Belgorod, 308015), Ph.: 8-472-230-1211

УДК 621.396.67:628.518

ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА РАЗВИТИЕ РАДИОВОЛНОВЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

В.В. Ефремов[1], А.В. Звягинцева[2], С.А. Сазонова[2]

[1] ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
[2]Воронежский государственный технический университет

Аннотация: Рассматривается воздействие электромагнитных излучений на развитие профессиональных заболеваний. Разработаны организационные мероприятия по защите от воздействия электромагнитного поля организма человека. Рекомендуется применить комплекс мер не только организационного, но и правового, инженерно-технического, медико-профилактического характера

Ключевые слова: электромагнитные излучения, источники электромагнитного поля, радиоволновые заболевания, организационные мероприятия, комплексные мероприятия

FEATURES OF THE IMPACT OF ELECTROMAGNETIC RADIATION ON THE DEVELOPMENT OF RADIO-WAVE DISEASES

V.V. Efremov[1], A.V. Zvyagintseva[2], S.A. Sazonova[2]

[1]MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)
[2]Voronezh State Technical University

Abstract: The effect of electromagnetic radiation on the development of occupational diseases is considered. Organizational measures have been developed to protect against the effects of the electromagnetic field of the human body. It is recommended to apply a complex of measures not only organizational, but also legal, engineering, medical and preventive nature

Keywords: electromagnetic radiation, sources of electromagnetic field, radio wave diseases, organizational measures, integrated measures

Электромагнитное поле (ЭМП) – это совокупность электрического и магнитного полей, порождающих друг друга при взаимодействии электрически заряженных, дипольных и многопольных тел. Волной называют изменение состояния электромагнитного поля, распространяющееся в пространстве. Они бывают: сверхдлинными или радиоволны, терагерцовые, инфракрасные, видимый свет, ультрафиолетовые, рентгеновские и жесткие или гамма. Волны распространяются везде, в том числе и в вакууме. Излучение – это характеристика затухания поля по мере удаления от источника возникновения (табл. 1, 2). Зависит от длины волны (рис. 1). При выполнении работы были использованы материалы исследований [1-20].

Таблица 1

Диапазоны электромагнитного излучения

Название диапазона	Длины волн	Частоты
Сверхдлинные радиоволны	Более 10 км	Менее 30 кГц
Длинные радиоволны	10 км—1 км	30 кГц—300 кГц
Средние радиоволны	1 км—100 м	300 кГц—3 МГц
Короткие радиоволны	100 м—10 м	3 МГц—30 МГц
Ультракороткие радиоволны	10 м—1 мм	30 МГц—300 ГГц
Инфракрасное излучение	1 мм—780 нм	300 ГГц—430 ТГц
Видимое излучение	780—380 нм	430—750 ТГц
Ультрафиолетовое излучение	380—10 нм	10^{14}—10^{16} Гц
Рентгеновское излучение	10—0,005 нм	10^{16}—10^{19} Гц
Гамма-излучение	Менее 0,005 нм	Более 10^{19} Гц

© Ефремов В.В., Звягинцева А.В., Сазонова С.А., 2020

Электромагнитное излучение принято делить по частотным диапазонам. Между диапазонами нет резких переходов, они иногда перекрываются, а границы между ними условны. Поскольку скорость распространения излучения постоянна, то частота его колебаний жёстко связана с длиной волны в вакууме. Распространение электромагнитных волн, временны́е зависимости электрического E (t) и магнитного H (t) полей, определяющий тип волн (плоские, сферические и др.), вид поляризации и прочие особенности зависят от источника излучения и свойств среды.

Электромагнитное излучение повсюду: его создают бытовые электроприборы и офисная техника, мобильные телефоны и беспроводной интернет. В крупных городах техногенный электромагнитный фон давно превышает допустимые нормы в десятки и сотни раз. Это явление получило название электромагнитного смога, и совсем не так безобидно, как привыкли считать.

Среди основных источников ЭМИ можно перечислить:

- линии электропередач (городского освещения, высоковольтные);
- электропроводка (внутри зданий, телекоммуникации);
- бытовые электроприборы;
- теле- и радиостанции (транслирующие антенны);
- спутниковая и сотовая связь (транслирующие антенны);
- персональные компьютеры.

Виды воздействия ЭМП на биоэкосистемы:

- Непрерывное;
- Прерывистое;
- Общее;
- Местное;
- Комбинированное от нескольких источников и сочетанное с другими неблагоприятными факторами среды.

На биологическую реакцию человека влияют следующие параметры ЭМП:

- интенсивность ЭМП (величина);
- частота излучения;
- продолжительность облучения;
- модуляция сигнала;
- сочетание частот ЭМП;
- периодичность действия.

Биологический эффект ЭМП в условиях длительного многолетнего воздействия накапливается, в результате возможно развитие отдаленных последствий, включая дегенеративные процессы центральной нервной системы, рак крови (лейкозы), опухоли мозга, гормональные заболевания.

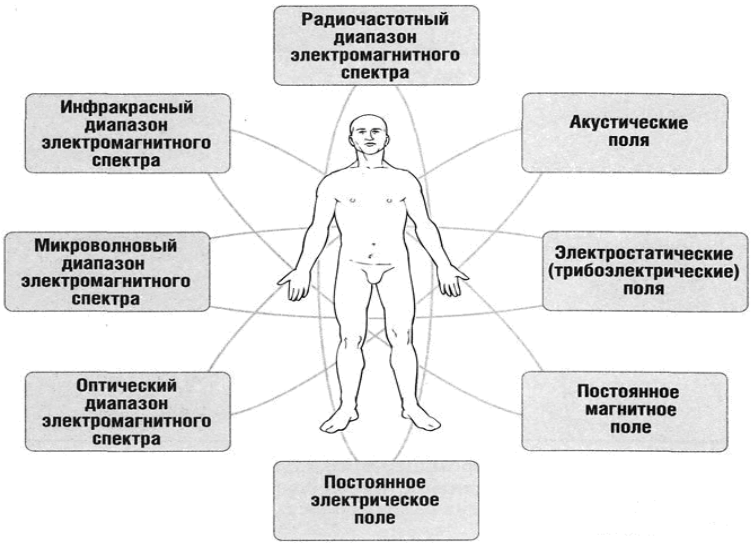


Рис. 1. Естественные источники электромагнитного поля

Результаты клинических исследований показали, что длительный контакт с ЭМП в СВЧ диапазоне (рис. 2) может привести к развитию заболеваний, клиническую картину которого определяют, прежде всего, изменения функционального состояния нервной и сердечнососудистой систем. *Было предложено выделить самостоятельное заболевание - радиоволновая болезнь.* Это заболевание, по мнению авторов, может иметь три синдрома по мере усиления тяжести заболевания:

- астенический синдром;
- астеновегетативный синдром;
- гипоталамический синдром.

Отмечаются также фазовые изменения состава периферической крови (лабильность показателей) с последующим развитием умеренной лейкопении, нейропении, эритроцитопении. Изменения костного мозга носят характер реактивного компенсаторного напряжения регенерации. Обычно эти изменения возникают у лиц по роду своей работы постоянно находившихся под действием ЭМ - излучения с достаточно большой интенсивностью. Работающие с МП и ЭМП, а также население, живущее в зоне действия ЭМП, жалуются на раздражительность, нетерпеливость. Через 1-3 года у некоторых появляется чувство внутренней напряженности, суетливость. Нарушаются внимание и память. Возникают жалобы на малую эффективность сна и на утомляемость.

Таблица 2

Электромагнитное излучение бытовых приборов

Бытовые приборы и общественный транспорт	Уровни излучения
Холодильник с системой no frost на расстоянии 1 м от дверцы	0,2 мкТл
Квартирная электропроводка	более 0,2 мкТл
Электрический чайник	0,6 мкТл
Стиральная машина	1 мкТл
Электроплита на расстоянии 30 см	1-3 мкТл
Микроволновая печь на расстоянии 30 см	8 мкТл
Пылесос	100 мкТл
Мобильный телефон	300 мкТл
Электробритва	400 мкТл
Вагон метро	200 мкТл
Станция метро	50-100 мкТл
Пригородная электричка	20 мкТл
Трамвай и троллейбус	30 мкТл

Рис. 2. Специальные радиотехнические системы

Электромагнитное загрязнение оказывает негативное воздействие на определенные виды биологических систем человека, а именно:

1. Нервная; 2. Иммунная; 3. Эндокринная; 4. Половая.

1. Влияние на нервную систему. Нервную систему одна из наиболее чувствительных систем в организме человека к воздействию ЭМП.

- Изменяется высшая нервная деятельность;
- Память у людей, имеющих контакт с ЭМП;
- Склонность к развитию стрессорных реакций.

Изменения проницаемости гематоэнцефалического барьера может привести к неожиданным неблагоприятным эффектам. Особую высокую чувствительность к ЭМП проявляет нервная система эмбриона.

2. Влияние на иммунную систему.

У человека:

–ЭМП нарушаются процессы иммуногенеза, чаще в сторону их угнетения.

3. Влияние на эндокринную систему и нейрогуморальную реакцию. При воздействии ЭМП ведущее место отводилось изменениям в гипофиз-надпочечниковой системе. Было признано, что одной из систем, рано и закономерно вовлекающей в ответную реакцию организма на воздействие различных факторов внешней среды, является система гипоталамус-гипофиз-кора надпочечников.

4. Влияние на половую функцию. Нарушения половой функции обычно связаны с изменением ее регуляции со стороны нервной и нейроэндокринной систем. Многократное облучение ЭМП вызывает понижение активности гипофиза. Наличие контакта женщин с электромагнитным излучением может привести к преждевременным родам, повлиять на развитие плода и, наконец, увеличить риск развития врожденных уродств.

Организационные мероприятия по защите от ЭМП. К организационным мероприятиям по защите от действия ЭМП относятся: выбор режимов работы излучающего оборудования, обеспечивающего уровень излучения, не превышающий предельно допустимый, ограничение места и времени нахождения в зоне действия ЭМП (защита расстоянием и временем), обозначение и ограждение зон с повышенным уровнем ЭМП.

Защита расстоянием основывается на падении интенсивности излучения, которое обратно пропорционально квадрату расстояния и применяется, если невозможно ослабить ЭМП другими мерами, в том числе и защитой временем. Защита расстоянием положена в основу зон нормирования излучений для определения необходимого разрыва между источниками ЭМП и жилыми домами, служебными помещениями и т.п. Для каждой установки, излучающей электромагнитную энергию, должны определяться санитарно-защитные зоны, в которых интенсивность ЭМП превышает ПДУ. Границы зон определяются расчетной для каждого конкретного случая размещения излучающей установки при работе их на максимальную мощность излучения и контролируются с помощью приборов. В соответствии с ГОСТ 12.1.026-80 зоны излучения ограждаются либо устанавливаются предупреждающие знаки с надписями: «Не входить, опасно!».

Необходимы мероприятия и их реализации, чтобы улучшить электромагнитную обстановку и повысить уровень жизни людей. Поэтому отмечаем, что основными задачами на данный момент являются: во-первых, побуждение органов власти, а также предприятий к реализации данных мероприятий; во-вторых, более широкое информирование населения о рекомендациях по электромагнитной безопасности. Также необходимо принятие комплекс мер не только организационного, но и правового, инженерно - технического, медико - профилактического характера.

Библиографический список

1. Сивухин Д. В. Общий курс физики. - Изд. 4-е, стереотипное. - М.: Физматлит; Изд-во МФТИ, 2004. - Т. III. Электричество. – 656 с. -

ISBN 5-9221-0227-3; ISBN 5-89155-086-5.

2. Савиных В.В. Единая информационная база в области электромагнитной безопасности /В.В.Савиных // Безопасность жизнедеятельности. - 2002. - №8. - С.23-27.

3. Сподабаев Ю.М. Основы электромагнитной экологии / Ю.М. Сподабаев, В.П. Кубанов. - М.: Радио и связь, 2000. – 240 с.

4. Сазонова, С.А. Анализ прикладных задач управления функционированием систем теплоснабжения / С.А. Сазонова, С.Н. Кораблин, А.В. Звягинцева // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. - 2020. - № 1 (19). - С. 12-18.

5. Сазонова, С.А. Моделирование напряженно-деформированного состояния фибробетона / С.А. Сазонова, С.Д. Николенко, А.В. Звягинцева // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. - 2020. - № 1 (19). - С. 35-40.

6. Звягинцева, А.В. Аналитический контроль воздействия вредных производственных факторов ГОК на окружающую среду и совершенствование природоохранных мероприятий / А.В. Звягинцева, С.А. Сазонова, В.В. Кульнева // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. - 2020. - № 1 (19). - С. 92-99.

7. Щербаков, В.И. Моделирование систем подачи и распределения воды / В.И. Щербаков, М.Я. Панов, И.С.Квасов, С.А. Сазонова // Водоснабжение и санитарная техника. - 2001. - № 10. - С. 18-20.

8. Николенко, С.Д. Математическое моделирование дисперсного армирования бетона / С.Д. Николенко, С.А. Сазонова, В.Ф. Асминин // Моделирование систем и процессов. - 2019. - Т. 12. - № 1. - С. 74-79.

9. Asminin, V. Development and application of a portable lightweight sound suppression panel to reduce noise at permanent and temporary workplaces in the manufacturing and repair workshops / V. Asminin, E. Druzhinina, S. Sazonova, D. Osmolovsky // Akustika. - 2019. - Т. 34. - С. 18-21.

10. Sazonova, S.A. Simulation of a transport standby for ensuring safe heat supply systems operation / S.A. Sazonova, S.D. Nikolenko, A.A. Osipov // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science And Engineering International science and technology conference "FarEastCon-2019". - 2020. - Sci. Анг. 753. - С. 052004.

11. Андреев, Е.С. Моделирование дефектов при ультразвуковом контроле сварных соединений / Е.С. Андреев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 1. - С. 4-9.

12. Кораблин, С.Н., Николенко С.Д., Сазонова С.А. Моделирование температурных напряжений в фундаментных плитах здания / С.Н. Кораблин, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 1. - С. 54-60.

13. Пантелеев, А.И., Николенко С.Д., Сазонова С.А. Процесс обследования несущих конструкций технологических эстакад / А.И. Пантелеев, С.Д. Николенко, С.А. Сазонова // Моделирование систем и процессов. - 2020. - Т. 13. - № 1. - С. 61-68.

14. Кульнева, В.В. Синергизм при загрязнении воздуха городской среды на фоне неблагоприятных метеорологических условий / В.В. Кульнева, А.В. Звягинцева // Современные тенденции развития гидрометеорологии в России: материалы II Всерос. науч.-практ. конференции. - Иркутск: Из-во ИГУ, 2019. - С. 587-591.

15. Звягинцева, А.В. Экологический мониторинг опасных гидрологических явлений / А.В. Звягинцева, В.В. Кульнев, В.В. Кульнева // International academy of ecology, man and nature protection sciences Ecology and development of Society. - 2018. - № 3(26). - С. 62- 66.

16.Звягинцева, А.В. Математическая модель водородной проницаемости металлов с примесными ловушками при наличии внутренних напряжений различной физической природы / А.В. Звягинцева // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. - 2019. - № 19-21 (303-305). - С. 29-44.

17. Звягинцева, А.В. Взаимосвязь структуры и свойств гальванических никелевых покрытий, легированных бором, в изделиях электронной техники / А.В. Звягинцева // Гальванотехника и обработка поверхности. - 2007. - Т. 15. - № 1. - С. 16-22.

18. Звягинцева, А.В. Влияние бора на наводороживание никелевых пленок / А.В. Звягинцева // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. - 2006. - № 5 (37). - С. 85-86.

19. Звягинцева, А.В. Современные накопители водорода на основе гибридных функциональных материалов / А.В. Звягинцева, / Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2017. - Т. 13. - № 5. - С. 133-138.

20. Чабала, Л.И. Экологическая безопас-

ность человека / Л.И. Чабала, А.В. Звягинцева, В.А. Чабала // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2010. - Т. 6. - № 2. - С. 100-102.

Информация об авторах

Ефремов В. В. - кандидат технических наук, полковник, преподаватель 51 кафедры 5 факультета, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (394064, Россия, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, д. 54 а), тел.: 8-951-55-66-778
Звягинцева А. В. - кандидат технических наук, доцент кафедры химии и химической технологии материалов, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84),
e-mail: zvygincevaav@mail.ru
Сазонова С. А. - кандидат технических наук, доцент кафедры техносферной и пожарной безопасности, Воронежский государственный технический университет (394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84), e-mail: Sazonovappb@vgasu.vrn.ru

Information about the authors

Efremov V.V. - Ph. D. in Engineering, colonel, teacher of 51 departments 5 faculties of the Military Educational Institution of Higher Professional Education Military Educational Research Centre of Air Force «Air Force Academy named after professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarina" (394064, Russia, Voronezh, 54a Stary Bolshevikov Street), tel.: 8-951-55-66-778
Zvyaginceva A.V. - Ph. D. in Engineering, Associate Professor of the Department of Chemistry and Chemical Technology of Materials, Voronezh State Technical University (84, 20 years of October Street, Voronezh, 394006, Russia), e-mail: zvygincevaav@mail.ru
Sazonova S.A. - Ph. D. in Engineering, Associate Professor of the Department of Technosphere and Fire Safety, Voronezh State Technical University (84, 20 years of October Street, Voronezh, 394006, Russia), e-mail: Sazonovappb@vgasu.vrn.ru

УДК 615.012;004.942

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛЕКАРСТВЕННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРИ ОСТРЫХ ОТРАВЛЕНИЯХ У ДЕТЕЙ

Е.С. Карпушкина, О.А. Жданова, Г.А. Батищева

Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко

Аннотация: Приводится анализ существующих методов разработки и применения физиологически обоснованного фармакокинетического моделирования, которые позволяют оптимизировать режимы дозирования лекарственных препаратов, что особенно важно в педиатрической практике

Ключевые слова: прогнозирование, фармакокинетические модели, дети, состояние пациента

COMPUTER SIMULATION OF DRUG INTERACTION AT ACUTE INTOXICATION IN CHILDREN

E.S. Karpushkina, O.A. Zhdanova, G.A. Batishcheva

Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko

Abstract: The article elaborates on analysis of existing methods of development and use of physiologically based pharmacokinetic modeling which allow to optimize dosage regimen of drugs, which is especially important in pediatric practice

Keywords: prognosis, pharmacokinetic models, children, patient's condition

Острые отравления являются серьезной проблемой здравоохранения и наиболее частой причиной заболеваемости и смертности детей [1]. Каждый год около 45000 детей и подростков с рождения и до 18 лет умирают от острых отравлений, что составляет 1,8 на 100 000 детского населения во всем мире [1, 2]. Уровень смертности варьирует в зависимости от развития стран. В развитых странах смертность от острых отравлений составляет около 0,5 на 100000 человек, что значительно ниже, чем в странах с низким уровнем дохода, в которых она приближается к 2,0 на 100000 человек [3]. Около 80% всех случаев отравлений происходят среди детей в возрасте от 1 года до 4 лет, и наиболее частой причиной отравления у детей младше 1 года являются лекарства, назначаемые родителями детям [4].

Качество оказания экстренной медицинской помощи детям на догоспитальном этапе имеет решающее значение для прогноза и исхода состояния пациента. Согласно клиническим рекомендациям по оказанию медицинской помощи при острых отравлениях у детей, госпитальное лечение основано

© Карпушкина Е.С., Жданова О.А., Батищева Г.А., 2020

на коррекции имеющихся нарушений витальных функций (искусственная вентиляция легких, противошоковая терапия) и использовании специфических антидотов, если они имеются [5]. К сожалению, при тяжелых и крайне-тяжелых состояниях, детоксикационные мероприятия могут оказаться неэффективными. Как правило, врач в подобных случаях часто не имеет четкого алгоритма действий, зависящего от влияния препарата на жизненно важные клинико-лабораторные показатели состояния больного. Введение каждого нового препарата в педиатрическую практику сталкивается с рядом сложностей.

В последнее время большой интерес проявляется к применению моделей PBPK (physiologically based pharmacokinetic) или физиологически обоснованного фармакокинетического моделирования в фармакологии и фармацевтической промышленности, особенно в педиатрической практике, где разработка и проведение клинических исследований являются сложной задачей. Модели PBPK соединяют физиологическую и биохимическую информацию, которая включает поглощение, распределение, метаболизм и экскрецию лекарственного средства, а затем связывают их в физиологически реалистичной модели [6]. Модели PBPK называют еще токсикокинетическими, тем самым подчеркивается их применение с соединениями, вызывающими токсические реакции в организме [7].

Модель PBPK - это математическая модель, состоящая из компартментов тканей и органов, которые связаны между собой циркулирующей системой артериальной и венозной крови. Эти компартменты включают, жировую ткань, кость, мозг, кишечник, сердце, почку, печень, легкое, мышцы, поджелудочную железу, кожу и селезенку. Специфический объемом и скоростью кровотока для каждой ткани определяется отдельно. (рис. 1).

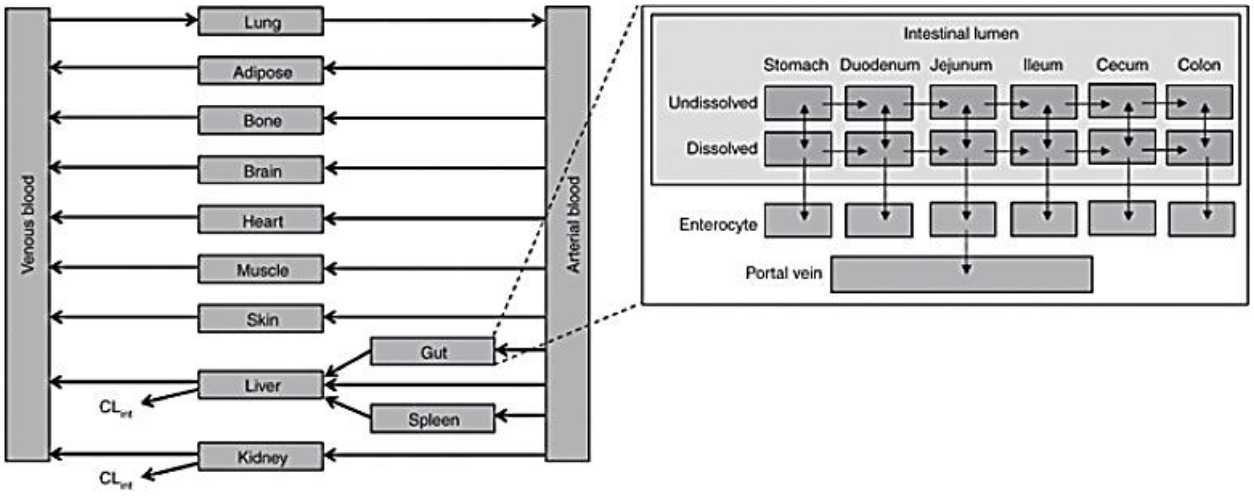


Рис. 1. Схема компонентов PBPK

Базовые модели PBPK предполагают распределение во всех тканевых компартментах. Программа учитывает особенности метаболизирующих ферментов, генотипа, скорости синтеза и распада, концентрации белка в плазме крови, гематокрит, скорость клубочковой фильтрации почки. Эти системные параметры зависят от конкретной демографической популяции, возраста, пола, генотипа и могут демонстрировать различную изменчивость в каждой популяции. Следовательно, такие системные параметры моделирования прогноза воздействия лекарственного вещества представляют наибольший интерес для пациентов с нарушением функции органов (например, печени и почек), педиатрических и гериатрических отделений [8].

В системной фармакологии параметры модели PBPK условно делят на три подгруппы: вид (например, возраст, вес, рост, генетический состав и т. д. людей или животных), лекарственное средство (например, физико-химические характеристики, определяющие проницаемость через мембраны, распределение по тканям, связывание с бел-

ками плазмы или сродство к определенным ферментам и транспортным белкам) и дизайн исследования (например, доза, путь и частота введения, влияние сопутствующих лекарств и пищи). Все это позволяет создавать базы данных для различных групп населения, т.е. модели облегчают разработку и проверку лекарств для больных и здоровых групп населения, для взрослых и детей. Такой принцип имеет решающее значение для моделирования виртуальных клинических исследований.

В рамках модели PBPK существует разработка методов экстраполяции in vitro и in vivo (IVIVE) (рис. 2). Это приложение позволяет исследовать внутренние (дисфункции органов, генетика и заболевания) и внешние (лекарственные взаимодействия, курение, диета) факторы взаимодействия лекарственного вещества, которые необходимо учитывать при приеме препарата. Это моделирование необходимо для оптимизации оптимальных режимов дозирования и представляет особую ценность для педиатрической практики, так как лекарственные препараты необходимо вводить очень маленьким детям, для которых проведение клинических исследований обычно неосуществимо или сопряжено с большими трудностями [6].

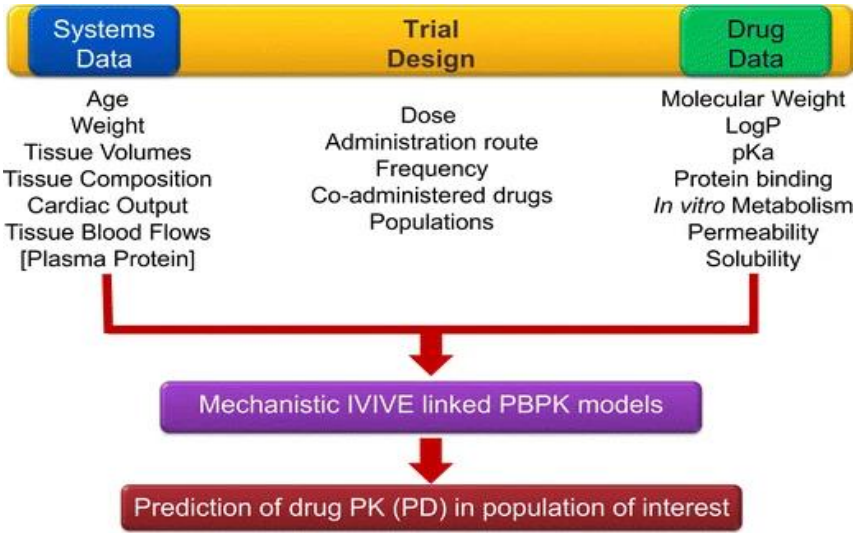


Рис. 2. Схема интегральной модели PBPK для прогнозирования воздействия лекарственного вещества

Приложение PK-Sim® модели PBPK - это комплексный программный инструмент для физиологически обоснованного фармакокинетического моделирования всего тела. Он обеспечивает быстрый доступ ко всем соответствующим анатомическим и физиологическим параметрам для людей и к наиболее распространенным доклиническим моделям животных (мыши, крысы, минисвиньи, собаки и обезьяны), которые содержатся в интегрированной базе данных (рис. 3). Кроме того, предоставляется доступ к различным методам расчета PBPK для быстрого и эффективного построения и параметризации модели. PK-Sim® автоматически учитывает соответствующие общие пассивные процессы, такие как распределение через кровоток, а также конкретные активные процессы, такие как метаболизм определенным ферментом. В отличие от большинства инструментов моделирования PBPK, PK-Sim® предлагает различные модельные структуры на выбор, например, для учета важных различий между малыми и большими молекулами.

Главная особенность программного продукта PK-Sim® в том, что он использует строительные блоки, которые сгруппированы по отдельным лицам, группам населения, соединениям, составам, протоколам администрирования, событиям и наблюдаемым данным. Строительные блоки объединяются для создания модели. Преимущество их блоков в том, что они могут быть использованы по-

вторно в различной комбинации. Например, модель отравления лекарственным средством посредством внутривенного введения однократной дозы различным видам животным может быть легко заменена на параметры ребенка и, в итоге, получится имитационная модель отравлений лекарственным веществом у детей [9].

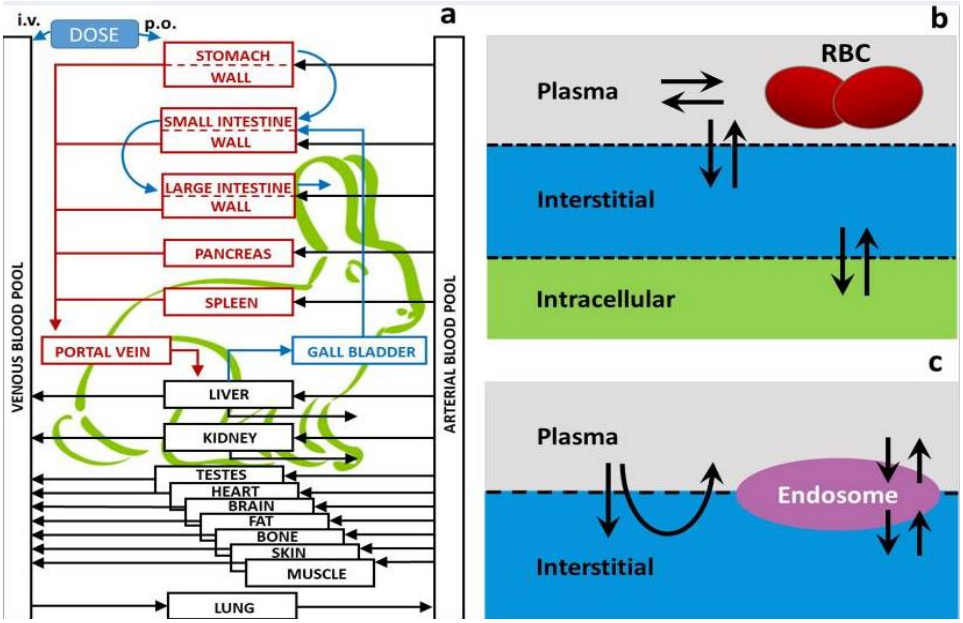


Рис. 3. Общая структура модели при помощи программного комплекса PK-Sim®

Непрерывное развитие моделей PBPK гарантирует, что регулирующие органы с каждым годом будут все больше обращаться за помощью к моделям для оценки рисков (рис. 4). Зеленая рамка представляет компоненты платформы PBPK, которые проходят аттестацию, синяя рамка - проходят проверку. Итерация модели считается этапом проверки, когда появляются новые данные (например, клинические наблюдения) и новые знания применяются к модели лекарственного средства. Итерация модели - это важный шаг к проверке параметров и допущений [10].

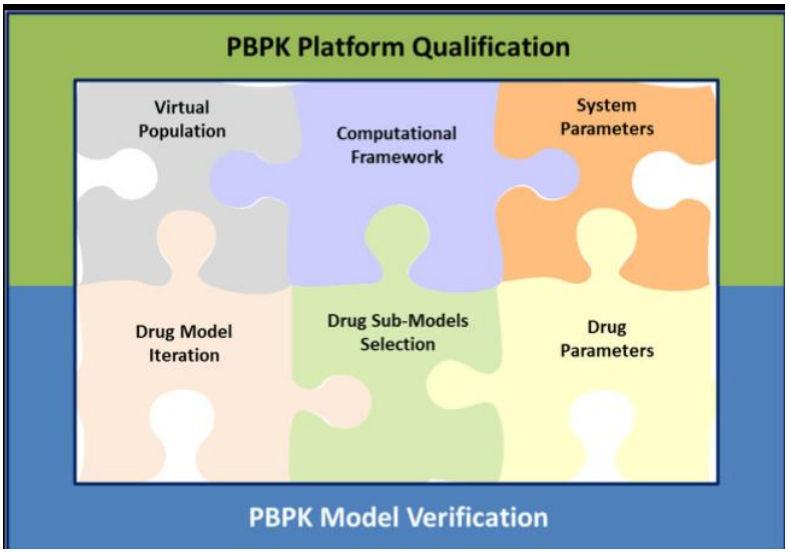


Рис. 4. Общие компоненты пакета анализа PBPK для представления в регулирующие органы здравоохранения

Основанное на физиологии токсикокинетическое (PBTK) компьютерное моделирование может служить для интеграции разрозненных данных in vitro и in silico. Таким образом, могут быть созданы индивидуальные прогностические модели системной фармакологии для решения задач современных исследований и разработок лекарственных средств и их взаимодействия.

Библиографический список

1. Antonogeorgos G. Logistic regression and linear discriminant analyses in evaluating factors associated with asthma prevalence among 10-to 12-years-old children: divergence and similarity of the two statistical methods. / Antonogeorgos G, Panagiotakos DB, Priftis KN, Tzonou A. – Int J Pediatr. – 2009;2009:952042

2. Oguche. Pattern of hospital admissions of children with poisoning in the Sudano-Sahelian North eastern Nigeria. / Oguche S, Bukbuk DN, Watila IM. –Niger J Clin Pract. – 2007;10:111–115.

3. Feiz Disfani H, Kamandi M, Mousavi SM, et al. Risk factors contributing to the incidence and mortality of acute childhood poisoning in emergency department patients in Iran: a hospital-based case-control study. / Feiz Disfani H, Kamandi M, Mousavi SM, et al. –Epidemiol Health. – 2019; 41: e2019016.

4. Петухова Ю.С. Характеристика экзогенных отравлений у детей на территории Воронежской области / Петухова Ю.С., Жданова О.А. Батищева Г.А., Карпушкина Е.С. // Молодежный инновационный вестник. - 2019. - №8. - С. 500-502.

5. Российское общество скорой медицинской помощи Союз педиатров России Клинические рекомендации (протокол) по оказанию скорой медицинской помощи при острых отравлениях у детей. / Баранов А.А., Намазова - Баранова. Л.С. - 2015. – С.20.

6. Jamei, M. Recent Advances in Development and Application of Physiologically-Based Pharmacokinetic (PBPK) Models: a Transition from Academic Curiosity to Regulatory Acceptance. -- Curr Pharmacol Rep 2, 161–169 (2016).

7. Andersen ME. Toxicokinetic modeling and its applications in chemical risk assessment. - Toxicol Lett. – 2003;138(1-2):9-27.

8. Jones H. Basic concepts in physiologically based pharmacokinetic modeling in drug discovery and development. / Jones H, Rowland-Yeo K – CPT Pharmacometrics Syst Pharmacol. – 2013;2(8):e63. Published 2013 Aug 14.

9. Mavroudis PD. Development and validation of a physiology-based model for the prediction of pharmacokinetics/toxicokinetics in rabbits. / Mavroudis PD, Hermes HE, Teutonico D, Preuss TG, Schneckener S. – PLoS One. – 2018;13(3):e0194294. Published 2018 Mar 21.

10.Chiu WA. Evaluation of physiologically based pharmacokinetic models for use in risk assessment. / Chiu WA, Barton HA, DeWoskin RS, et al - J Appl Toxicol. 2007;27(3):218-237.

11.Bessems JG. PBTK modelling platforms and parameter estimation tools to enable animal-free risk assessment: recommendations from a joint EPAA--EURL ECVAM ADME workshop. / Bessems JG, Loizou G, Krishnan K, et al. – Regul Toxicol Pharmacol. 2014;68(1):119-139.

Информация об авторах

Карпушкина Е. С. - аспирант кафедры клинической фармакологии, Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко (394036 г. Воронеж, ул. Студенческая, д. 10), e-mail: favi85@mail.ru

Жданова О. А. - доктор медицинских наук, доцент кафедры клинической фармакологии, Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко (394036 г. Воронеж, ул. Студенческая, д. 10), e-mail: olga.vr9@yandex.ru

Батищева Г. А. - доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой клинической фармакологии, Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко (394036 г. Воронеж, ул. Студенческая, д. 10), e-mail: bat13@mail.ru

Information about the authors

Karpushkina E.S. - post-graduate student of the Department of clinical pharmacology, Voronezh state medical University named after N.N. Burdenko (394036 Voronezh, 10 Studentskaya str.), e-mail: favi85@mail.ru

Zhdanova O.A. - doctor of medical Sciences, associate Professor of the Department of clinical pharmacology, Voronezh state medical University named after N.N. Burdenko (394036 Voronezh, 10 Studentskaya str.), e-mail: olga.vr9@yandex.ru

Batishcheva G.A. - doctor of medical Sciences, Professor, head of the Department of clinical pharmacology, Voronezh state medical University named after N.N. Burdenko (394036 Voronezh, Studentskaya str., 10), e-mail: bat13@mail.ru