

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова»

ООО «Центр информационной безопасности»

Кафедра информатики, вычислительной техники и
информационной безопасности

ИЗМЕРЕНИЕ, КОНТРОЛЬ, ИНФОРМАТИЗАЦИЯ

*Материалы
XXI Международной научно-технической конференции
30 сентября 2020 г., г. Барнаул*

ISBN 978-5-7568-1353-1



Изд-во АлтГТУ
Барнаул • 2020

УДК 681.2: 62-50:65,05

И 37

Измерение, контроль, информатизация [Электронный ресурс] : материалы XXI Международной научно-технической конференции (30 сентября 2020 г., г. Барнаул) / Под ред. Л. И. Сучковой. – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 6,36 МБ). – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2020. – Режим доступа: https://journal.altstu.ru/konf_2020/2020_1/53/

ISBN 978-5-7568-1353-1

Ответственный редактор – Сучкова Л.И., д.т.н., профессор

В сборнике публикуются материалы XXI Международной научно-технической конференции «ИКИ-2020» (доклады и/или их тезисы), проходившей в г. Барнауле в Алтайском государственном техническом университете 30 сентября 2020 г. В материалах рассмотрены как вопросы расчета и проектирования информационных, контрольно-измерительных и управляющих систем и их компонент, так и практического применения подобных систем в производстве, медицине, экологии, экономике, образовании, научных исследованиях и других областях науки, техники и народного хозяйства. Материалы представляют интерес для широкого круга ученых и специалистов, работающих в данном направлении.

ISBN 978-5-7568-1353-1

© Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2020

© Лаборатория информационно-измерительных систем АлтГТУ, 2020

© Кафедра информатики, вычислительной техники и информационной безопасности АлтГТУ, 2020

1 ОБЩИЕ ВОПРОСЫ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИЗМЕРЕНИЯ, КОНТРОЛЯ И АВТОМАТИЗАЦИИ

УДК 519.872.8

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТОРГОВОЙ ТОЧКИ РОЗНИЧНОЙ СЕТИ

А. Г. БЛЕМ, Е. А. БРЮТОВА

Для любой розничной сети одним из самых актуальных вопросов является организация работы сотрудников торговых точек: определение численности персонала, его занятости на непосредственном обслуживании покупателей (работе на кассах) и на внутренних работах. Кроме того, в условиях пандемии Covid-19 на первое место выдвигаются вопросы обеспечения соблюдения безопасного расстояния между клиентами, сокращения времени, проводимого покупателями в очередях, ограничения по количеству одновременно находящихся в помещении клиентов.

Целью работы является разработка имитационной модели, позволяющей проводить моделирование работы торговой точки в различных условиях (изменяя количество касс, поведение клиентов, перемещая стеллажи, паллеты, другие объекты торгового оборудования и группы товаров по торговому залу) и анализировать эффективность управленческих решений, принимаемых руководством торговой сети или отдельно взятого магазина.

В качестве объекта моделирования рассматривается магазин крупной торговой сети, специализирующийся, прежде всего, на продаже продуктов питания. Все товары разбиты на группы (всего более 30 групп: бакалея, безалкогольные напитки, молочные продукты и т.д.). Объектами торгового зала являются элементы торгового оборудования (стеллажи, холодильники, витрины, паллеты), кассы, вход/выход из торгового зала. План торгового зала представлен на рисунке 3.

Исходные данные, используемые при построении модели, в зависимости от источников получения, разбиты на три группы (1 - данные, получаемые из базы «чеков» покупателей, 2 - данные, формируемые на основе наблюдения и фиксации, 3 - данные, формируемые на основании плана торгового зала и размещения групп товаров на объектах торгового зала). Перечень исходных данных представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные имитационной модели

Переменная	Описание	Источник получения
h_t	среднее число поступающих клиентов в t-час рабочих суток	База «чеков» покупателей
$P_{j,t}$	вероятность того, что в t-час рабочего дня в чеке присутствует группа товаров j	База «чеков» покупателей
$Q_{j,t}$	среднее количество позиций в чеке по группе товаров j в t-час рабочих суток (если данная группа товаров присутствует в чеке)	База «чеков» покупателей
Q_t	среднее количество строк в чеке t-час рабочих суток	База «чеков» покупателей
$L_{p,q}$	расстояние между «p» и «q» объектами торгового зала	План торгового зала*
μ_j	среднее время оформления товара группы j на кассе	База «чеков» покупателей
τ_j	среднее время выбора покупателем товара группы j	Наблюдение и фиксация
v_i	средняя скорость движения клиентов по торговому залу (м/сек)	Наблюдение и фиксация

*Примечание. Матрица расстояний между объектами торгового зала формируется на основании плана торгового зала при помощи алгоритма волновой трассировки (алгоритм Ли [1]). Кратчайшие маршруты между объектами сохраняются в базе с целью моделирования движения покупателей по торговому залу.

В таблице 2 представлены переменные, используемые при описании алгоритма имитационной модели.

Таблица 2 – Переменные и параметры алгоритма имитационной модели

Переменная	Описание
<i>Переменные имитационной модели</i>	
i	номер клиента магазина
T	период моделирования (измеряется в секундах с момента открытия до закрытия магазина), для магазина с режимом работы с 7:00 до 23:00 $T = 57600$ секунд
t_i	время поступления в торговый зал i -ого клиента, $t_i \in [0, 57600]$
C	общее количество клиентов за рабочий день
K_i	количество строк в чеке i -го клиента
$K_{i,j}$	количество строк j -ой группы товаров в чеке i -го клиента
G	количество групп товаров
q_i	текущее количество строк в чеке i -го клиента (<i>вспомогательная переменная, значение $q_i \leq K_i$</i>)
$type_i$	тип i -го клиента, при значении = 0 клиент движется по магазину в порядке списка покупок, при значении = 1 – по маршруту с наименьшим расстоянием
L_i	общее расстояние, которое i -ый клиент проходит по торговому залу от (входа до кассы)
$T_{пут,i}$	суммарное время (сек) движения i -ого клиента по торговому залу (время в «пути»)
$T_{пок,i}$	время (сек), затрачиваемое i -ым клиентом на отбор и складирование покупок
$T_{i,зал}$	время (сек), которое i -ый клиент затратит в торговом зале (до момента подхода к кассам)
$T_{кас,i}$	время (сек), которое уходит у кассира на обслуживание i -ого клиента
O_m	длина очереди у m -кассы в текущий момент времени моделирования
$t_{i,к}$	время подхода i -ого клиента к кассам
$t_{i,ух}$	время окончательного ухода i -ого клиента из магазина
$T_{гот,p}$	Текущее время готовности p -кассы к работе с клиентами
<i>Управляемые переменные</i>	
$P_{орт}$	вероятность поступления клиента,двигающегося по короткому маршруту внутри магазина
U	предельно допустимая очередь (чел) перед кассой
N_k	максимально возможное количество работающих касс
V	количество работающих касс в текущий момент времени
Day	день недели, число $\in [1, 7]$

Алгоритм имитационной модели:

1. Генерирование времени поступления новых клиентов. Считаем, что события «поступления клиентов в магазин» в каждый час рабочего времени возникают с фиксированной средней интенсивностью и независимо друг от друга. Такой поток подчинен распределению Пуассона. Соответственно интервалы времени между поступлениями клиентов моделируются по показательному закону распределения за период времени T на основании данных об интенсивности потока покупателей в разрезе часов работы магазина h_t (таблица 1).

1.1 Номер клиента i полагаем равным 1, $t_0 = 0$ (t_0 – вспомогательная переменная);
1.2 Генерируем время поступления очередного клиента: $t_i = t_{i-1} + (-\ln(r))/(h_i/3600)$, где $t = \text{int}(t_{i-1}/3600)+1$ (правило выбора t для h_i); r – случайное число, равномерно распределенное на полуинтервале $(0, 1]$;

1.3 Если $t_i > T$, то конец моделирования поступления клиентов, если нет – увеличение i на 1: $i=i+1$ и переход к п. 1.2.

Примечание. После выполнения п.1 имеем полный перечень поступающих клиентов на всей временной оси работы магазина в течение рабочего дня, C -общее количество клиентов, поступивших за рабочий день.

2. Генерирование чеков клиентов. Для каждого клиента i , определенного в п.1, подбираются строки чека и количество позиций для каждой группы, используются данные из таблицы 1.

2.1 Номер клиента полагаем равным 1;

2.2 Определяем час t , который будет использоваться в расчетах для определения $P_{j,t}$ и $Q_{j,t}$ по формуле:

$$t = \text{int}(t_i/3600)+1;$$

2.3 Определяем количество строк в чеке i -ого клиента: $K_i = \max((\text{int}(-\ln(r))*Q_i), 0)$, $r \in (0,1]$;

2.4 Номер группы товаров j полагаем равным 1, счетчик строк чека q_i полагаем равным 0;

2.5 Определяем, будет ли данная группа товаров j присутствовать в чеке:

Генерируем случайное число r , равномерно распределенное на полуинтервале $(0,1]$. Если $r \leq P_{j,t}$ – группа товаров j присутствует в чеке, переход к п. 2.6, если нет – полагаем $K_{i,j}=0$, переход к п. 2.7

2.6 Рассчитываем количество позиций в чеке i -ого клиента по j -ой группе товаров: $K_{i,j} = (-\ln(r1))* Q_{j,t}$, где $r1$ – случайное число, равномерно распределенное на полуинтервале $(0,1]$; счетчик строк чека увеличивается на $K_{i,j}$: $q_i = q_i + K_{i,j}$. Если $q_i > K_i$, корректируем значение $K_{i,j}$: $K_{i,j} = K_i - (q_i - K_i)$, переход к п.2.8

2.7 Номер группы товаров увеличивается на 1: $j=j+1$. Если $j \leq G$ – переход к п. 2.5, иначе (все группы товаров рассмотрены) – к п. 2.8.

2.8 Переход к следующему клиенту: $i=i+1$. Если рассмотрены все клиенты, сгенерированные в п.1 ($i > C$) – переход к п.3, иначе к п.2.2.

3. Моделирование движения клиента по торговому залу

3.1 Выбор очередного клиента i из списка клиентов, сформированных в п. 1. Если все клиенты, сформированные в п.1, рассмотрены – переход к п.4

3.2 Определяем тип клиента: если $r \leq P_{\text{opt}}$, $\text{type}_i = 1$, иначе $\text{type}_i = 0$, где r – случайное число, равномерно распределенное на полуинтервале $(0, 1]$.

3.3 Моделируем маршрут i -го клиента по торговому залу. Для $\text{type}_i = 1$ на основании матрицы расстояний $L_{p,q}$ (таблица 4) методом Литтла определяем новый порядок строк чека, обеспечивающий наименьшее расстояние L_i . Строим маршрут клиента в порядке строк чека (Вход – $j_1 - j_2 \dots - j_S$ – Кассы) _{i} .

3.4 Рассчитываем время, которое i -ый клиент затратит в торговом зале

3.4.1 Рассчитываем время «в пути»: $T_{\text{пут},i} = v_i * L_i$;

3.4.2 Рассчитываем время на выбор покупок: $T_{\text{пок},i} = \sum_{j=1}^{K_j} \sum_{k=1}^{K_{ij}} (-\ln(r_k)) * (\tau_j)$, $r_k \in (0, 1]$;

3.4.3 Рассчитываем общее время, которое клиент проведет в торговом зале до момента подхода к кассам: $T_{i,\text{зал}} = T_{\text{пут},i} + T_{\text{пок},i}$;

3.5 Определяем время подхода i -ого клиента к кассам: $t_{i,k} = t_i + T_{i,\text{зал}}$; переход к п.3.1.

4. Моделирование обслуживания покупателей на кассах

4.1 Множество клиентов упорядочиваем по времени подхода к кассам (в порядке возрастания $t_{i,k}$). На начало рабочего дня полагаем количество работающих касс $V = 1$, будем считать, что это касса с номером 1. Время готовности к обслуживанию $T_{\text{гот},1}$ и длину очереди O_1 у первой кассы полагаем равными 0.

4.2. Выбирается очередной i -ый элемент упорядоченного по времени множества $(t_{1,k}, t_{2,k}, \dots, t_{i,k}, \dots, t_{n,k})$. Если все элементы множества $(t_{1,k}, t_{2,k}, \dots, t_{i,k}, \dots, t_{n,k})$ рассмотрены – переход к блоку 5.

4.2.1 Если $t_{i,k} \leq \min(T_{\text{гот},1}, T_{\text{гот},2}, \dots, T_{\text{гот},v})$, моделируется «встраивание» в очередь данного клиента: выбирается касса с минимальной очередью, пусть эта касса p . В эту кассу встает в очередь рассматриваемый клиент, значение O_p (длина очереди у этой кассы) увеличивается на единицу: $O_p = O_p + 1$.

Если в момент времени $t_{i,k}$ у каждой из работающих касс количество клиентов в очереди больше U ($O_m > U$) и $V < N$, открывается новая касса, $V = V + 1$, время готовности новой кассы полагается равным $t_{i,k}$.

4.2.2 Если $t_{i,k} > \min(T_{\text{гот},1}, T_{\text{гот},2}, \dots, T_{\text{гот},v})$, моделируется процесс обслуживания очередных клиентов из очереди для всех касс, у которых $T_{\text{гот},p} < t_{i,k}$:

- рассчитывается время на обслуживание очередного клиента из очереди к рассматриваемой кассе:

$$T_{\text{кас},i} = \sum_{j=1}^{Kj} \sum_{k=1}^{Kij} (-\ln(r_k)) * (\mu_j), r_k \in (0, 1];$$

- рассчитывается новое время готовности рассматриваемой кассы: $T_{\text{гот},p} = T_{\text{гот},p} + T_{\text{кас},i}$;

- длина очереди перед данной кассой уменьшается на единицу:

$$O_p = O_p - 1;$$

- рассчитывается время окончательного ухода клиента из магазина: $t_{i,\text{ух}} = T_{\text{гот},p} + L_{\text{касс},\text{выход}} * V_i$

Если очередь на кассе = 0 и $V > 1$, касса закрывается, $V = V - 1$.

5. Расчет выходных переменных имитационной модели

В результате выполнения блоков 1-4 имитационного алгоритма по каждому клиенту известно: время его поступления в магазин t_i и время убытия $t_{i,\text{ух}}$, время подхода к кассам $t_{i,k}$, и время ухода от касс $t_{i,\text{ух.кас}}$.

Это позволяет рассчитать следующие выходные характеристики, особенно актуальные в условиях пандемии Covid-19:

- общее количество покупателей в торговом на любой момент времени;

- распределение клиентов по торговому залу;

- количество кв. метров свободной площади торгового зала на одного покупателя;

- количество покупателей в очереди перед кассами на любой момент времени и др.

Все перечисленные выходные показатели могут рассчитываться как в среднем по магазину, так и в разрезе дней недели, часов и минут работы магазина.

Изменение управляемых переменных позволяет найти решение, обеспечивающее обслуживание покупателей с небольшим временем ожидания в очереди и не выделяя лишних ресурсов для работы на кассах.

Проиллюстрируем работу имитационной модели.

На рисунке 3 представлена запущенная имитационная модель. В левой части рисунка изображен план торгового зала, в правой – процесс обслуживания покупателей на кассах. Красным цветом выделены покупатели,двигающиеся по короткому (оптимальному) маршруту, голубым – по списку покупок в чеке.

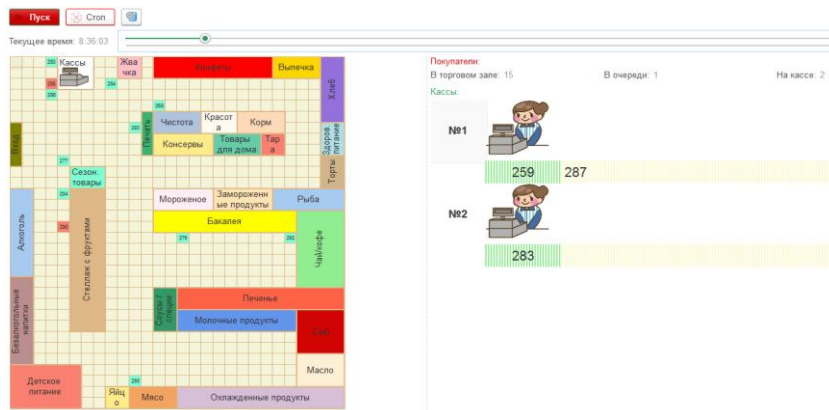


Рисунок 3 – Запущенная имитационная модель

Проведем эксперименты:

1 Параметры: $U = 6$, $N_k = 3$, $P_{op} = 0,10$, $Day = 1$.

На рисунке 4 представлены результаты моделирования.

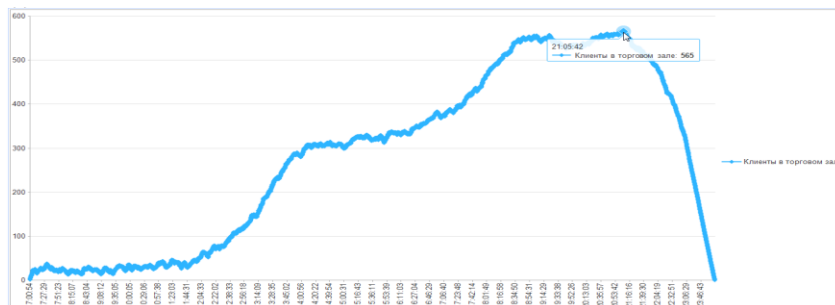


Рисунок 4 – Количество клиентов в торговом зале (эксперимент 1)

Начиная с 12 часов, количество клиентов в торговом зале начинает резко возрастать, а количество метров торгового зала на покупателя сокращается. Три кассы не справляются с потоком покупателей.

2 Увеличим значение управляемой переменной N_k . Параметры: $U = 6$, $N_k = 5$, $P_{op} = 0,10$, $Day = 1$.

Результаты моделирования представлены на рисунке 5.

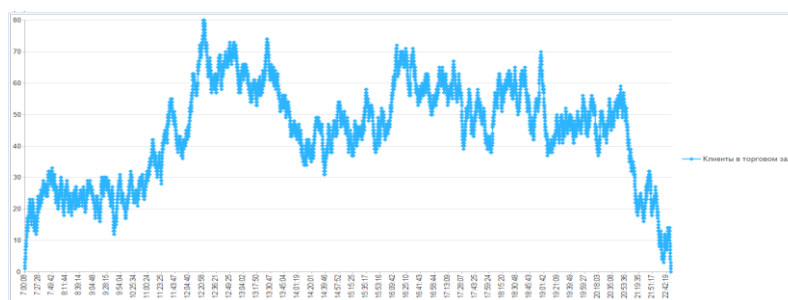


Рисунок 5 – Количество клиентов в торговом зале (эксперимент 2)

Максимальное количество покупателей в торговом зале сокращается в 7 раз (с 565 до 80), а площадь на клиента в торговом зале увеличивается. Также разработано мобильное приложение, позволяющее клиенту по списку покупок построить оптимальный маршрут передвижения по магазину, определить, на каком объекте расположен товар. Данная функция удобна для применения в незнакомом магазине. Использование разработанной имитационной модели позволит принимать эффективные управленческие решения по организации работы касс, размещению объектов торгового оборудования и групп товаров с учетом анализа поведения покупателей в конкретном магазине розничной сети.

Литература. 1. Чертыковцев, В.К., Григорьянц, И.А., Бобкова, Е.Ю. Разработка имитационных моделей развития системы розничной торговли городского округа самара // Экономика и экологический менеджмент. 2014. 2. Lee, С.У., “An Algorithm for Path Connections and Its Applications”, IRE Transactions on Electronic Computers, vol. EC-10, number 2, pp.364-365, 1961. 3. Бусленко, Н.П. Моделирование сложных систем / Н.П. Бусленко. – М: Наука, 1978. – 399с.

Реквизиты для справок: Россия, 656038, Барнаул, ул. Ленина, 46, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, к.э.н., доценту кафедры ИСЭ, Блему А.Г. тел. 8-960-958-849, E-mail: alblem@mail.ru

УДК 004.9

ОПИСАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ АПТЕКИ

А.В. ВДОВЕНКО, Д.Ю. БЫКОВ, Н.Н. БАРЫШЕВА

На сегодняшний день автоматизации деятельности аптеки является актуальным вопросом. Специфика деятельности требует эффективной работы с информацией в рамках правового поля. Аптечные предприятия сталкиваются с необходимостью располагать, поддерживать и ежедневно актуализировать огромный массив данных. Поэтому важно наладить быстрый и качественный сбор, обработку и анализ информации путем внедрения автоматизированных систем. Важным этапом разработки является описание бизнес-процессов в аптеке.

Перед тем как разрабатывать программное обеспечение для автоматизации деятельности аптеки, необходимо описать бизнес-процессы, чтобы определить «узкие места». Для описания бизнес-процессов аптеки использовалась нотация IDEF, основанная на методологии SADT [1, 2].

На рисунке 1 изображена контекстная диаграмма работы с поставщиками и клиентами.



Рисунок 1 – Контекстная диаграмма

Для работы с поставщиками и клиентами нам понадобится входная информация, описываемая такими понятиями, как счёт-фактура, товар, деньги от покупателя, заказ от клиента и рецепт. На выходе же появляется чек, реализованный товар, данные о продажах, заявка поставщику и оплата. Работа аптеки реализуется сотрудниками, а также специальным оборудованием.

Деятельность аптеки регламентируется законодательством и должностной инструкцией.

Более подробное описание можно увидеть на декомпозиции A0. Здесь изображены блоки, в которых указаны процессы. Сначала нужно заказать товары у поставщика и предоставить ему оплату. Далее товар поставляется на склад, после чего отправляется на витрины аптеки, где и происходит продажа клиенту. Эти блоки можно увидеть на рисунке 2.

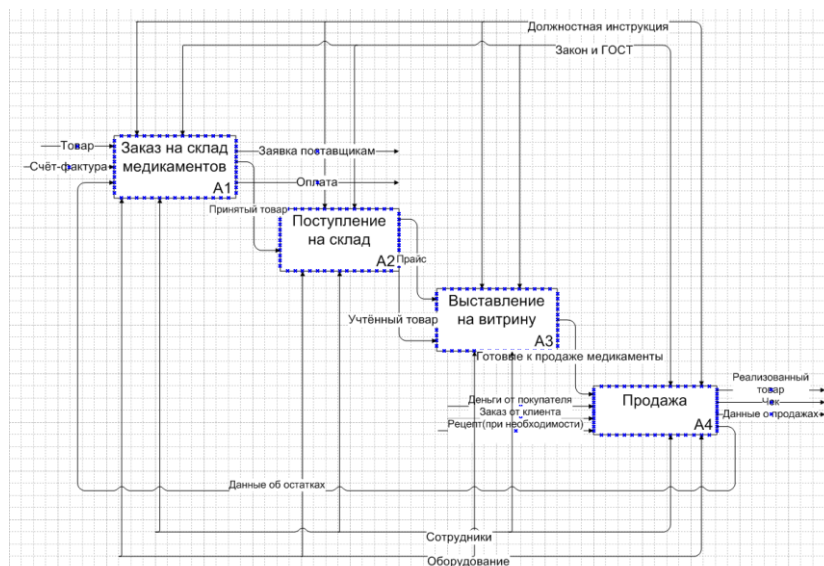


Рисунок 2 – Описание функциональной модели бизнес-процесса

Анализ бизнес-процессов предприятия показал, что не хватает обеспечения необходимой информацией о лекарственных средствах и их характеристиках [3]. Деятельность аптеки достаточно специфична, важно эффективно управлять следующими данными - списки лекарственных средств, цены которых регулируются государством, данные о регистрации препаратов, информация о бракованных сериях и другие данные. Поэтому необходима разработка автоматизированной информационной системы для сбора, обработки, контроля данных.

Литература.1. Новикова Т.Б., Курзаева Л.В., Петеляк В.Е., Масленникова О.Е., Белосова И.Д. Описание управления бизнес-процессами предприятия на основе методологии IDEF0: трудности разработки, рекомендации по совершенствованию построения диаграмм // *Фундаментальные исследования.* – 2015. – № 8-2. – С. 318-322. **2.** Гаврилова И.В. Свободное программное обеспечение для управления бизнес-процессами // *Теория и практика применения свободного программного обеспечения: сб. тр. участников Всеросс. молодёж. конф. с элементами науч. школы.* – Магнитогорск: МаГУ, 2011. – С. 144-147. **3.** Филина И. А., Кошелев П. С. Оптимизация бизнес-процессов при использовании автоматизированных систем управления в аптеках // *Наука и современность.* 2011. №9-2.

Реквизиты для справок: Россия, 656038, Барнаул, ул. Ленина, 46, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, ст. преподавателю кафедры ИСЭ, Барышевой Н.Н.. тел. 8-923-647-3443, E-mail: mnn-t@mail.ru

УДК 004.9

АВТОМАТИЗАЦИЯ ГОСТИНИЧНОГО БИЗНЕСА

К.В. ПИВНЕВ, В.В. КУЗНЕЦОВА, Д.Д. БАРЫШЕВ

Управление гостиничным бизнесом с использованием инновационных технологий и программного обеспечения приводит к новому уровню оказания услуг [1].

Внедрение информационной системы в предприятие позволяет не только сократить время на обслуживания клиента, но и исключить ошибки в работе.

Целью данной работы является разработка информационной системы для гостиницы, автоматизирующей следующие бизнес-процессы:

- регистрация и выписка клиента в гостинице;
- бронирование номера;
- заказ дополнительных услуг;
- подготовка различных отчетов.

В качестве среды разработки данной системы был выбран 1С: Предприятие.

Экономический эффект от внедрения разработанной системы может быть достигнут за счет следующих факторов:

1. Поскольку разработанная АИС проста в усвоении, на должность администратора можно принимать людей без квалификации.

2. Автоматизация перечисленных процессов приведет к ежемесячному снижению затрат за счет сокращения объемов времени на некоторые виды работ в гостинице, как это обычно бывает от внедрения информационных технологий [2, 3].

3. Внедрение системы даст возможность гостинице предложить дополнительные услуги, использовать систему бонусов, гарантировать стабильное качество обслуживания клиентов.

Для данной конфигурации было создано несколько подсистем и их схема показана на рисунке 1.

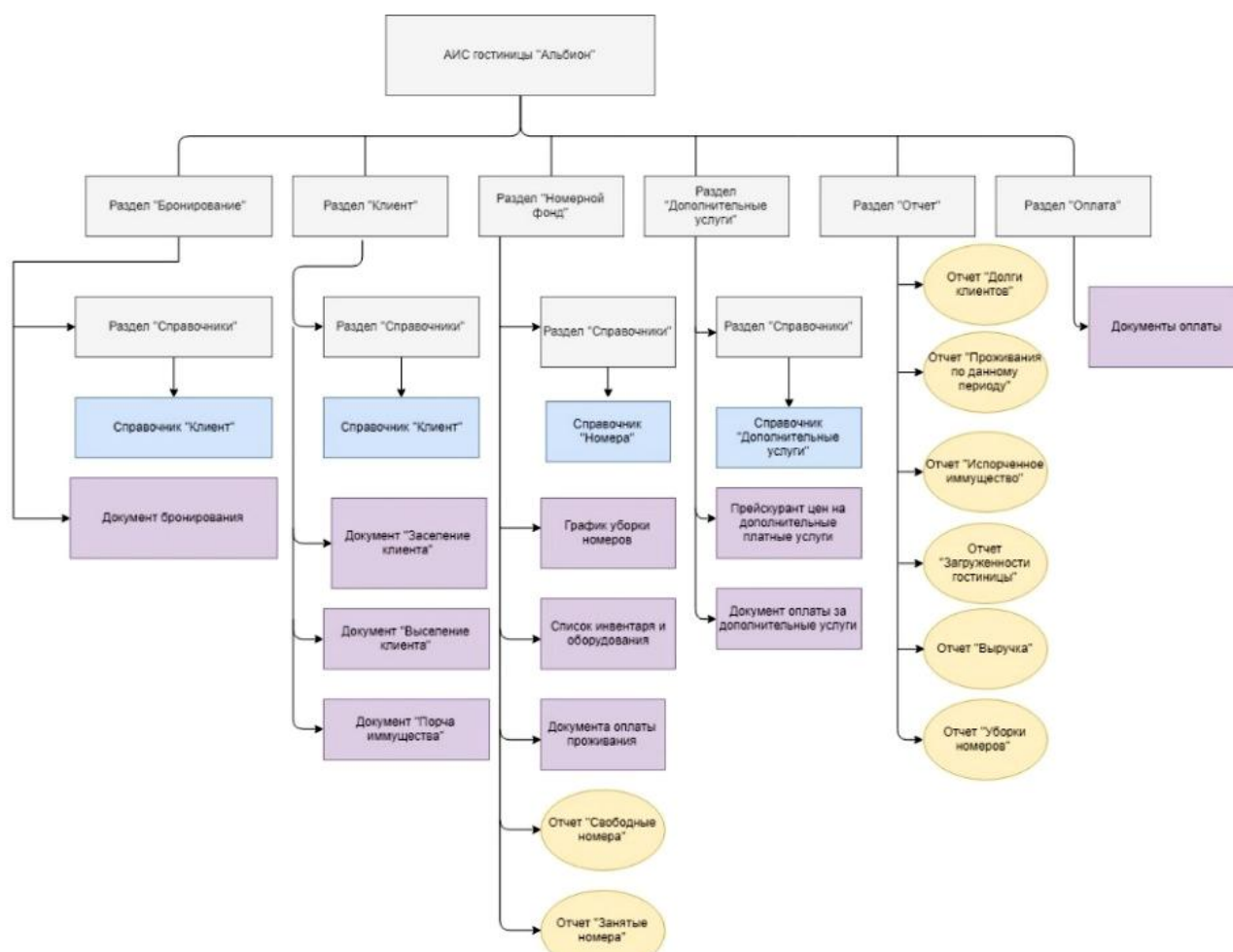


Рисунок 1 – Схема взаимодействия объектов АИС

Цель АИС является повышение эффективности и улучшение качества работы администратора путем автоматизации его рабочего места [4].

Под автоматизацию попадают такие операции, как ввод сведений о тарифах на проживания, ввод сведений о дополнительных услугах, учет сведений о клиентах, оформление заявок на бронирование номера и проживания, заказ дополнительных платных услуг, формирование отчетов.

Данные о клиентах, о номерном фонде, о дополнительных услугах хранятся в справочниках конфигурации.

В справочнике «Дополнительные услуги» хранятся все данные (наименование, описание, цена) об услугах, которые может оказать гостиница. Услуги доступны клиенту при заселении его в номер. Справочник может заполняться новыми услугами при появлении на них спроса,

информация о всех услугах будет храниться в базе данных. Все заказы услуг клиента будут фиксироваться в документе об оплате.

На рисунке 2 представлена экранная форма документа бронирования дополнительных услуг.

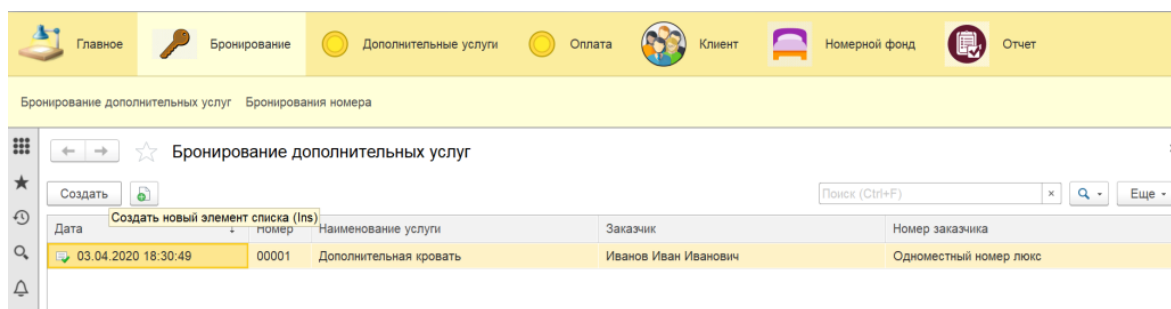


Рисунок 2 – Бронированию дополнительных услуг

Таким образом, разработанная на платформе 1С: Предприятие система позволит автоматизировать работу службы бронирования и размещения, настроить процесс администрирования, управления взаиморасчетами. Система позволяет вести единую базу учета и эффективно координировать работу основных подразделений гостиницы.

Литература.1. Радченко, М.Г., Хрусталева Е.Ю. 1С: Предприятия. Практическое пособие разработчика // учеб. пособие - М.: ООО «1С-Паблишинг», 2013. – С. 36 – 235. **2.** Силаенков, А.Н. Информационные технологии в процессе проектирования туристских и гостиничных услуг // ОНВ. ОИС. 2017. №3. **3.** Широбокова, С.Н., Барышева, В.В., Ситник, В.В. Сравнение информационных систем автоматизации гостиничного бизнеса по критерию функциональной полноты // Инновационная наука. 2016. №1-1 (13). **4.** Кривой, Д. Рекомендации по совершенствованию разработки и применения компьютерных технологий в индустрии гостеприимства // Российские регионы: взгляд в будущее. 2019. №1.

Реквизиты для справок: Россия, 656038, Барнаул, ул. Ленина, 46, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, ст. преподавателю кафедры ИСЭ, Барышеву Д.Д.. тел. 8-923-648-8850, E-mail: denis.baryshev@bk.ru

УДК 81'322.2+004.8

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ КОНТЕКСТНОГО АНАЛИЗА ТЕКСТА НА ЕСТЕСТВЕННОМ ЯЗЫКЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

О.О. ВАРЗАНОВА, Л.И. СУЧКОВА

Задачи обработки текстов имеют полувековую историю исследований в области информационных технологий и смежных дисциплинах. Несмотря на прогрессивные этапы развития найти успешное решение всех поставленных задач не удалось. Однако необходимость в поиске решений для задач обработки текстов на естественных языках стала особенно актуальной на сегодняшний день. Благодаря активному развитию вычислительных систем нарастает потребность в сохранении и обработке огромных объемов текстовой информации. Таким образом, актуальны задачи создания технологий для анализа, автоматического поиска и классификации, а также обработки неформализованных текстов на естественном языке.

Целью работы является создание инструмента обработки текста для последующего экспериментального определения авторства статьи либо отрывка художественного произведения.

Тексты на естественном языке слабоструктурированы, что приводит к сложностям в их анализе и резюмировании, которые обуславливают неприменимость классических алгоритмов для обработки структурированных данных. В процессе анализа с целью определения авторства, во-первых, необходимо определить язык исходного документа, исключить дубли-

рующие копии и повторяющиеся данные, ликвидировать опечатки; во-вторых, для исходного документа нужно сформировать вектор в пространстве, размерность которого равна размеру авторского словаря; и, в-третьих, требуется осуществить семантический анализ и проанализировать отношение автора к теме и объекту.

Авторами статьи было реализовано приложение, которое умеет классифицировать текстовый документ по произвольным характеристикам.

Для решения поставленной задачи было проанализировано несколько видов классификаторов – байесовский классификатор и метод опорных векторов [1]. Но в процессе изучения алгоритмов и их точности было принято решение в качестве классификатора применить нейронную сеть. На вход программы поступает исходный документ на русском языке, который имеет произвольную длину и может содержать ошибки, сокращения, а на выходе программы формируется связка семантических отношений (значение-характеристика), которые получились в результате анализа текста.

В ходе работы требуется осуществить преобразование исходного документа к структуре, которую можно подать на вход нейронной сети, и рассчитать размерность входного слоя сети. Для того, чтобы вычислить размерность входного слоя, необходимо составить словарь. Вариантов построения словарей много, например, самый простой способ – это взять все слова русского языка и составить из него словарь. Но такой способ не совсем разумен, так как размерность входного слоя будет чрезмерно большой, что приведет к нехватке ресурсов компьютера для создания нейронной сети. Следовательно, необходимо разработать свой словарь, который будет включать в себя только используемые слова и словосочетания, входящие в анализируемый документ.

Для проектирования и реализации приложения применялась нейронная сеть, включающая в себя три слоя: входной, скрытый и выходной. В каждом слое количество нейронов вычисляется разработчиком на первоначальном этапе и изменению, после обучения сети, не подвергается. Может возникнуть ситуация, при которой потребуется добавить либо убрать один нейрон, тогда сеть необходимо запустить на переобучение. Во входном слое каждому нейрону сопоставляется нормализованное число, как правило, в интервале от 0 до 1. На выходном слое, после процесса преобразований, с каждым выходным нейроном сопоставляются числа в определенном интервале входного слоя. Таким образом, процесс обучения сети основывается на подстраивании весов своих связей, которые участвуют в вычислениях. Процесс будет продолжаться до тех пор, пока сеть на обучающей выборке не достигнет заданной точности или не пройдет определенного числа итераций. Следовательно, пройдя этап обучения, нейронная сеть будет сообщать достаточно близкий результат к эталонному набору чисел на выходном слое, если на входной слой подали группу чисел, похожую на ту, что использовалась в обучающей выборке.

Рассмотрим способ составления словаря, основанный на построении N-грамм (униграммы, биграммы и трёхсимвольные N-граммы). На основе анализа исходного документа был сформирован словарь, однако он содержал много лишней информации, которая была убрана при помощи процедуры стемминга [2] и ликвидации фрагментов (знаки пунктуации, арифметические операции и прочее), не несущих никакой смысловой нагрузки в тексте.

Количество и размерность скрытых слоев возможно вычислить благодаря экспериментальному подходу, который рекомендуется начинать с одного скрытого слоя, варьирующегося в промежуточном интервале между размерами входного и выходного слоя. Затем запускается процедура кодирования текста, то есть документ описывается сложением векторов, содержащих используемые слова либо их словоформы.

При проектировании архитектуры приложения применялись паттерны (наблюдатель, стратегия, фабричный метод и другие), которые позволяют сделать инструмент более гибким, быстрым в реализации и удобным для масштабируемости.

Для решения поставленной задачи была использована готовая реализация нейронной сети (Encog Machine Learning Framework) для языка программирования Java, которая позволяет получить наиболее точный результат для анализируемого документа. В качестве хранилища

использовалась локальная база данных, для чтения обучающих данных из Excel-файла использовались библиотеки Apache POI.

Таким образом, спроектированное приложение позволяет осуществлять анализ исходного документа и с определенной точностью классифицировать текст с любым набором характеристик.

В дальнейшем исследования авторов будут связаны с добавлением других типов классификаторов (сверточная нейронная сеть, наивный байесовский классификатор), с усовершенствованием механизма устранения опечаток и с поиском статически устойчивых характеристик на небольших документах.

Литература. 1. Акбархужаев, С. А. Сравнительный анализ методов Наивного Байеса и SVM алгоритмов при классификации текстовых документов [Электронный ресурс] / С. А. Акбархужаев, Н. Н. Абдурахманова // Молодой ученый. – 2019. – № 29 (267). – С. 8-10. – URL: <https://moluch.ru/archive/267/61568/> (дата обращения: 05.05.2020). 2. Willett, P. The Porter stemming algorithm: then and now // Electronic Library and Information Systems. – 2006. – Vol. 40 (3). – P. 219-223. 3. Шевелев, О. Г. Методы автоматической классификации текстов на естественном языке: учебное пособие. – Томск: ТМЛ-Пресс, 2007. – 144 с. 4. Большакова, Е. И., Клышинский, Э. С. Автоматическая обработка текстов на естественном языке и компьютерная лингвистика: учебное пособие / Е. И. Большакова, Э. С. Клышинский, Д. В. Ландэ, А. А. Носков, О. В. Пескова, Е. В. Ягунова. – М.: МИЭМ, 2011. – 272 с. 5. Бондаренко, М. Ф., Оська, А. Ф. Автоматическая обработка информации на естественном языке. – К.: УМК ВО, 1991. – 140 с.

Реквизиты для справок: Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина 46, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, студенту, Варзановой О.О., e-mail: VOO.Workmail5102@yandex.ru.

УДК 004.021

О СЖАТИИ КЛАССИФИКАТОРОВ

А.И. МАМОНТОВ

Настоящая статья посвящена задаче классификации – подразделу машинного обучения. В свою очередь, машинное обучение является разделом искусственного интеллекта.

При *классификации* имеется множество объектов, разделённых некоторым образом на классы. Задано конечное множество объектов, для которых известно к каким классам они относятся. Это множество называется обучающей выборкой. Принадлежность к классам остальных объектов не известна. Требуется построить алгоритм, способный классифицировать, то есть указать номера классов, к которым относится произвольный объект из исходного множества. Любой объект может относиться сразу к нескольким классам.

В работе рассматриваются только классификаторы, в которых некоторая часть вычислений представляется линейным полиномом.

Объекты описываются n – компонентными векторами $\vec{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in \mathbb{R}^n$ и для решения об их принадлежности каждому из m классов строятся линейные функции:

$$P_i(\vec{x}) = a_{i0} + \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j,$$

где $a_{ij} \in \mathbb{R}$, $i = 1, \dots, m, j = 0, \dots, n$.

При этом если $P_i(\vec{x}) > 0$, то объект \vec{x} относится к i -му классу, а если $P_i(\vec{x}) \leq 0$, то не относится.

Целью работы является сжатие классификатора или сокращение памяти для хранения a_{ij} .

Такая оптимизация может быть полезна для некоторых задач.

Так, существуют маломощные и интегрированные приложения, реализованные на встроенных системах [1, 2]: классификация слуховых сцен в слуховых аппаратах, вычисления в спутниках, сенсорные сети. На виртуальном хостинге в сети Интернет с малым объёмом памяти для базы данных можно также реализовывать программы для классификации. Для эффективной работы подобных приложений авторы работ [1, 2] предлагают использовать числа a_{ij} с фиксированной точкой (которые можно представлять с помощью целых чисел), получаемые с помощью округления или алгоритмов целочисленного программирования. Такие классификаторы называют целочисленными.

Для понимания перехода к числам с фиксированной точкой вспомним пример на применение центральной предельной теоремы.

Пример 1. Требуется сложить 10000 чисел, каждое из которых округлено с точностью до 10^{-5} . Предположим, что ошибки, возникающие при округлении чисел, независимы и равномерно распределены в интервале $(-0,5 \cdot 10^{-5}, 0,5 \cdot 10^{-5})$. Найти границы, в которых с вероятностью 0,99 будет лежать суммарная ошибка. Ответ: суммарная ошибка округления десяти тысяч чисел с вероятностью не менее 0,99 лежит в границах $(-74 \cdot 10^{-5}, 74 \cdot 10^{-5})$.

При обосновании перехода к числам с фиксированной точкой с помощью центральной предельной теоремы необходимо сделать некоторые предположения. Для обоснования перехода к числам с фиксированной точкой экспериментальным путём не требуется делать каких-либо предположений. Поэтому экспериментальное обоснование перехода к числам с фиксированной точкой [3] представляется вполне разумным. Авторы [3] делают вывод о незначительной потере качества классификации при переходе к числам с фиксированной точкой.

Дальнейшая оптимизация по памяти проводится в условиях следующих ограничений:

1) Многие коэффициенты a_{ij} совпадают в нескольких P_i при одинаковых номерах j . Например, такая ситуация ожидается, когда некоторые признаки оказывают похожее влияние на принадлежность или непринадлежность объекта сразу нескольким классам.

2) Многие коэффициенты a_{ij} равны одному и тому же числу. Например, такая ситуация ожидается, когда некоторые признаки имеют малое влияние на принадлежность объекта классу.

3) Рассмотрим случай наличия большого количества нулевых коэффициентов среди a_{ij} , то есть наличия признаков влияющих на принадлежность объекта одним классам и не оказывающих влияния на принадлежность объекта другим классам.

При таких ограничениях мы предлагаем два способа экономного хранения a_{ij} .

Первый способ - хранятся только ненулевые коэффициенты a_{ij} , и экономно хранятся коэффициенты a_{ij} совпадающие в нескольких P_i при одинаковых номерах j .

Пример 2. Пусть даны функции $P_1(\vec{x}) = 1 + 2x_1 + 0x_2 + 1x_3$,

$P_2(\vec{x}) = 1 + 2x_1 + 1x_2 + 3x_3$, $P_3(\vec{x}) = 0 + 2x_1 + 0x_2 + 1x_3$. Строятся и хранятся в памяти новые функции: $Q_{123}(\vec{x}) = 2x_1$ - совпадающая часть формул P_1 и P_2 и P_3 , $Q_{12}(\vec{x}) = 1$ - совпадающая часть формул P_1 и P_2 , $Q_{13}(\vec{x}) = 1x_3$ - совпадающая часть формул P_1 и P_3 , $Q_2(\vec{x}) = 1x_2 + 3x_3$ - часть формулы P_2 не встретившаяся в других P_i .

Второй способ - хранятся только ненулевые коэффициенты a_{ij} , и экономно хранятся коэффициенты a_{ij} , которые встречаются в (1) чаще других.

Пример 3. Пусть даны функции $P_1(\vec{x}) = 1 + 2x_1 + 0x_2 + 1x_3$,

$P_2(\vec{x}) = 1 + 2x_1 + 1x_2 + 3x_3$, $P_3(\vec{x}) = 0 + 2x_1 + 0x_2 + 1x_3$. Наиболее часто среди ненулевых a_{ij} встречаются коэффициенты 1 и 2, информация об их нахождении в системе хранится экономно.

Отметим, что при применении этих способов качество классификации остаётся таким же, как и у целочисленных классификаторов, к которым эти способы не применялись.

Оказалось, что ограничения, при которых мы проводили оптимизацию по памяти, встречаются при использовании целочисленных классификаторов.

При классификации изображений из набора данных MNIST (одинакового размера, центрированных изображений рукописных цифр) с помощью байесовского классификатора с

целыми коэффициентами, использующего семибитовые числа, хорошо показал себя второй способ. С его помощью можно сокращать память для хранения a_{ij} в 8 раз (результатирующее сжатие базы данных классификатора с вещественными параметрами одинарной точности в 33 раза) [4].

При классификации текстов из набора данных Reuters-21578 (выборка новостных текстов) с помощью линейного метода опорных векторов с целыми коэффициентами, использующего 8-мибитовые числа с помощью первого способа можно сокращать память для хранения a_{ij} в 4 раза (результатирующее сжатие базы данных классификатора с вещественными параметрами в 15 раз), а с помощью второго в 5 раз (результатирующее сжатие базы данных классификатора с вещественными параметрами одинарной точности в 21 раз).

При классификации текстов из набора данных 20Newsgroups (выборка новостных текстов) с помощью линейного метода опорных векторов с целыми коэффициентами, использующего 12-битовые числа с помощью первого способа можно сокращать память для хранения a_{ij} в 2 раза (результатирующее сжатие базы данных классификатора с вещественными параметрами в 6 раз), а с помощью второго - в 3 раза (результатирующее сжатие базы данных классификатора с вещественными параметрами одинарной точности в 7 раз).

Мы указываем на максимальное достигнутое сжатие. Интересно отметить, что при использовании предложенных нами способов с не самой большой степенью сжатия, можно получать выигрыш и в скорости классификации. Величина этого выигрыша зависит от реализации системы.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-01-00294а).

Литература. 1. Anguita, D., Ghio, A., Pischiutta, S., Ridella, S. A support vector machine with integer parameters // *Neurocomputing* 72(1-3) (2008), P. 480–489. 2. Tschitschek S., Paul K., Pernkopf F. (2014) Integer Bayesian Network Classifiers // Calders T., Esposito F., Hullermeier E., Meo R. (eds) *Machine Learning and Knowledge Discovery in Databases. ECML PKDD 2014. Lecture Notes in Computer Science*, vol 8726. Springer, Berlin, Heidelberg, 2014. P. 209–224. 3. Lesser, B., Mücke, M., Gansterer, W. N. Effects of reduced precision on floating-point SVM classification accuracy // *Procedia Computer Science* (Vol. 4) (2011), P. 508–517. 4. Мамонтов А.И. О повышении эффективности вычислений при классификации изображений // *Вестник МЭИ* 2019.- № 5. - С. 129-134.

Реквизиты для справок: Россия, 111250, Москва, Красноказарменная ул., 14, НИУ “МЭИ”, кафедра математического и компьютерного моделирования, Мамонтову А.И., тел. (8495)3627774. E-mail: MamontovAI@mpei.ru

УДК 531.761

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МНОГОКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНОСТИ НАНОСЕКУНДНЫХ СИГНАЛОВ

К.А. ШЛЯХТИН

Измерение сверхмалых временных интервалов (СВИ) широко применяется в различных областях науки и техники: биомедицине, физике элементарных частиц, лазерной спектроскопии, различных системах сканирования, в том числе лазерных локационных системах (ЛЛС) [1-3]. В связи с бурным развитием лазерной техники и появлением пикосекундных и фемтосекундных лазеров стало возможным создание перспективных многоканальных ЛЛС, обладающих большим радиусом действия, высоким быстродействием, работающих в реальном масштабе времени. Использование большого числа каналов измерения времени позволяет увеличить объем получаемой информации и повысить точность измерений [3]. В данной работе предложена методика выбора значений параметров многоканальной системы для измерения длительности наносекундных сигналов (количества систем на кристалле (СнК), ко-

личества шин и время-цифровых преобразователей (ВЦП), времени считывания результатов на ВЦП), состоящая из следующих этапов.

1. Оценка максимального количества шин ВЦП.

2. Оценка максимального количества ВЦП на шине, которое ограничено следующими факторами:

- время считывания результатов измерений;
- количество управляющих линий;
- нагрузочная способность.

3. Оценка максимального количества шин ВЦП с применением методов оптимизации с учетом ограничений, полученных на предыдущих этапах, а также количества доступных выводов СнК.

4. Расчет требуемого количества СнК.

Рассмотрим применение данной методики на примере определения параметров разработанной ранее информационно-измерительной системы (ИИС) [4], которая осуществляет прием и обработку наносекундных сигналов в многоканальной ЛЛС в соответствии со следующими требованиями:

- измерение временных интервалов длительностью от 2 до 10 нс;
- число каналов измерений – 100;
- погрешность измерения – 0,2 нс;
- время для обработки результатов измерений со всех каналов – 1 мс;
- минимальный интервал между импульсами – 30 нс;
- максимальное число регистрируемых за секунду импульсов – 10^6 .

Большое количество каналов и высокие требования по скорости параллельной обработки импульсов требуют использования древовидной структуры (показанной на рисунке 1) для сбора результатов измерений импульсов с ВЦП.

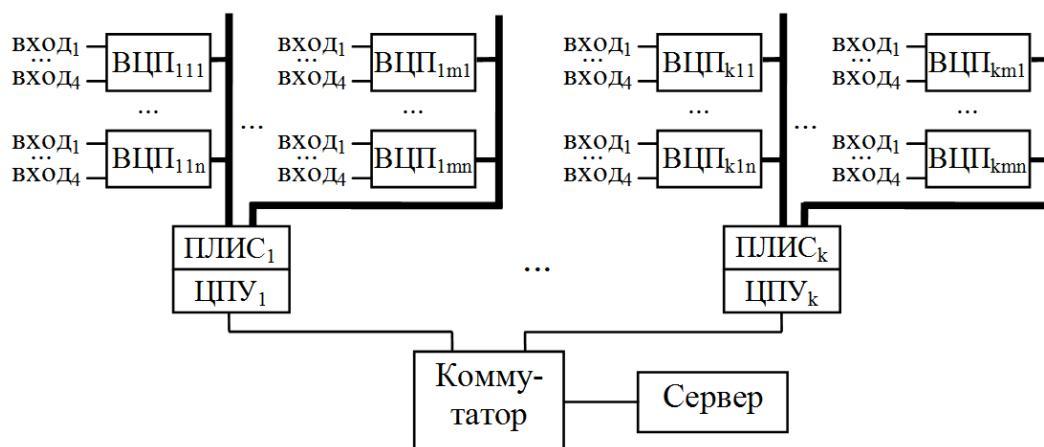


Рисунок 1 – Структурная схема многоканальной ИИС

Система состоит из k СнК. СнК включает в себя ПЛИС, осуществляющую чтение результатов измерений с ВЦП, и центральное процессорное устройство (ЦПУ), выполняющую предварительную обработку и передачу на сервер. К каждой микросхеме СнК подключаются m шин по n ВЦП на каждой.

В соответствии с требованиями к системе выбраны СнК семейства Cyclone V SE и ВЦП TDC-GPX. Требования к ИИС, особенности её структуры, характеристики используемых микросхем накладывают ограничения на параметры n , m и k и требуют проведения дополнительных исследований для установления их оптимальных значений.

В соответствии с предложенной методикой и приведенными требованиями выполнено исследование параметров системы. На первом этапе осуществляется оценка максимального количества шин ВЦП. Максимальная частота передачи данных на шине ВЦП составляет 40 МГц. ПЛИС может работать на значительно больших частотах ~ 300 МГц [5]. Таким образом,

каналы чтения результатов измерений с ВЦП на ПЛИС обеспечивают требуемую максимальную скорость чтения для выбранных микросхем ВЦП в 40 МГц. Максимальное количество шин ВЦП ограничено скоростью передачи данных с применением прямого доступа к памяти (ПДП) с ПЛИС на ЦПУ:

$$m \leq \frac{v \cdot d}{l \cdot f}, \quad (1)$$

где v — пропускная способность передачи по ПДП при передаче l -байтными словами; d — количество результатов измерений в слове; f — частота шины ВЦП (40 МГц).

При передаче 128-битными словами ($l = 16$ Б) по ПДП с ПЛИС на ЦПУ под управлением Linux $v = 658,4$ МБ/с [6]. При передаче по 2 результата измерения по формуле (1) $m \leq 2$.

На втором этапе выполняется оценка максимального количества ВЦП на шине, которое определяется следующими ограничениями:

- временем, необходимым на последовательное считывание всех результатов измерений;
- количеством управляющих линий, подводимых к каждому ВЦП отдельно;
- нагрузочной способностью ВЦП и СнК по постоянному и переменному току.

Рассмотрим данные ограничения подробнее.

Время считывания результатов измерений. Так как результаты измерений с ВЦП на одной шине считываются последовательно, результаты измерений со всех каналов «стоп» должны быть считаны за один период сигнала «старт», чтобы не происходило накопления непрочитанных результатов, заполнения буферов ВЦП и потери данных. Таким образом, время последовательного считывания всех результатов измерений должно быть меньше периода сигнала «старт»:

$$\begin{aligned} 8nt_{rd} &\leq \frac{1}{f_{\max}}; \\ n &\leq \frac{1}{8t_{rd} f_{\max}}, \end{aligned} \quad (2)$$

где n — количество ВЦП на шине; t_{rd} — время чтения одного результата измерения; f_{\max} — максимальная частота импульсов.

При $f_{\max} = 1$ МГц, $t_{rd} = 25$ нс, по формуле (2) $n \leq 5$.

Количество управляющих линий. Кроме w_{data} общих линий, к каждому ВЦП отдельно должны подводиться w_{ctrl} управляющих линий. При n ВЦП на шине количество управляющих линий равно

$$w_{ctrln} = nw_{ctrl},$$

а общее количество используемых линий:

$$w_n = w_{ctrln} + w_{data} = nw_{ctrl} + w_{data}.$$

Количество ВЦП n на шине, при ограничении в w_n используемых линий, определяется неравенством:

$$n \leq \frac{w_n - w_{data}}{w_{ctrl}}. \quad (3)$$

Для ВЦП TDC-GPX $w_{data} = 32$, $w_{ctrl} = 9$ [7], при $w_n = 200$, по формуле (3) $n \leq 18$.

Нагрузочная способность. Нагрузочная способность по постоянному току определяется выходным током выхода источника сигнала и токами утечки входов микросхем, подключенных к нему:

$$n < \frac{I_{\text{Вых}}}{I_{\text{вх.утеч}}}. \quad (4)$$

Для линий адреса источником является выход ПЛИС, а нагрузкой — вход ВЦП. Для линий данных источником может являться как выход ПЛИС (при записи в ВЦП), так и выход ВЦП (при чтении ВЦП), а нагрузкой являются выходы остальных устройств в высокоимпедансном состоянии. Типовое значение тока утечки на входе элемента КМДП-логики составляет 1 мкА. Ток утечки элемента в высокоимпедансном состоянии значительно больше —

около 5 мкА [8]. Таким образом, максимальное количество ВЦП на шине будет определяться нагрузочной способностью шины данных.

Нагрузочная способность по переменному току определяется временем изменения напряжения при переключении логического элемента:

$$t = R_{\text{вых}} C_{\text{нагр}} \ln \frac{\Delta U}{\Delta U_{\text{пор}}}, \quad (5)$$

где $R_{\text{вых}}$ — выходное сопротивление элемента; $C_{\text{нагр}}$ — емкость нагрузки; ΔU — разница между уровнями напряжения логических 1 и 0; $\Delta U_{\text{пор}}$ — разница между уровнем логической 1 и пороговым уровнем 1 (при переключении из 0 в 1) или между пороговым уровнем 0 и уровнем логического 0 (при переключении из 1 в 0).

Для элементов с тремя состояниями, являющимися как источниками, так и приемниками сигналов, у которых входная и выходная емкости примерно равны:

$$C_{\text{нагр}} = (n + 1) C_{3.c.co}. \quad (6)$$

Подставляя (6) в (5) и выражая n , найдем:

$$n \leq \frac{t}{R_{\text{вых}} C_{3.c.co} \ln \frac{\Delta U}{\Delta U_{\text{пор}}}} - 1. \quad (7)$$

Для электрических характеристик Cyclone V [5] и TDC-GPX [7], в случае, когда ПЛИС записывает данные в одну из микросхем ВЦП, нагрузочная способность по постоянному току по формуле (4) составляет $n < 534$. Нагрузочная способность по переменному току по формуле (7), при максимальном времени переключения $t = 10$ нс: $n < 23$.

В случае, когда один из ВЦП передает данные в ПЛИС, нагрузочная способность по постоянному току составляет $n < 300$, по переменному — $n < 13$.

Проведенный анализ показал, что наиболее существенное ограничение количества ВЦП на шине определяется временем считывания результатов измерений. Однако высокая частота импульсов, обуславливающая данное ограничение, соответствует наихудшему случаю нахождения большого объекта перед ЛЛС, отражения от которого вызывают непрерывный поток импульсов на нескольких каналах. Реальная частота импульсов, соответствующая одиночным объектам в верхней части полусферы сканирования, значительно ниже. После уточнения частоты импульсов в результате проведения испытаний системы ограничение на количество ВЦП на шине может быть ослаблено.

Кроме того, существенным является ограничение по количеству используемых выводов ПЛИС. Максимальное количество линий ввода/вывода ПЛИС семейства Cyclone V SE равно 288 [9], что значительно ограничивает количество подключаемых ВЦП на одной шине и количество шин.

Учитывая значительное ограничение количества ВЦП на шине по времени считывания, нагрузочная способность по переменному току не накладывает дополнительных ограничений.

На третьем этапе осуществляется оценка максимального количества шин ВЦП. Оптимальные значения количества шин m и количества ВЦП на шине n находятся решением задачи максимизации суммарного количества ВЦП

$$r = n \cdot m,$$

при следующих ограничениях:

- ограничение на количество шин ВЦП m ;
- ограничение на количество ВЦП на шине n ;
- ограничение на количество выводов ПЛИС:

$$m \cdot (n \cdot w_{ctrl} + w_{data}) < w_{max},$$

где w_{max} — количество выводов ПЛИС; w_{ctrl} и w_{data} — количество выводов шины управления и шины данных ВЦП.

Для полученных ранее ограничений, при $w_{data} = 32$, $w_{ctrl} = 9$ [7] получены следующие значения параметров: $n = 5$; $m = 2$; $r = 10$ ($w_{comb} = 154$).

На заключительном этапе выполняется расчет количества СнК. Количество измерительных каналов (результаты измерения с которых собирает одна ПЛИС) составляет:

$$c_{\text{плис}} = 4r.$$

Исходя из найденного количества измерительных каналов для одной ПЛИС и требуемого количества каналов, определим необходимое количество СнК:

$$k = \left\lceil \frac{c}{c_{\text{плис}}} \right\rceil = \left\lceil \frac{c}{4r} \right\rceil. \quad (8)$$

При $c = 100$, $r = 10$, по формуле (8) $k = 3$.

Выводы. Разработана методика определения параметров многоканальной ИИС для измерения длительности наносекундных сигналов, которая позволяет учесть наиболее важные ограничения и устанавливает ключевые этапы в определении параметров таких систем. В качестве примера применения методики выполнены расчеты параметров разработанной ИИС для измерения длительности наносекундных сигналов на базе СнК семейства Cyclone V SE и ВЦП TDC-GPX.

Литература. 1. Gao Wu., Gao Deyuan, Wei Tingcun, Christine HuGuo, Yann Hu. A high-resolution multi-channel timeto-digital converter (TDC) for high-energy physics and biomedical imaging applications // IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications. – 2009. – № 4. – С. 1133-1138. 2. Narku-Tetteh N.N.N. A Sub-10ps Time-to-Digital Converter with 204ns Dynamic Range For Timeresolved Imaging and Ranging Applications. Master's thesis. Texas A&M University. 2014. – 91p. 3. MatthewW. Fishburn. A 19.6 ps, FPGA-Based TDC With Multiple Channels for Open Source Applications / MatthewW. Fishburn, L. Harmen Menninga, Claudio Favi; Edoardo Charbon // IEEE Transactions on Nuclear Science – 2013. – Vol. 60(3). – P. 2203–2208. 4. Многоканальная система для измерения длительности наносекундных сигналов на ПЛИС с встроенным процессором с применением локальных сетей / Е. Ю. Шелковников, К. А. Шляхтин, С. Р. Кизнерцев, В. А. Куликов // Ползуновский альманах. 2018. № 4. С. 6–9. 5. V Device Datasheet, 2019. 93 pp. 6. Molanes R.F., Rodríguez-Andina J.J., Fariña J. Performance Characterization and Design Guidelines for Efficient Processor–FPGA Communication in Cyclone V FPGAs // IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 65, May 2018. pp. 4368-4377. 7. TDC-GPX Ultra-high Performance 8 Channel Time-to-Digital Converter, 2007. 53 pp. 8. HCMOS family characteristics, 1988. 22 pp. 9. Cyclone V Device Handbook Volume 1: Device Interfaces and Integration, 2019. 323 pp.

Реквизиты для справок: Россия, 426067, Ижевск, ул. Т. Барамзиной 34, УдмФИЦ УРО РАН, младшему научному сотруднику, Шляхтину К.А., E-mail: shlyahtink@udman.ru

УДК 519.876.5

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ КЛИЕНТСКОЙ БАЗЫ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ОКАЗАНИЮ САНАТОРНО-КУРОРТНЫХ И СПОРТИВНО- ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫХ УСЛУГ

А.Г. БЛЕМ, М.А. ВОСТРОВА, А.И. ШЕСТАКОВА

Алтайский край является одним из ведущих регионов России по развитию курортно-оздоровительного сектора экономики.

Рассматриваемый сектор экономики характеризуется высоким уровнем конкуренции и волатильности предпочтений потребителей, что ставит перед руководством компаний не только задачу увеличения клиентской базы, но и ее сохранение. Можно отметить, что хотя на текущий момент разработано достаточно много различных методов и подходов к оценке отдельных показателей качества и эффективности управления клиентской базой, тем не менее наблюдается явный дефицит моделей, позволяющих руководству компаний курортно-оздоровительного сектора принимать обоснованные решения по управлению клиентской базой. Таким образом, существует потребность в разработке такого рода моделей.

Целью работы является построение имитационной модели движения клиентской базы предприятия курортно-оздоровительного сектора экономики, позволяющей прогнозировать изменения в клиентской базе, а также анализировать эффективность решений по управлению клиентской базой.

Объектом исследования являются предприятия по оказанию санаторно-курортных и спортивно-оздоровительных услуг (санатории, профилактории, пансионаты, фитнес-клубы, бассейны и т.п.).

Ниже представлена разработанная авторами имитационная модель движения клиентской базы. Предполагается, что вся клиентская база компании разбита на группы клиентов (кластеры) по некоторым классификационным признакам.

Исходными данными для моделирования являются статистические данные о движении клиентской базы за несколько предшествующих периодов (месяцев).

Переменные и параметры, используемые для построения имитационной модели:

t - индекс периода (месяца) в котором проводится моделирование;

h - горизонт моделирования (месяцев);

τ - индекс текущего моделируемого периода: $\tau = t+1, t+2, \dots, t+h$;

i - индекс кластера $i = \overline{1, n}$;

n – общее количество кластеров;

$n+1$ - индекс кластера «Внешняя среда»;

$P_{i,j}$ – вероятность перехода в течение текущего моделируемого периода элемента из кластера i в кластер j ; $i = \overline{1, n}$ $j = \overline{1, n + 1}$;

Примечание: $P_{i,i}$ – вероятность того, что в течение текущего моделируемого периода элемент i -го кластера не покинет кластер;

$P_{i,n+1}$ – вероятность того, что в течение текущего моделируемого периода элемент i кластера покинет систему (перейдет во внешнюю среду);

Очевидно, что $\forall i \sum_{j=1}^{n+1} P_{i,j} = 1$;

$P_{n+1,j}$ – вероятность того, что элемент, поступивший в течение моделируемого периода из внешней среды, поступит в j кластер; $\sum_{j=1}^n P_{n+1,j} = 1$;

V_{τ} – количество элементов внешней среды, поступающих в систему в течение текущего моделируемого периода;

Матрица вероятностей $\{P_{i,j}\}$ и вектор вероятностей $\{P_{n+1,j}\}$ определяются в результате обработки статистических данных за предшествующие периоды методом скользящей средней. Аналогичным образом (в результате обработки статистических данных за прошлые периоды) определяются характеристики (мат. ожидание, дисперсия, закон распределения вероятностей) V_{τ} .

$N_{i,\tau}^H$ – количество элементов в i кластере на начало τ -периода;

$N_{i,\tau}^K$ – количество элементов в i кластере на конец τ -периода; $N_{i,\tau}^K = N_{i,\tau+1}^H$;

$N_{i,t}^K = N_{i,t+1}^H$ – исходное состояние i кластера на начало периода моделирования. В результате моделирования последовательно определяются значения $N_{i,t+1}^K, N_{i,t+2}^K, \dots, N_{i,t+h}^K$:

$$N_{i,\tau}^K = N_{i,\tau}^H + \sum_{j=1}^{n+1} u_{j,i,\tau} - \sum_{j=1}^{n+1} u_{i,j,\tau} \quad (1);$$

$u_{i,j,\tau}$ – количество элементов кластера i , перешедших в кластер j в течение текущего периода τ ;

$Z_{i,\tau} = c_i * N_{i,\tau}^K$, где $Z_{i,\tau}$ – средняя «доходность» i кластера в τ периоде;

c_i – среднее месячное начисление для элемента кластера i ;

Таким образом, основу динамической имитационной модели движения клиентской базы составляет моделирование элементов множества $\{u_{i,j,\tau}\}$ на каждом периоде моделирования τ .

Кратко опишем алгоритм моделирования:

1. *Задается количество экспериментов (прогонов модели) g*
2. *Задается период моделирования h .*

3. Текущий период времени τ полагается равным 1.

4. Моделирование движение клиентов в течение текущего планового периода τ :

4.1. Определяется значение количества клиентов $N_{i,\tau}^h$ на начало текущего периода τ :

$N_{i,\tau}^h = N_{i,\tau-1}^k$ для $\tau=2,3,\dots,h$; для $\tau=1$ значения $N_{i,\tau}^h$ берутся из таблицы исходных данных (столбец «Кол-во» таблицы 2), $i=1,2,\dots,n$.

4.2. Значения переменных $u_{i,j,\tau}$ полагаются равными нулю ($i=\overline{1,n}$ $j=\overline{1,n+1}$);

4.3. Выбирается очередной кластер i . ($i=1,2,\dots,n$) Если все кластеры просмотрены – переход к п.4.4

4.3.3. Последовательно просматриваются все $N_{i,\tau}^h$ элементов кластера i и для каждого элемента определяется его «движение» в текущем периоде τ . Это движение определяется вектором вероятностей переходов ($P_{i,1}; P_{i,2}; P_{i,3}; \dots; P_{i,n+1}$). Решение по каждому элементу принимается по следующему алгоритму:

1) Генерируется псевдослучайное число r , равномерно распределенное на отрезке $[0,1]$

2) Рассматриваемый элемент кластера i переходит в кластер 1, если $r \leq P_{i,1}$,

в кластер 2, если $P_{i,1} < r \leq P_{i,1} + P_{i,2}$, ..., в кластер j , если $\sum_{k=1}^{j-1} P_{i,k} < r \leq \sum_{k=1}^j P_{i,k}$, ...,

в кластер $n+1$ (внешнюю среду), если $\sum_{k=1}^n P_{i,k} < r \leq \sum_{k=1}^{n+1} P_{i,k}$

3) После определения кластера (пусть это кластер j), в который переходит рассматриваемый элемент кластера i , значение $u_{i,j,\tau}$ увеличивается на 1: $u_{i,j,\tau} = u_{i,j,\tau} + 1$;

4.4. Моделирование поступления клиентов из внешней среды (кластера $n+1$) в текущем плановом периоде τ :

4.4.1. Генерируется псевдослучайное число V_τ , определяющее количество новых клиентов компании в текущем плановом периоде. Затем просматриваются последовательно все V_τ новых клиентов, и по каждому из них в соответствии с вектором вероятностей ($P_{n+1,1}; P_{n+1,2}; P_{n+1,3}; \dots; P_{n+1,n}$) аналогично алгоритму, описанному в п.4.3.3. определяется конкретный кластер, куда поступает новый клиент (пусть это кластер i). Значение $u_{n+1,i,\tau}$ увеличивается на 1: $u_{n+1,i,\tau} = u_{n+1,i,\tau} + 1$. После просмотра всех V_τ новых клиентов – переход к п.5

5. Рассчитываются количество клиентов в каждом кластере на конец τ периода по формуле (1).

6. Значение текущего периода увеличивается на 1: $\tau = \tau + 1$. Если новое значение $\tau \leq h$, переход к п.4 (моделирование нового месяца), в противном случае – переход к п.7.

7. Сохраняются выходные данные (количество элементов в каждом кластере, совокупная месячная доходность клиентов компании) на конец последнего прогнозируемого месяца в данном эксперименте, после чего счетчик экспериментов увеличивается на 1. Если его значение меньше или равно g – переход к п. 2 (очередному прогону модели), если все эксперименты выполнены – расчет итоговых результатов моделирования (средних значений по всем экспериментам, среднеквадратических отклонений, вероятностей улучшения или ухудшения доходности компании и т.п.).

Разработанная модель была апробирована на данных одного из предприятий рассматриваемой отрасли.

Моделирование осуществлялось на основании статистических данных о движении клиентской базы за шесть предшествующих месяцев. В качестве примера в таблице 1 приведены данные о движении клиентской базы за сентябрь 2019 года.

Из представленной в таблице 1 информации следует, что, например, в кластере 1 на начало сентября было 65 клиентов, в сентябре перешли в кластер 3 - 2 клиента, и 10 клиентов покинули компанию (перешли во внешнюю среду). С другой стороны, в сентябре кластер 1 пополнился 9-ю новыми клиентами компании (из внешней среды), одним клиентом, перешедшим из кластера 2, 3-мя клиентами, перешедшими из кластера 3, 4-мя клиентами из кластера 5 и 2-мя клиентами, перешедшими из кластера 6. Кроме того, 53 клиента как были, так и остались в кластере 1.

Таблица 1 – Матрица переходов клиентов между кластерами и внешней средой за месяц

Сентябрь								
КОЛ-ВО		Внешняя Среда	Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3	Кластер 4	Кластер 5	Кластер 6
	Внешняя Среда		9	10	14	7	10	11
65	Кластер 1	10	53	0	2	0	0	0
82	Кластер 2	10	1	60	11	0	0	0
82	Кластер 3	9	3	0	51	5	4	10
55	Кластер 4	7	0	0	0	46	1	1
140	Кластер 5	13	4	1	0	2	113	7
178	Кластер 6	19	2	3	3	2	4	145

На основании матрицы переходов можно определить, какая доля клиентов каждого кластера перешла в тот или иной кластер: $D_{i,j,\tau}$ – доля клиентов кластера i , перешедших в кластер j за период τ . Например, в нашем случае в сентябре доли клиентов, перешедших из кластера 1 составили: во внешнюю среду - $10/65$, в кластер 3 - $2/65$, осталось в кластере 1 - $53/65$, в кластеры 2,4,5,6 переходов из кластера 1 не было. Для любого кластера i и любого периода τ выполняется условие $\sum_{j=1}^{n+1} D_{i,j,\tau} = 1$.

Очевидно, что $D_{i,j,\tau}$ – это случайные величины и могут быть интерпретированы как вероятности переходов из кластера i в кластер j :

$P_{i,j} = (1/T) \sum_{\tau=1}^T D_{i,j,\tau}$, где $P_{i,j}$ – вероятность перехода клиента из кластера i в кластер j в течение планового периода τ (месяца). В дальнейшем при моделировании $P_{i,j}$ рассчитываются усреднением за 6 месяцев (то есть T равно 6) методом скользящей средней.

Что касается поступлений новых клиентов из внешней среды, то общее количество клиентов, поступающих в течение месяца, по анализу данных за 2019 год представляет собой случайную величину, равномерно распределенную на отрезке $[40,80]$, среднее значение месячного поступления новых клиентов равно 60.

В таблице 2 представлена матрица вероятностей переходов клиентов, полученная на основе обработки статистических данных за 6 предшествующих месяцев, данная матрица используется при проведении имитационных экспериментов.

Таблица 2 – Матрица вероятностей переходов клиентов

	Кл.1	Кл.2	Кл.3	Кл.4	Кл.5	Кл.6	Вн.ср	Кол-во	Стоим	Ср.доходность
Кластер1	0,86	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,12	64	3180	203 520
Кластер2	0,01	0,74	0,14	0,00	0,00	0,00	0,11	84	2310	194 040
Кластер3	0,05	0,00	0,63	0,06	0,03	0,11	0,12	78	3700	288 600
Кластер4	0,00	0,00	0,00	0,82	0,02	0,04	0,12	58	1500	87 000
Кластер5	0,04	0,01	0,00	0,01	0,80	0,05	0,09	132	3520	464 640
Кластер6	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,79	0,10	172	3940	677 680
Вн. Среда	0,20	0,19	0,13	0,25	0,07	0,16	0,00	60	0	1 915 480

В столбце «Кол-во» указано количество клиентов в соответствующем кластере на начало периода моделирования (на конец последнего, 6 месяца, статистические данные которого использовались для формирования матрицы вероятностей переходов), для кластера «Внешняя среда» в столбце «Кол-во» - среднее количество (за месяц) новых клиентов, поступающих в систему. В столбце «Стоимость» указывается среднемесячный доход от одного клиен-

та соответствующего кластера, а в столбце «Доходность» - среднемесячный доход от всех клиентов соответствующего кластера, равный произведению «Стоимости» на «Кол-во».

Приведем несколько примеров, иллюстрирующих разработанную имитационную модель.

Пример 1. На основании статистических данных за последние 6 месяцев (таблица 2) сделать прогноз движения клиентской базы на шесть последующих месяцев, в том числе ответить на вопрос, как изменится среднемесячная доходность компании (базисное значение **1 915 480 рублей**).

Параметры моделирования: период моделирования **6 месяцев, 500 прогонов.**

В таблице указаны среднее, минимальное и максимальное количество клиентов в кластерах на конец 6 месяца (по 500 экспериментам) и средняя доходность в шестом месяце (по результатам 500 экспериментов).

Таблица 3 – Результаты моделирования (пример 1)

	Среднее	Миним	Максим	Ср.доходность
Кластер1	124	88	162	394663
Кластер2	63	38	87	144523
Кластер3	62	37	88	229785
Кластер4	107	74	147	161082
Кластер5	80	58	109	281994
Кластер6	134	101	171	529378
ИТОГО:				1741426

Средний доход компании (по 500 экспериментам) в 6-м месяце - **1 741 426 руб.;**

Минимальный доход (худший результат по 500 экспериментам) в 6-м месяце- **1 473 920 руб.;**

Максимальный доход (лучший результат по 500 экспериментам) в 6-м месяце- **1 962 300 руб.;**

Вероятность снижения дохода за 6 месяцев - **96,4%** (в **482** экспериментах из 500 доходность ниже 1915480);

Математическое ожидание величины снижения месячной доходности **174054 руб.** (снижение на **9,09%**).

Таким образом, доходность компании, если не принимать мер по управлению клиентской базой, будет снижаться.

Пример 2. Увеличение потока новых клиентов (из внешней среды) на 15 процентов. Сможет ли такое увеличение компенсировать в полной мере проявляющиеся негативные тенденции по снижению доходности?

Параметры моделирования: период моделирования 6 месяцев, 500 прогонов, среднее количество (за месяц) новых клиентов, поступающих в систему увеличено на 15% (с 60 до 69).

Средний доход компании (по 500 экспериментам) в 6-м месяце - **1 848 339 руб.;**

Минимальный доход (худший результат по 500 экспериментам) в 6-м месяце- **1 493 100 руб.;**

Максимальный доход (лучший результат по 500 экспериментам) в 6-м месяце- **2 241 470 руб.;**

Вероятность снижения дохода за 6 месяцев - **70,6%** (в **353** экспериментах из 500 доходность ниже 1915480);

Математическое ожидание величины снижения месячной доходности **67141 руб.** (снижение на **3,51%**).

Таблица 4 - Результаты моделирования (пример 2)

	Среднее	Миним	Максим	Ср. доходность
Кластер1	133	99	177	424505
Кластер2	68	34	93	157593
Кластер3	66	40	95	244437
Кластер4	116	73	163	173313
Кластер5	83	57	110	292857
Кластер6	141	94	178	555635
ИТОГО:				1848339

Видим, что, несмотря на некоторое улучшение по сравнению с предыдущим примером, увеличение интенсивности потока новых клиентов на 15 процентов не гарантирует повышения доходности компании, с вероятностью 0,706 она снизится.

Пример 3. Снижение оттока клиентов на 2 процента. Как это скажется на изменении доходности компании?

Параметры моделирования: период моделирования 6 месяцев, 500 прогонов, отток клиентов (во внешнюю среду) снижен на 2 процента.

Таблица 5 - Результаты моделирования (пример 3)

	Среднее	Миним	Максим	Ср. доходность
Кластер1	136	103	181	432575
Кластер2	68	42	95	157995
Кластер3	68	41	108	251704
Кластер4	114	82	143	170577
Кластер5	90	63	118	315174
Кластер6	149	108	188	586122
ИТОГО:				1914147

Средний доход компании (по 500 экспериментам) в 6-м месяце - **1 914 147** руб.;

Минимальный доход (худший результат по 500 экспериментам) в 6-м месяце- **1 546 220** руб.;

Максимальный доход (лучший результат по 500 экспериментам) в 6-м месяце- **2 180 820** руб.;

Вероятность снижения дохода за 6 месяцев - **49,2%** (в **246** экспериментах из 500 доходность ниже 1915480);

Математическое ожидание величины снижения месячной доходности **1333** руб. (снижение на **0,07%**).

Таким образом, снижение оттока клиентов на 2 процента позволит сохранить доходность компании на прежнем уровне, и значительно эффективнее (с точки зрения доходности), чем привлечение новых клиентов. Это говорит о том, что компании в ближайшее время следует сосредоточиться, прежде всего, на сохранении имеющейся клиентской базы, и только во вторую очередь на привлечении новых клиентов.

Литература. 1. Блем А.Г. Имитационная модель управления клиентской базой телекоммуникационной компании/А.Г.Блем, В.В.Науменко, А.И. Нестерова.- Барнаул: Ползуновский альманах №4/2019, с.86-89. 2.Добронравин Е. Р. Методика оценки клиентов торговой фирмы на основе оптимальной рентабельности запаса // Экономика образования. 2011. №3. 3. Петров А.В. К вопросу автоматизации построения имитационных моделей // Вестник ИрГТУ. 2018. №9 (140).

Реквизиты для справок: Россия, 656038, Барнаул, ул. Ленина, 46, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, к.э.н., доценту кафедры ИСЭ, Блему А.Г. тел. 8-960-958-849, E-mail: alblem@mail.ru

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ КОМПОЗИТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ИНФРАКРАСНОЙ ТЕРМОГРАФИИ

А. М. БЕДАРЕВ, А. О. ЧУЛКОВ

Введение

Благодаря своей универсальности тепловой контроль позволяет испытывать металлические и неметаллические материалы. Использование различных методов тепловой стимуляции позволяет выявлять дефекты различных типов [1]. К классическим методам стимуляции изделий относят оптический нагрев с различной длительностью, который реализуют с помощью галогенных ламп, а также ксеноновых импульсных ламп [2].

Процедура теплового контроля заключается в нагреве исследуемого объекта и его остывании при непрерывной регистрации температуры контролируемой поверхности с помощью тепловизора [3]. Неоднородности температурного поля могут свидетельствовать о наличии скрытых дефектов, а также об особенностях контролируемой поверхности. Использование оптических источников тепловой стимуляции эффективно для обнаружения расслоений, утонений и инородных включений, однако такие дефекты как трещины с малой шириной раскрытия могут остаться не выявленными.

Метод ультразвуковой инфракрасной термографии заключается в стимуляции контролируемого изделия с помощью магнитострикционного преобразователя. Возникающие в объекте контроля внутренние колебания вызывают трение материала в дефектных областях, что приводит к локальному повышению температуры, которое регистрируют с помощью тепловизора [4]. Данный метод теплового контроля позволяет выявлять дефекты в виде трещин и расслоений с узким раскрытием, однако не эффективен для обнаружения утонений, неоднородности материалов, а также расслоений и трещин с большим раскрытием.

В данной работе приведены результаты испытаний композиционного образца с использованием оптического и ультразвукового методов нагрева с целью объединения преимуществ обоих методов.

Целью работы является разработка и усовершенствование методики неразрушающего контроля композитных материалов путем комбинирования средств тепловой стимуляции.

Объект контроля и экспериментальная установка.

Для проведения испытаний был изготовлен образец размерами 160×280 мм и толщиной 5 мм, состоящий из 25-и слоев углеродной ткани пропитанной эпоксидной смолой. На каждом пятом слое в образец был заложен искусственный дефект в виде пленки тефлона размерами 10×10 мм и толщиной 80 мкм. При отверждении образец был помещены под пресс. Кроме того, после отверждения в образце путем фрезерования были проделаны отверстия, пропилены и утонения. Схема изготовленного образца приведены на рисунке 1.

Для ультразвуковой стимуляции изделия использовали магнитострикционный преобразователь, который был размещен на роботизированном манипуляторе KUKA KR1100 с помощью кронштейна. Кронштейн был изготовлен методом 3D печати. Магнитострикционный преобразователь был установлен параллельно 6-ой оси роботизированного манипулятора, что позволило упростить управление роботом и обеспечить соосное усилие для сжатия пружины магнитострикционного преобразователя (пружина служит для создания надежного контакта индентора с поверхностью контролируемого изделия).

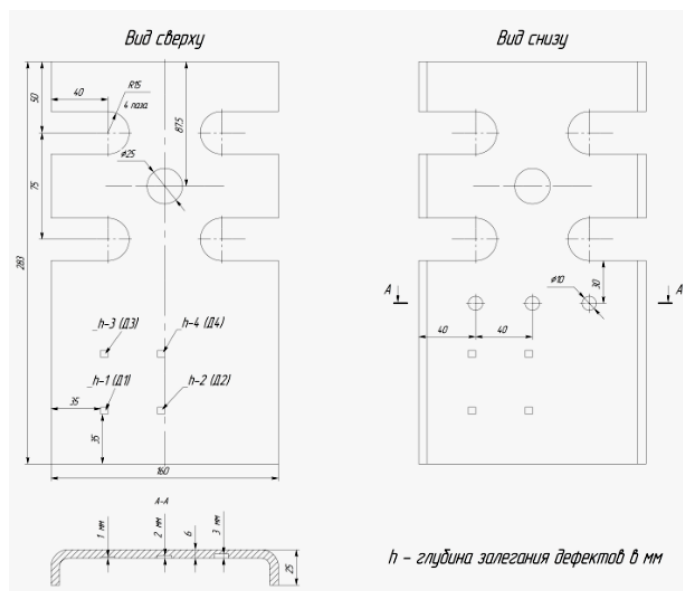


Рисунок 1 – Чертеж объекта контроля

На рисунке 2 представлена схема установки комбинированного метода контроля, используемая в эксперименте.

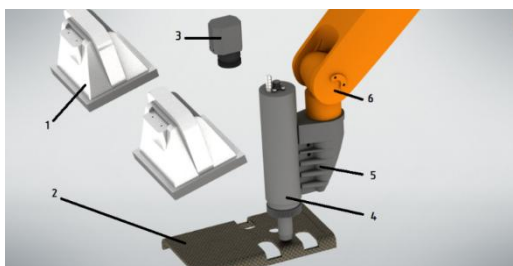


Рисунок 2 – Установка комбинированного контроля:

1 – Галогеновые лампы, источник теплового излучения; 2 – Контролируемое изделие; 3 – Тепловизионный модуль Optris PI450; 4 – Магнитострикционный преобразователь; 5 – Кронштейн; 6 – Роботизированный манипулятор Kuka KR1100

Использование роботизированного манипулятора позволило обеспечить надежный контакт магнитострикционного преобразователя с контролируемой поверхностью во всех точках ввода ультразвуковых колебаний, а также проводить контроль в автоматизированном режиме: роботизированный манипулятор перемещался по запрограммированному оператором треку.

Для контроля образца была проведена ультразвуковая стимуляция 3-х точек, расположение которых было определено эмпирически. Длительность ультразвуковой стимуляции каждой отдельной точки составляла 5 с при мощности на магнитострикторе 300 Вт.

Галогенная лампа мощностью 1 кВт была установлена на штативе, на расстоянии 400 мм от контролируемой поверхности. Длительность тепловой стимуляции с помощью галогенной лампы составляла 10 с.

Температуру контролируемой поверхности регистрировали с помощью тепловизионного модуля Optris PI450. Запись инфракрасных термограмм каждого проводили с частотой 9 Гц в течение 90 с. Причем, при ультразвуковой стимуляции каждой отдельной точки, а также при оптическом нагреве, записывали отдельную последовательность термограмм. Результаты испытаний приведены на рисунке 3.

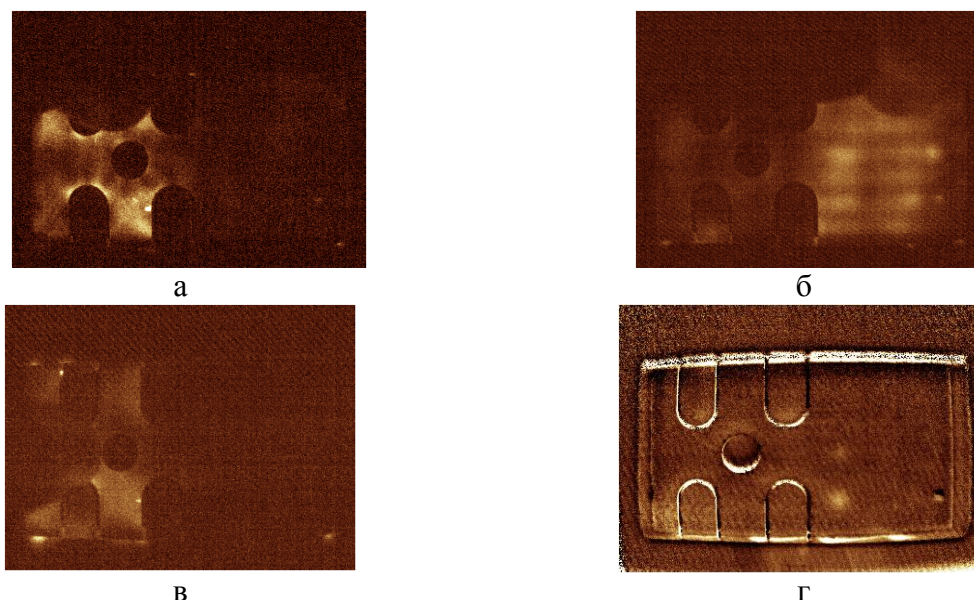


Рисунок 3 – Термограммы образца

а) у.з. стимуляция. Точка №1; б) у.з. стимуляция. Точка №2; в) у.з. стимуляция. Точка №3; г) оптический нагрев (после вычитания фона и деления на максимальный кадр)

Результаты теплового контроля.

Ультразвуковая стимуляция различных точек контролируемого изделия позволила выявить скрытые дефекты, расположенные в каждой конкретной области (см. рисунок 3а,б,в). Например, при стимуляции точки №1 были выявлены микрорастрескивания по краям пропилов, а при стимуляции точки №2 были выявлены тефлоновые вставки – дефекты Д1, Д2 и Д4. При стимуляции точки №3 была выявлена трещина, которая была перекрыта магнитоотрицательным преобразователем при стимуляции точки №1. Оптический нагрев позволил выявить плоскодонные дефекты (глухие отверстия) №2 и №3 (см. рисунок 3 г).

Полученные результаты могут быть использованы для синтеза результирующей последовательности инфракрасных термограмм.

Работа выполнена на базе Научно-производственной лаборатории «Тепловой контроль» Томского Политехнического Университета.

Литература

1. Вавилов В.П. Инфракрасная термография и неразрушающий контроль. М.: Спектр, 2013, 547 с.
2. Vavilov V.P. Thermal nondestructive testing of materials and products: a review // Russian Journal of Nondestructive Testing. 2017. Vol. 53. Issue 10. P. 707–730.
3. Maldague X. Theory and practice of infrared technology for nondestructive testing, Wiley, 2001 ISBN: 978-0-471-18190-3.
4. Чулков А.О., Московченко А.И., Вавилов В.П. Активный тепловой контроль изделий из углепластика сложной формы с использованием различных способов тепловой стимуляции // Контроль. Диагностика. -2018. - №12. - С. 20-28.

2 МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

УДК 625.717:551.321.7

ОПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТВЕРДОМЕРА ДЛЯ УПЛОТНЕННОГО СНЕГА НА ПАРАФИНОВОЙ ПРОБЕ

В.А. ГАНЖА, А.В. ГАНЖА, Е.Н. КАРЕЛИН

Оперативный полевой контроль прочности (несущей способности) уплотненного снежно-ледяного покрова (СЛП) автомобильных дорог и грунтовых аэродромов проводится с установленной периодичностью для получения более полной измерительной информации, характеризующей основные физико-механические свойства этой природной среды. Наличие такой информации позволяет организациям, эксплуатирующим указанные техногенные объекты под слоем СЛП рационально планировать мероприятия по поддержанию покрытий в пригодном для эксплуатации состоянии.

Современное состояние вопроса. В Сибирском федеральном университете, как альтернатива твердомеру НИАС [1] разработан и изготовлен твердомер – пенетрационный прибор динамического действия с индентором конической формы [2]. Обоснование геометрических параметров индентора приведено в работе [3].

Цель работы: провести в летнее время определительные и доводочные испытания нового прибора – твердомера, предназначенного для испытаний уплотненного снежного покрова грунтовых дорог и аэродромов.

Основные результаты испытаний.

Сборка опытного образца твердомера была завершена в теплое время года. Поэтому, во избежание непроизводительных потерь времени зимой на настройку прибора, его определительные испытания, разработку и отработку основных приемов применения этого средства измерения по назначению, эти мероприятия были выполнены летом на так называемой парафиновой пробе, т.е. с использованием в качестве испытуемой среды – технического парафина марки Т-2. Основные физико-химические показатели парафина Т-2 представлены в таблице 1.

Технический парафин ни в коем случае не рассматривался авторами как искусственная среда, качественно эквивалентная уплотненному снегу или прочным снежно-ледяным отложениям, в силу существенного различия физико-механических свойств (ФМС) этих сред, их структурных особенностей, различий во внешних условиях, при которых осуществляется взаимодействие индентора прибора с исследуемыми средами и прочих факторов.

Однако ФМС парафина (плотность, прочность, пластичность, отсутствие абразивных включений) позволили многократно погружать в эту среду конический индентор твердомера без повреждения его материала и без искажения его правильной геометрической формы.

Таблица 1 – Основные физико-химические показатели парафина Т-2

Наименование показателей	Значения в соответствии с требованиями ГОСТ 23686-89	Фактические значения для продукта производства ЗАО «Химреактивснаб», г. Уфа, использовавшегося в работе
Температура плавления, °С	52,0-56,0	54,0
Массовая доля масла, %, не более	2,3	0,98
Плотность при 15 °С, г/см ³	0,88 – 0,915	0,88 – 0,915
Размеры плиты в состоянии поставки (в×ш×д), мм	-----	40×230×1000
Содержание механических примесей, водорастворимых кислот и щелочей	отсутствие	отсутствие

Погружение конического индентора в исследуемый материал осуществлялось следующим образом. Парафиновая плита в состоянии поставки укладывалась на жесткое ровное основание, например участок асфальтобетонного дорожного покрытия. Поверхности больших параллельных граней парафиновых плит были достаточно ровными и не требовали дополнительной обработки.

Твердомер, предварительно настроенный на ноль, основанием 2 (рисунок 2) [2] устанавливался на верхнюю грань парафиновой плиты. Производилась корректировка вертикального положения корпуса прибора. После этого падающие элементы прибора: стержень 6, конический индентор 7, сменный груз 8, гайка 20 оператором вручную, захватом за указатель 19 со стрелкой перемещались по продольному пазу 17 в крайнее верхнее положение – на 0,4 м.

Из этого положения стержень отпускался. При этом падающие элементы твердомера под действием собственной тяжести двигались вниз, обеспечивая внедрение индентора конической поверхностью в исследуемое покрытие. Величина глубины h внедрения конического индентора считывалась со шкалы мерной линейки по делениям напротив стрелки указателя (рисунок 1). В реальных условиях эксплуатации прибора применительно к уплотненному снежному (снежно – ледяному покрову) получаемые таким образом значения h (м) используются для расчета значений показателя σ (кПа) прочности (несущей способности) исследуемого материала в соответствии с формулой [2].

В результате каждого такого погружения, на парафиновом образце образовывались четкие глубокие отпечатки, высокое качество которых обеспечивало возможность их визуального и измерительного контроля (рисунок 2).



Рисунок 1 – Определение глубины погружения конического индентора по шкале мерной линейки твердомера при испытаниях на парафиновой пробе



Рисунок 2 – Отпечатки, оставленные коническим индентором твердомера на парафиновом образце

Равномерное (по диаметру отпечатка) уплотнение материала, является результатом его реакции на внедрение в него конического наконечника и воздействия нормальных напряжений σ_l , равномерно распределенных по поверхности заглавленной части конуса [4].

Так как величина этих напряжений в два раза превышает значения напряжений σ_z , создаваемых силой P , приложенной к основанию конуса, часть испытуемого материала, преодолевая сопротивление силы трения стали о парафин и силы внутреннего трения материала, продвигаясь по поверхности заглавленной части конуса вверх вытесняется из забоя на дневную поверхность. При этом образуется группа призм, примерно равного размера и с примерно равным шагом, распределенных по периферии отпечатка и возвышающихся над верхней плоскостью парафиновой плиты (рисунок 2). Материал, утративший изначальную целостность в результате воздействия механических напряжений, отреагировал на внешнее воздействие и изменением цвета: от темно-бежевого, до белого, обозначив тем самым размеры его уплотненной зоны (зоны действия напряжений σ_l).

Результаты определительных испытаний твердомера на парафиновой пробе свидетельствуют о том, что посредством использования данного прибора обеспечивается получение стабильных значений величины h внедрения конического индентора в испытуемый материал. Существенных конструктивных доработок прибора не потребовалось.

Заключение. Использование технического парафина в качестве испытуемой среды позволило в летний период года провести определительные и доводочные испытания нового прибора – твердомера, разработать метод контроля с его использованием, прочности (несущей способности) уплотненного снежного покрова грунтовых аэродромов и автодорог, полностью подготовить твердомер к его натурным испытаниям зимой.

Литература. 1. Руководство по эксплуатации гражданских аэродромов Российской Федерации (РЭГА РФ-94). М.; Воздушный транспорт, 1995. 232с. **2.** Ганжа В.А. Полевой контроль качества аэродромных покрытий при их зимнем содержании под слоем уплотненного снега / В.А. Ганжа [и др.] // Измерение, контроль, информатизация: материалы XVI международной научно-технической конференции. Том 1, г. Барнаул, 12 мая 2015 г. – Барнаул: АлтГТУ, 2015. С. 115-119. **3.** Ганжа В.А. Обоснование выбора величины угла при вершине конического индентора пенетрационного прибора – твердомера / В.А. Ганжа [и др.] // Измерение, контроль, информатизация: материалы XIX международной научно-технической конференции Т. 1 / под ред. Л.И. Сучковой. – г. Барнаул, 28 мая 2018 г. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2018. С. 70-73. **4.** Ганжа, В.А. Система методов измерительного контроля силовых параметров снегоочистительного оборудования с дисковым инструментом : автореф. дис. д-ра техн. наук : 05.11.13 / В.А. Ганжа ; Сибирский федер. ун-т. – Красноярск, 2019. – 44 с.

Реквизиты для справок. Россия, 660074, Красноярск, пр. Свободный 82 стр.6, Институт нефти и газа сибирского федерального университета, кафедра топливообеспечение и горюче-смазочные материалы, д.т.н., доцент **Ганжа В.А.** E-mail: vladimirganzha@yandex.ru.

УДК 531.715

СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ БЕСКОНТАКТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОБЪЕКТОВ КОНТРОЛЯ

И.П. МИРОШНИЧЕНКО

В настоящее время одним из важнейших направлений совершенствования инструментальной базы стационарных и мобильных диагностических комплексов является разработка бесконтактных средств измерений пространственных перемещений поверхностей объектов контроля для регистрации информации о техническом состоянии рассматриваемых машин и оборудования, например, при использовании акустических методов неразрушающего контроля.

В работах [1-5] описаны бесконтактные средства измерений перемещений поверхностей объектов контроля, построенные на базе двухходового лазерного интерферометра с совмещен-

ными ветвями. Они основаны на использовании современных лазерных технологий и новых методов оптической интерферометрии. Устройства [1-5] научно обоснованы в процессе проведения расчетно-экспериментальных исследований, результаты которых предложены в [6-13], апробированы и использованы при решении актуальных научных и производственных задач (см. [14]).

Настоящая статья посвящена разработке и обоснованию перспективных способа и устройства для бесконтактных измерений пространственных перемещений поверхностей объектов контроля, основанных на методе подсвечивания поверхности объекта контроля лазерным излучением, путем исследования, реализующего способ нового оптического интерференционного устройства для измерения перемещений поверхностей объектов контроля, позволяющего расширить функциональные возможности технических решений [1-5] за счет изменения диапазона измеряемых значений перемещений в процессе проведения измерений.

Сущность отмеченных способа и устройства поясняется схемой (см. рис. 1) и заключается в том, что излучением лазера 1 при помощи оптической системы 2 подсвечивается поверхность объекта контроля 3, которая является точечным источником отраженного излучения. Данное излучение попадает на интерферометр, содержащий светоделитель 4 и отражатель 5, жестко зафиксированные друг относительно друга. Источник излучения 1, интерферометр, и фотоприемное устройство 6 установлены неподвижно на одном основании.

Перемещение поверхности объекта контроля 3 в пространстве определяется по изменению параметров интерференционного поля, формируемого в зоне Френеля и регистрируемого фотоприемным устройством 6.

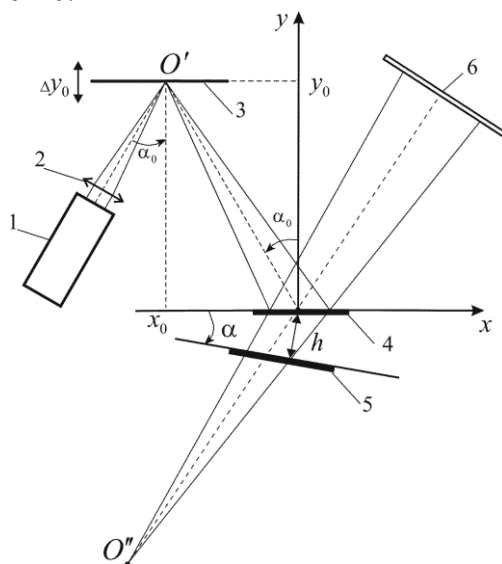


Рисунок 1 - Схема устройства, реализующего способ

Теоретическое обоснование способа и устройства подробно рассмотрено в работах [15-17], где отмечена особенность, которую необходимо учитывать при реализации. Она заключается в том, что чувствительность способа и устройства зависит от кривизны волнового фронта излучения, отраженного от поверхности объекта контроля 3, и обратно пропорциональна величине расстояния от поверхности объекта контроля 3 до светоделителя 4 интерферометра.

Устройство, реализующее данный способ, защищено патентом Российской Федерации на изобретение [18].

Для обоснования функциональных характеристик предлагаемых способа и устройства были проведены экспериментальные исследования, в процессе которых производилось измерение пространственных перемещений поверхности объекта контроля.

Методика проведения данных исследований заключалась в пошаговом задании пространственных перемещений отражателя 3 в направлении светоделителя 4 интерферометра,

при этом регистрация сигнала фотоприемного устройства б осуществлялась на каждом шаге перемещения.

Результаты проведенных исследований хорошо согласуются с результатами, полученными при численном моделировании и соответствуют физическим представлениям интерференционных процессов, происходящих при измерениях, когда используется излучение со сферическим фронтом.

Выводы.

Разработаны оптические интерференционные способ и устройство для измерения перемещений поверхностей объектов контроля, позволяющие расширить функциональные возможности известных технических решений за счет обеспечения возможности изменения диапазона измеряемых значения перемещений в процессе проведения измерений.

Проведено экспериментальное исследование предлагаемых способа и устройства, результаты которого подтвердили их основные функциональные характеристики при различных параметрах и геометрических характеристиках оптической схемы.

При исследовании получена зависимость чувствительности предлагаемого устройства, которая позволяет однозначно связать перемещение поверхности объекта контроля в заданном диапазоне с изменениями интерференционной картины.

Описанные результаты могут быть применены в процессе высокоточных измерений пространственных перемещений поверхностей объектов контроля при проведении экспериментальных исследований и диагностике состояния перспективных конструкций, зданий, сооружений в машиностроении, авиастроении, судостроении и т.п.

Работа поддержана РФФИ (грант № 19-08-00365).

Литература. 1. Патент 2373492 РФ. Оптическое устройство для измерения перемещений / И.П. Мирошниченко, И.А. Паринов, Е.В. Рожков, А.Г. Серкин, 2009. 2. Патент 2388994 РФ. Способ измерения линейных и угловых перемещений / И.П. Мирошниченко, А.Г. Серкин, В.П. Сизов, 2010. 3. Патент 2407988 РФ. Оптическое устройство для измерения перемещений / И.П. Мирошниченко, И.А. Паринов, Е.В. Рожков, А.Г. Серкин, 2010. 4. Патент 2410642 РФ. Интерференционный измеритель малых перемещений / И.П. Мирошниченко, В.А. Нестеров, А.Г. Серкин, В.П. Сизов, В.А. Шевцов, 2011. 5. Патент 2606245 РФ. Способ измерения линейной и угловых составляющих малых перемещений поверхностей объектов контроля / И.П. Мирошниченко, И.А. Паринов, В.П. Сизов, 2017. 6. Miroshnichenko I P, Parinov I A, Rozhkov E V, Serkin A G, Sizov V P 2012 Novel Test Means and Techniques Based on Optical Interferometry and Acoustic Emission to Study Displacements of Object Surfaces and Damage of High-Temperature Superconductive Tapes and Related Composites Piezoelectrics and Related Materials: Investigations and Applications (New York: Nova Science Publishers) 239-282. 7. Miroshnichenko I P, Parinov I A, Rozhkov E V, Sizov V P, Shevtsov V A 2013 Novel Optical Means for Measurement of Displacements of Surfaces of the Control Objects at Diagnostics of Materials and Goods Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications (New York: Nova Science Publishers) 145-154. 8. Miroshnichenko I P, Parinov I A, Rozhkov E V, Chang S-H 2016 Mathematical Models, Program Software, Technical and Technological Solutions for Measurement of Displacements of the Control Object Surfaces by Laser Interferometer Advanced Materials Manufacturing, Physics, Mechanics and Applications. Springer Proceedings in Physics **175** (Springer Cham: Heidelberg New York Dordrecht London) 341-356. 9. Miroshnichenko I P, Parinov I A, Wu J-K, Hong W-L, Yeh M-Y 2017 Novel Optical Interference Means to Measure Small Linear and Angular Displacements of Control Object Surfaces *Advanced Materials - Techniques, Physics, Mechanics and Applications*. Springer Proceedings in Physics **193** (Springer Cham: Heidelberg New York Dordrecht London) 591-605. 10. Miroshnichenko I P, Parinov I A 2017 Scientific Ground of a New Optical Device for Contactless Measurement of the Small Spatial Displacements of Control Object Surfaces IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 209. 11. Miroshnichenko I P, Parinov I A 2018 On Increasing Quality of Measurement Results at Testing State of Construction Materials Advances in Structural Integrity. Proceedings of SICE 2016 (Springer Nature Singapore) 663-671. 12. Miroshnichenko I P, Parinov I A 2018 Development of a Optical Measuring Set-Up IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 374. 13.

Miroshnichenko I P, Parinov I A, Chang S-H, Wang H-Y 2018 Determination of the electromagnetic field on the surface of the beam splitter of laser interferometer by measuring the displacements of control object surfaces Applied Sciences 8(11) 2137. **14.** Мирошниченко, И.П. Усовершенствованная экспериментальная установка для исследования процессов дефектообразования в образцах конструкционных материалов / И.П. Мирошниченко, А.Г. Серкин // *Металлург.*- 2010.- № 3.- С. 68-69. **15.** Мирошниченко, И.П. Методы измерения смещений поверхности объектов контроля лазерными интерферометрами / В.Е. Алехин, И.П. Мирошниченко, В.П. Сизов // *Дефектоскопия.*- 2007.- № 2.- С. 53-61. **16.** Мирошниченко, И.П. Экспериментальное исследование особенностей метода подсвечивания поверхности объекта контроля для измерения смещений лазерными интерферометрами / В.Е. Алехин, И.П. Мирошниченко, В.А. Нестеров, В.П. Сизов // *Дефектоскопия.*- 2007.- № 9.- С. 37-43. **17.** Мирошниченко, И.П. Экспериментальное обоснование интерференционного метода измерения перемещений на основе подсвечивания поверхности объекта контроля / В.Е. Алехин, И.П. Мирошниченко, А.Г. Серкин // *Измерительная техника.*- 2008.- № 10.- С. 26-30. **18.** Патент 2343402 РФ. Оптическое устройство для измерения перемещений поверхностей объектов контроля / В.Е. Алехин, И.П. Мирошниченко, А.Г. Серкин, В.П. Сизов, 2009.

Реквизиты для справок: *Россия, 344000, Ростов-на-Дону, площадь Гагарина, 1, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», заведующему кафедрой «Основы конструирования машин» Мирошниченко И.П., тел. 8-909-403-64-32, E-mail: ipmir@rambler.ru.*

УДК 621.317.3:629.95

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА КОНСТРУКЦИЙ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

В.А. ГАНЖА, Е.Н. КАРЕЛИН, А.В. ГАНЖА

Концепция отдельного направления в науке и технике, сформированного проф. В.И. Баловневым, предполагает возможность повышения эффективности рабочих органов дорожных машин и их адаптации к работе в различных условиях за счет группового оснащения одиночным режущим инструментом, размещаемым по схемам, обеспечивающим разрушение прочной среды с минимальной энергоемкостью процесса при высокой производительности.

Современное состояние вопроса. Одиночный режущий инструмент, которым преимущественно оснащаются рабочие органы машин, взаимодействующих с различными средами при их механическом разрушении, это зубья, резцы, дисковый инструмент различной геометрической формы.

На стадии проектирования высокоэффективного оборудования, необходимо установить закономерности изменения его силовых и энергетических параметров в зависимости от размеров и формы одиночного инструмента, величины угла его заострения, радиуса закругления рабочих кромок, скорости резания, изменяющихся глубины и ширины резания, физико-механических свойств разрушаемой среды и т.д.

Для решения данной задачи целесообразным, с позиции минимизации материальных и трудовых затрат, является проведение экспериментальных лабораторных исследований.

В качестве силоизмерительных устройств в составе лабораторного оборудования исследователями широко используются тензометрические элементы – измерительные преобразователи, в основе функционирования которых лежит электротензометрический метод измерения сил, реализуемый посредством использования металлических тензочувствительных элементов (тензорезисторов).

Одним из способов повышения эффективности оборудования дорожных машин, может являться его групповое оснащение дисковым режущим инструментом с заостренным непре-

рывным односторонним клиновым ободом [1]. Для реализации исследований процессов взаимодействия такого инструмента с разрушаемой средой авторами был разработан и изготовлен в металле лабораторный стенд в соответствии с документом [2]. Для выполнения измерительных операций на стенде его необходимо дооснастить тензометрическим элементом, который предстояло разработать и изготовить. Для оценки известного опыта разработки, создания и практического использования тензометрических силоизмерительных устройств, следовало произвести анализ литературно-патентных источников.

Цель работы. Обоснование в результате анализа литературно-патентных источников в области тензометрии, геометрической формы и размеров тензометрического элемента, выбора материала для его изготовления, предварительного выбора участков поверхности упругого элемента для размещения блоков тензорезисторов.

Основные результаты аналитической работы авторов. В результате анализа литературно-патентных источников в области тензометрии отобраны наиболее значимые технические решения, опыт разработки и использования которых мог бы быть учтен при создании измерительного преобразователя (тензометрического элемента) в рамках решения задач данной работы [3-6].

Наиболее значимым техническим решением из отобранных является тензометрическая головка, представленная Л.К. Соколовым в работе [6]. Конструкцией этого устройства обеспечивается измерение значений контролируемой силы одновременно по трем ее составляющим: горизонтальной, вертикальной и боковой. Это позволяет получать наиболее полную измерительную информацию, характеризующую силовые параметры испытуемого инструмента, а также и объективную информацию о характере процесса взаимодействия инструмента с разрушаемой средой.

С учетом результатов анализа литературно-патентных источников авторами разработана конструкция тензометрического элемента, концептуальное изображение которого представлено на рисунке 1. Тензометрический элемент включает стальную прямоугольную несущую плиту 1, на нижней стороне которой жестко закреплена тензометрическая балка 2 цилиндрической формы, выполненная в виде стакана с утолщенным дном 3. Геометрические оси несущей плиты 1 и тензометрической балки 2 взаимно перпендикулярны. В теле несущей плиты 1 выполнены два горизонтальных сквозных отверстия диаметром 12 мм для крепления тензометрического элемента на лабораторном стенде, а в теле утолщенного дна тензобалки – четыре резьбовых отверстия с резьбой М12 для установки кронштейнов, несущих полноразмерный испытуемый режущий инструмент.

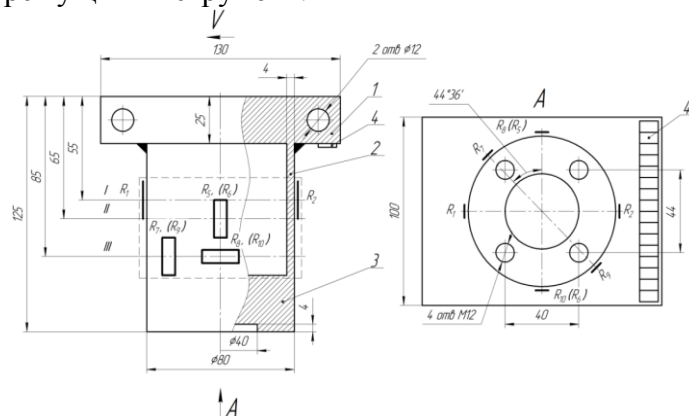


Рисунок 1 – Технический (концептуальный) чертеж тензометрического элемента с установленными тензорезисторами: 1 – несущая плита; 2 – тензометрическая балка; 3 – утолщенное дно тензометрической балки; 4 – клеммная колодка; $R_1, R_2, R_5 - R_7, R_9$ – тензорезисторы; R_8, R_{10} – терморезисторы (позисторы); I, II, III - условные сечения, на уровне которых надлежит размещать тензорезисторы измерительных блоков, соответственно горизонтальной, боковой и вертикальной составляющих измеряемой силы. В скобках указаны обозначения тензорезисторов на невидимой стороне тензоэлемента а также и непоказанных на виде А. Пунктиром условно показан защитный кожух

В качестве материала для изготовления тензометрического элемента в соответствии с рекомендациями работы [7] следует использовать прокат стали 50ХФА по ГОСТ 14959-79. Данный материал обладает соответствующими для подобного рода устройств упругими и прочностными свойствами, минимальным гистерезисом.

Основные размеры тензобалки 2: диаметр – 80 мм, высота – 100 мм, толщина стенки – 4 мм назначены с учетом опыта практической реализации электротензометрического метода измерения силы сопротивления мерзлых грунтов разрушению зубьями землеройных машин, освещенного в работе [6].

Геометрическая форма упругого элемента должна быть такой, чтобы на нем имелись поверхности, деформируемые с разными знаками, а размеры сечения позволяли вызывать значительные деформации для получения достаточно мощных сигналов на выходе мостовых схем при допустимом гистерезисе. Этим требованиям в полной мере соответствуют стержневые упругие элементы цилиндрической формы. Применением в качестве упругого элемента полого цилиндра обеспечивается повышение относительной чувствительности тензометрического элемента и существенное уменьшение погрешности, вызываемой влиянием изгибающего момента.

Заключение. На основании результатов анализа литературно-патентных источников в области тензометрии определены геометрическая форма и предварительные размеры тензометрического элемента, выбор материала для его изготовления, предварительный выбор участков поверхности упругого элемента для размещения блоков тензорезисторов, сформирован перечень условий и допущений в рамках подготовки разрабатываемого изделия к анализу его напряженно-деформированного состояния средствами САПР.

Литература. 1. Ганжа, В. А. Разрушение снежно-ледяных образований механическим способом : монография / В. А. Ганжа, В.И. Верещагин. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, изд. второе, испр. и доп., 2018. – 202 с. 2. Пат. 2429459 Российская Федерация, МПК G01M 13/00. Стенд для испытания рабочих органов землеройных машин / В. А. Ганжа, Р. Б. Желукевич, Ю. Н. Безбородов; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет». – №2010116560/28; заявл. 26.04.2010; опубл. 20.09.2011, Бюл. № 26. 3. Руденко, Н.Е. Тензометрическое приспособление для динамометрирования навесных сельхозмашин / Н.Е. Руденко [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – №1. – С. 23 – 24. 4. Шабанов, М.Л. Изучение силовых параметров рабочих органов почвообрабатывающих орудий с использованием тензометрических установок / М.Л. Шабанов [и др.] // Молодой ученый. – 2014. – №6. – С. 271 – 274. 5. Пат. 2661443 Российская Федерация, МПК G01N 3/58. Способ и устройство для измерения усилий элементарного резания / Ю.В. Чернов [и др.]; заявитель и патентообладатель Ю.В. Чернов. – № 2016129574; заявл. 24.01.2018; опубл. 16.07.2018, Бюл. № 20. 6. Соколов, Л. К. Исследование процесса резания мерзлого грунта с целью обоснования и выбора рациональных параметров рабочих органов траншейных экскаваторов : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.05.04 / Л. К. Соколов ; ВНИИстройдормаш. – М., 1976. –22 с. 7. Мехеда В.А. Тензометрический метод измерения деформаций: учеб. пособие / В.А. Мехеда. – Самара: Изд-в Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2011. – 56 с.

Реквизиты для справок. Россия, 660074, Красноярск, пр. Свободный 82 стр. 6, Институт нефти и газа сибирского федерального университета, кафедра топливообеспечение и горюче-смазочные материалы, д.т.н., доцент **Ганжа В.А.** E-mail: vladimirganzha@yandex.ru.

УДК 681.7.013.82

ОЦЕНКА РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВИДЕОКАМЕР СМАРТФОНОВ

С.П. ПРОНИН, А.С. БЕДИН, Д.В. МАКЕЕВ, О.А. ШЕЛУДЧЕНКО

В настоящее время в мире уделяют большое внимание применению смартфонов в различных областях человеческой жизнедеятельности. Например, Американское управление продовольствия и медикаментов (FDA) уже рекомендовало как врачам, так и пациентам ис-

пользования мобильного приложения для ЭКГ [1]. Смартфоны применяют как оптико-электронные системы. В таком качестве их используют, например, в спектрометрах [2], микроскопах [3], для измерения трещин в бетонных конструкциях [4]. При анализе полученных изображений большое внимание уделяют выделению мелких деталей. Степень пространственной детализации определяют с помощью разрешающей способности. В статье [5] выполнено моделирование разрешающей способности видеокамеры и исследование разрешающей способности смартфона Samsung Galaxy A5. Для измерения разрешающей способности использовался тест-объект в виде черно-белых парных штрихов с различными пространственными частотами.

Цель работы – разработать структурную схему экспериментальной установки для измерения разрешающей способности, создать тест-объект с черно-белыми и цветными парными штрихами и выполнить оценку разрешающей способности видеокамер трех смартфонов.

Для экспериментальных исследований использовали следующие смартфоны: Honor8, Samsung Galaxy A50 и iPhone SE.

На рисунке 1 представлена структурная схема экспериментальной установки.

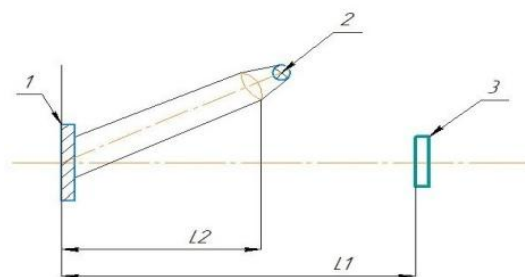


Рисунок 1 – Структурная схема экспериментальной установки:
1 – тест-объект; 2 – источник света; 3 – смартфон

Расстояние $L1$ от тест-объекта до видеокамеры смартфона составляло 4 м. В качестве источника света выбран фонарь Jazzway Alum3-L5W. Фонарь имеет возможность формировать параллельный пучок света. Расстояние от фонаря до тест-объекта составляло 3 м. Путем регулировки напряжения на фонаре в области тест-объекта получали освещенность 390лк.

В качестве тест-объекта использовали парные штрихи, организованные в пирамиды. Изображения штрихов тест-объекта приведены на рисунке 2.

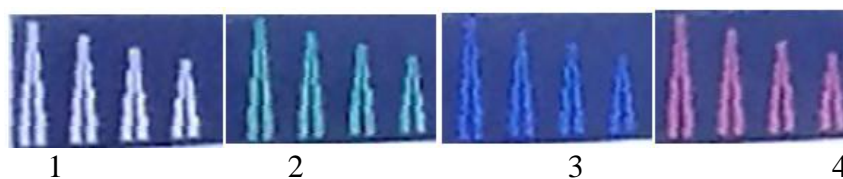


Рисунок 2 – Изображения черно-белых (1), зеленых (2) и красных (3) штрихов на черном фоне

Для оценки разрешающей способности применяли частотно-контрастную характеристику. Контраст K вычисляли по известной формуле [6]:

$$K = \frac{S_{max} - S_{min}}{S_{max} + S_{min}},$$

где S_{max} и S_{min} – максимальный и минимальный сигналы в изображении парных штрихов.

Пространственную частоту вычисляли по размерам штрихов у тест-объекта. Пространственная частота – это величина, обратная пространственному периоду. Период у штрихов – это расстояние от центра первого штриха до центра второго штриха. Практические измерения выполняли с помощью измерительной лупы с 10-кратным увеличением. Расстояние измеряли от левой границы первого штриха до левой границы второго штриха.

Сигналы в парных штрихах определяли с помощью программы Diagram. Интерфейсное окно пользователя показан на рисунке 3.

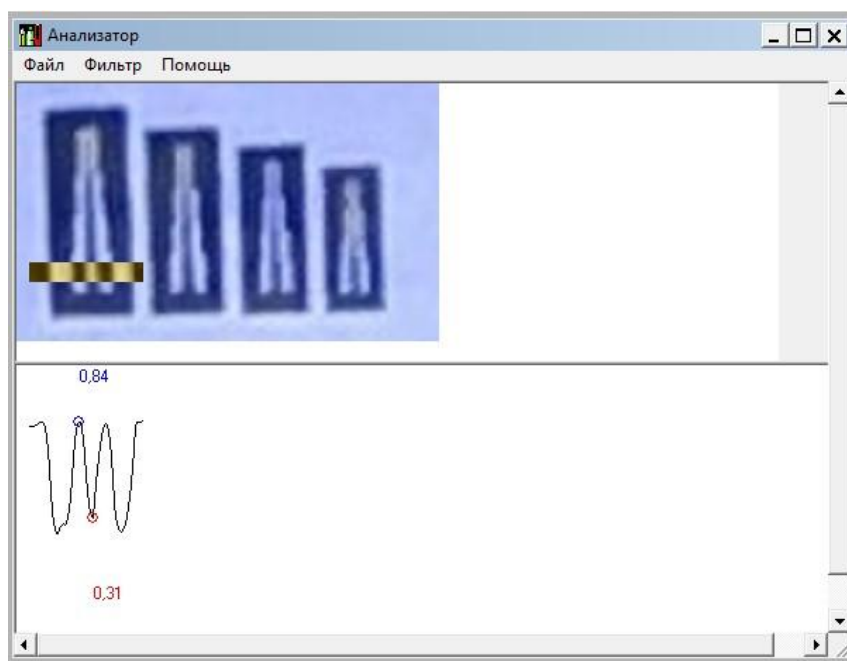


Рисунок 3 – Интерфейсное окно программы Diagram

Выделяя определенные области на диаграмме, получали информацию о сигналах S_{\max} и S_{\min} . Далее вычисляли контраст. На рисунке 4 приведены графики частотно-контрастных характеристик (ЧКХ) видеокамер трех смартфонов. С повышением пространственной частоты контраст падает в изображении штрихов. Визуально можно отметить, что отличительных особенностей не наблюдается. Следовательно, исследованные модели равнозначно воспроизводят изображения черно-белых штрихов. По этим ЧКХ определена разрешающая способность каждой модели. Результаты представлены в таблице.

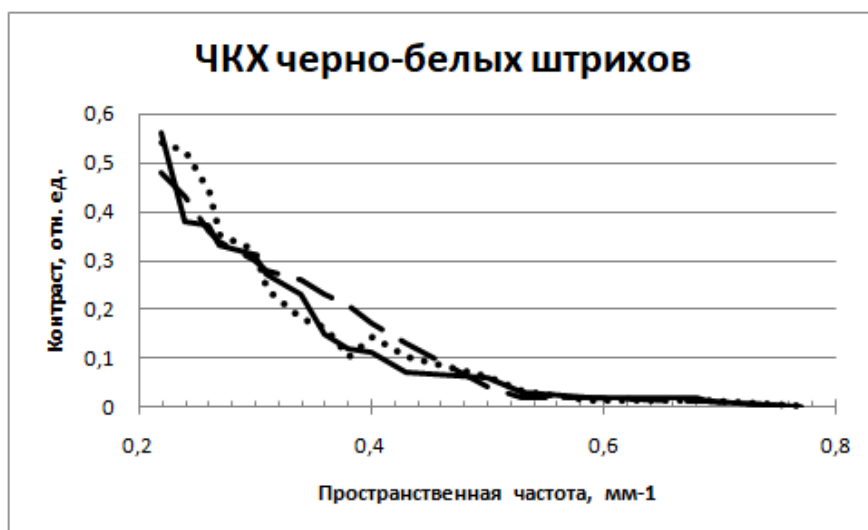


Рисунок 4 – ЧКХ видеокамер смартфонов: iPhone SE - сплошная линия; Honor8 – точечная линия; Samsung Galaxy A50 – штрих-пунктирная линия

Аналогичные измерения были выполнены в изображениях цветных штрихов. Контраст в изображениях цветных штрихов, во-первых, меньше, чем контраст в изображениях черно-белых штрихов на одних и тех же пространственных частотах. Во-вторых, контраст в изображениях штрихов отличается между моделям смартфонов.

На рисунке 5, для примера, представлена ЧКХ красных штрихов двух моделей смартфонов.



Рисунок 5 – ЧКХ видеокамер смартфонов: Honor8 – сплошная линия; Samsung Galaxy A50 – точечная линия

Таблица – Разрешающая способность видеокамер смартфонов

Штрихи тест-объекта	Honor 8X 2019	Samsung Galaxy A50	iPhone SE
Черно-белые	1,3 мм	1,3 мм	1,3 мм
Красные	1,7 мм	3,3 мм	--
Синие	1,7 мм	2,3 мм	--
Зеленые	1,7 мм	3,3 мм	--

Выводы.

Из таблицы экспериментальных данных следует, что разрешающая способность черно-белых штрихов одинакова у всех исследованных моделей смартфонов. Однако разрешение цветных штрихов у моделей разное. Так называемая «полка контраста» у испытуемого смартфона Honor 8X ровнее чем у Samsung Galaxy A50. Следовательно, качество цветных изображений у первого смартфона будет лучше чем у второго, т.к. разрешение по всем цветам приближено к одному значению, в то время как у второго смартфона разрешение по цветам значительно различается.

Литература.1. Тополь Э. Будущее медицины: Ваше здоровье в ваших руках / Эрик Тополь; Пер. с англ. — М.: Альпина нон-фикшн, 2016. — 491 с. **2.** Kong, L., Gan, Y., Liang, T., Zhong, L., Pan, Y., Kirsanov, D., Legin, A., Wan, H., Wang, P. A novel smartphone-based CD-spectrometer for high sensitive and cost-effective colorimetric detection of ascorbic acid (2020) *Analytica Chimica Acta*, 1093, pp. 150-159. **3.** Hong, X., Lu, T., Fruzyna, L., Yu, B. A Dual-modality Smartphone Microendoscope for Quantifying the Physiological and Morphological Properties of Epithelial Tissues (2019) *Scientific Reports*, 9 (1), article № 15713. **4.** Ratnam, M.M., Ooi, B.Y., Yen, K.S. Novel moiré-based crack monitoring system with smartphone interface and cloud processing (2019) *Structural Control and Health Monitoring*, 26 (10), article № e2420. **5.** Пронин С.П. Моделирование и исследование пространственной разрешающей способности видеокамеры смартфона // *Высокопроизводительные вычислительные системы и технологии.*—2019.—№2.—С.76 – 81. **6.** Теоретические основы оптико-электронных приборов. Учебное пособие для вузов. – Л.: «Машиностроение» (Ленингр.отд-ние), 1977.—600 с.

Реквизиты для справок: Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина 46, Алтайский государственный технический университет, доктору технических наук, профессору, Пронину С.П., тел. 8-913-085-96-65. E-mail: sppronin@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯЮЩИХ ФАКТОРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРОВОДА НА ЗНАЧЕНИЕ ЕГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ

А.К. ЧЕСНОКОВА, Г.В. ВАВИЛОВА

При производстве электрического провода необходимо контролировать его качество. Для качественного провода необходимо обеспечивать постоянство его геометрических и электрических параметров. Об отклонении этих параметров может свидетельствовать изменение погонной емкости, т.к. емкость зависит от формы провода, его геометрических параметров и электрических свойств материалов [1,2,3]. Поэтому одной из нормирующих величин для электрического провода является электрическая емкость (погонная емкость).

Технологический контроль емкости проводится на этапе формирования изоляции провода (на экструзионной линии) [4] специально для этого предназначенными приборами. В данной работе используется измеритель емкости CAP – 10 [1,5,6].

При технологическом контроле контролируемый провод непрерывно движется внутри электроемкостного измерительного преобразователя (ЭЕИП) [1], погруженного в воду охлаждающей ванны. Составной частью измерительного тракта является вода, поэтому необходимо учитывать ее параметры, оказывающие влияние на значение емкости, в частности, электропроводность [1,2,7].

На этапе разработки прибора в программе LabVIEW использовалась функция преобразования, работающая в достаточно широком диапазоне изменения емкости провода. Но для повышения точности необходимо провести «рабочую» настройку в условиях технологической линии для каждого провода в отдельности. Настройка проводится в условиях, имитирующих технологическую линию производства провода [4] при погружении в бак с водой ЭЕИП, внутри которого находится подготовленный образец провода (рисунок 1,а). Для исследования были выбраны 3 провода с разными действительными значениями емкости (165, 280 и 390 пФ/м), полученными по методу ГОСТ 27893-88 [2,3]. При проведении настройки используются необходимые параметры, отображаемые на лицевой панели прибора (см. рисунок 1,б).

Работа прибора CAP-10 основана на преобразовании значения тока I_x , протекающего в измерительном электроде, в значение электрической емкости контролируемого провода [1].

Из предыдущих исследований известно, что значение электропроводности воды оказывает влияние на ток генератора I_r , поэтому разумно использовать его для индикации изменения электропроводности воды [1].

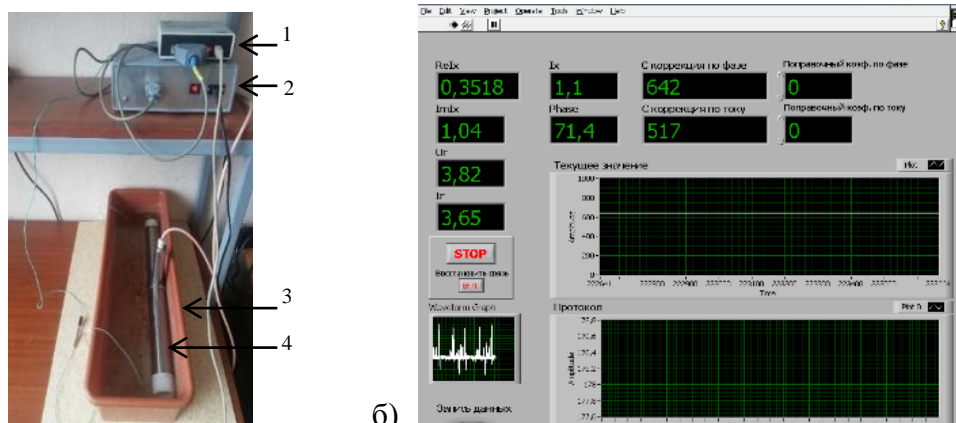


Рисунок 1 – Внешний вид измерителя емкости CAP-10 (а) и его лицевая панель, отображаемая на ПК (б):

1 – устройство сопряжения; 2 – блок аналогового преобразования; 3 – бак с водой; 4 – электроемкостной измерительный преобразователь (ЭЕИП)

Суть настройки прибора заключается в определении функции преобразования измеренного значения тока I_x в значение погонной емкости провода C с учетом влияния электропроводности воды [1]:

$$C_n = C(I_r) + k(I_r) \cdot I_x, \quad (1)$$

где $C(I_r)$ и $k(I_r)$ – постоянные составляющая и коэффициент пропорциональности, являющиеся функциями от влияния электропроводности воды.

Измерения емкости проводились при изменении электропроводности воды, которая реализовывалась путем изменения концентрации от 0 до 4 г/л поваренной соли NaCl.

При отсутствии настройки прибора полученные значения емкости не соответствуют действительным значениям емкости провода. Поэтому проводится дополнительный расчёт параметров функции преобразования на основе регрессионного анализа. Путем проведения регрессионного анализа были рассчитаны коэффициенты $C(I_r)$ и $k(I_r)$:

$$C = A_2 \cdot I_r^2 + A_1 \cdot I_r + A_0 = \text{const}, \quad (2)$$

$$k = B_2 \cdot I_r^2 + B_1 \cdot I_r + B_0$$

Далее проводится проверка корректности полученных коэффициентов, для функции (1) с учетом коэффициентов, рассчитанных по функции (2).

Результаты измерений, показанные на лицевой панели прибора, представлены в таблицах 1-4.

Известно, что при отсутствии настройки в условиях значительной солености воды погрешность измерения емкости достигает 20% [5,6]. Первичная настройка позволяет повысить точность до 5% [1], поэтому необходима корректировка коэффициентов на основе регрессионного анализа.

Таблица 1 – Результаты измерений при использовании водопроводной воды

Образец номер	ReI_x	ImI_x	U_r	I_r	I_x	Phase	Значение C , пФ/м
1	0,0398	0,732	3,84	0,439	0,733	86,9	280
2	0,0307	0,884	3,84	0,447	0,884	88	383
3	0,0427	0,568	3,84	0,437	0,565	85,7	165

Таблица 2 – Результаты измерений при использовании водопроводной воды с концентрацией NaCl 1 г/л

Образец номер	ReI_x	ImI_x	U_r	I_r	I_x	Phase	Значение C , пФ/м
1	0,0447	0,889	3,83	1,65	0,89	87,1	275
2	0,0551	0,736	3,83	1,66	0,739	85,7	392
3	0,0627	0,57	3,83	1,64	0,574	83,7	165

Таблица 3 – Результаты измерений при использовании водопроводной воды с концентрацией NaCl 3 г/л

Образец номер	ReI_x	ImI_x	U_r	I_r	I_x	Phase	Значение C , пФ/м
1	0,2818	0,764	3,82	3,95	0,815	69,8	284
2	0,2866	0,927	3,82	3,91	0,97	72,8	390
3	0,3030	0,598	3,82	3,93	0,671	63,1	168

Таблица 4 – Результаты измерений при использовании водопроводной воды с концентрацией NaCl 4 г/л

Образец номер	ReI_x	ImI_x	U_r	I_r	I_x	Phase	Значение C , пФ/м
1	0,3797	0,797	3,82	4,93	0,883	64,6	281
2	0,3730	0,957	3,82	4,96	1,03	68,7	391
3	0,4085	0,63	3,82	4,97	0,751	57	167

Результаты значений до настройки прибора и после «рабочей» настройки прибора представлены в таблице 5. Введение коэффициентов позволяет уменьшить погрешность измерения до 2%.

Таблица 5 – Результаты значений емкости

Действительные значения провода	Значение С, пФ/м							
	До настройки прибора				После «рабочей» настройки прибора			
	Без добавления соли	Концентрация соли			Без добавления соли	Концентрация соли		
		1 г/л	3 г/л	4 г/л		1 г/л	3 г/л	4 г/л
165	155	178	182	195	165	165	168	167
280	309	297	288	289	280	275	284	281
390	409	404	415	420	383	392	390	391

Выводы.

1) Выявлено, что значение электропроводности воды влияет на значение емкости провода.

2) На основе экспериментальных исследований были получены и скорректированы коэффициенты функции преобразования для настройки прибора САР-10, позволяющие повысить точность измерений до 2 % в узком диапазоне измерения емкости проводов и электропроводности воды.

Литература. 1. Чеснокова А. К., Вавилова Г. В., Белик М. Н. Повышение точности измерения емкости в условиях изменения электропроводности воды [Электронный ресурс] // Информационные технологии (ИТ) в контроле, управлении качеством и безопасности, сб. научных трудов VIII Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых "Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее", 7 - 12 октября 2019 г., г. Томск — Томск: Изд-во ТПУ, 2019. — С. 334-338. **2.** Вавилова Г.В. Разработка методов и средств контроля погонной емкости одножильного электрического провода в процессе производства: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. – Томск, 2016 – 140 с. **3.** ГОСТ 27893-88 (СТ СЭВ 1101–87). Кабели связи. Методы испытаний [Электронный ресурс]. – Введ. 1990.01.01. – Режим доступа: URL: <http://meganorm.ru/Index/11/11797.htm>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 15.09.2019). **4.** Производство кабелей: технология, оборудование, этапы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.yugtelekabel.ru/proizvodstvo-kabelej-texnologiya-oborudovanie-etapy.html>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 15.09.2019). **5.** Гольдштейн А.Е., Вавилова Г.В. Измеритель погонной емкости одножильного провода для технологического контроля// Ползуновский вестник. – 2015. – № 3. – С. 38-42. **6.** Вавилова Г.В., Гольдштейн А.Е. Прибор для технологического контроля погонной ёмкости электрического провода // Измерительная техника. – 2018. – № 3. – С. 46-50. **7.** Мазиков С.В., Вавилова Г.В. Свойства воды, влияющие на результат технологического контроля емкости провода// Сборник научных трудов конференции НАУКА. ТЕХНОЛОГИИ. ИННОВАЦИИ, г. Новосибирск, 05-09 декабря 2016 г.: в 9 частях. – 2016. – С. 33-35.

Реквизиты для справок: Россия, 634034, Томск, ул. Вершинина 33, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, студенту, Чесноковой А.К., тел. +7(923)407-46-78. E-mail: akc2@tpu.ru.

3 ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ КОМПЛЕКСЫ

УДК 681.78

НАСТРОЙКА ФОТОСЕПАРАТОРА ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕОСНАЩЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ

В.В. ЛЕРКЕ, В.В. НАДВОЦКАЯ

Техническое переоснащение технологической линии является средством повышения конкурентоспособности предприятия на рынке. В ранних работах выявлено, что на исследуемом предприятии использовалась система стандартной гидротермической обработки зерна гречихи. Путем структурно-параметрического анализа технологического процесса были выявлены узлы технологического процесса, которые следует заменить для повышения работоспособности предприятия. Основным устройством, которое подлежит замене в новой технологической линии, является фотосепаратор [1, 2].

Цель работы – настройка фотосепаратора для технического переоснащения технологической линии.

Фотоэлектронное сепарирование сыпучей продукции позволяет добиться разделения продукции по цвету с максимальной точностью, поэтому используются достаточно давно, несмотря на высокую стоимость устройств. В пищевой промышленности для определения качественно-количественных показателей сыпучих продуктов используются в составе сепараторов CCD-камеры с применением цветowych фильтров RGB или HSB. CCD-камера используется для определения вида, формы и размера сыпучих продуктов за счет контрастности изображений, что позволяет разделять бобовые, гречиху, пшеницу и пр. Применение цветowych фильтров RGB или HSB служит для разделения продукции разного качества за счет соотношения свойств и цвета продукции. Фотосепаратор SIA серии Pixel производителя CSort представляет собой систему одновременной обработки разного вида зернопродуктов при разрешающей способности до 0,13 мм. Для различных продуктов переработки возможно создание 600 программ в одном устройстве. Для каждого вида продукции необходима отдельная программа сортировки фотосепаратора [2].

Первым этапом настройки фотосепаратора является создание новой программы сортировки. Для этого следует зайти в программу сортировки (в соответствующий пункт меню) и сохранить новую программу. В операционной системе фотосепаратора также имеются шаблоны для разных видов продуктов. Далее проводится настройка новой созданной программы.

Освещение влияет на контрастность продукта и дефекты. Для настройки освещения в меню параметров сортировки имеются настройки на определенные сепарируемые культуры. В зависимости от вида крупы и засорителя освещение может быть разного света и тонов. В фотосепараторе имеются лампы (красного, зеленого и синего цветов соответственно) сочетание цветов которых дает нам разный цвет спектра.

В данном случае фотосепаратор будет сортировать гречиху от темных примесей, следовательно, выберем красное освещение, т.к. в красном освещении гречиха будет более светлая, чем засоритель. Сам засоритель будет более темного цвета, практически черного. При обнаружении темных пятен (засорителя) происходит подача сигнала на инжекторы, которые и производят сортировку путем "отстреливания" воздухом негодного продукта.

После настройки освещения осуществляется настройка чувствительности, устанавливаются параметры максимальной и минимальной чувствительности по цвету (темному либо светлому), максимальный и минимальный размеры пятна. Пятно – это размер дефекта в пикселях. Один пиксель равен 0,13 мм. Камеры имеют до трех диапазонов чувствительности, которые могут работать по темным оттенкам и по светлым, соответственно, следует выбирать либо темные, либо светлые примеси в зависимости от задач. Следовательно, можно настраивать до трех режимов с разной чувствительностью к засорителям. Например, убирать

более крупные либо более мелкие частицы, более насыщенные или менее насыщенные объекты.

Для каждой камеры фотосепаратора производим настройки освещения и чувствительности отдельно (рис. 1).

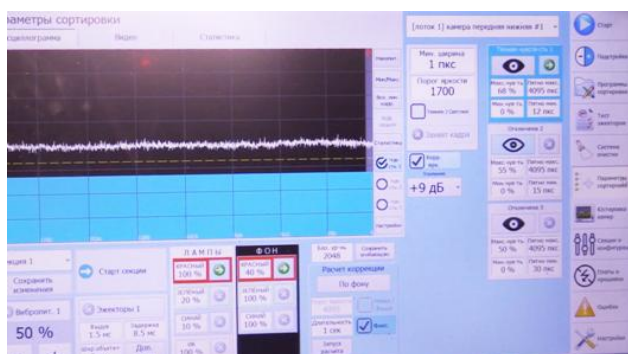


Рисунок 1 – Настройка освещения

Далее настраивается пневматика (меню инжекторов). В данном меню присутствуют такие настройки, как параметры выдува, ширины объекта, задержки и склеивания. Параметр склеивания отвечает за неполное закрытие инжектора. Режим неполного закрытия используется при сортировке более грязного продукта, потому что при большой засоренности инжекторы просто физически могут не успевать открываться. Параметр «Выдув» — это величина времени, на которую открывается инжектор. Выдув должен составить 1,5 мс. При определенном параметре склеивания инжектор будет закрываться не до конца, что даст ему время, чтобы открыться. Далее настраивается параметр «Задержка» — физическое время падения от зоны осмотра до зоны отстрела, он устанавливается на 8,5 мс при ширине объекта 8 пикселей.



Рисунок 2 – Дефективный продукт

Для визуализации изображения (возможности оператору видеть изображения камеры в момент сортировки) включается подача продукта и ставится на паузу. На рис. 2 представлен результат визуализации — дефективный продукт, помеченный красными точками. Серые области камера считает нормальным продуктом. Желтые области — это зона выдува. Визуализация изображения является крайне удобным инструментом при настройке системы на конкретный продукт.

При настройке освещения возникли некорректные срабатывания, которые удалось устранить с помощью визуализации работы камер на 15 дюймовом сенсорном экране управления. В настройке чувствительности основными проблемами было выставление параметров выдува и ширины объекта. Путем перебора были определены оптимальные параметры чувствительности, которые представлены в работе.

Заключение. В работе рассмотрены особенности настройки фотосепаратора для технического переоснащения технологической линии по переработке гречихи. Предложена новая программа под определенный вид перерабатываемой продукции и произведена настройка освещения, настройка чувствительности и настройка пневматики фотосепаратора. Внедрение новой техники в технологический процесс переработки позволит предприятию повысить выработку полезного продукта с 85% до 99%, увеличить объем перерабатываемой продукции до 15 т/сутки и получить более высокий сорт гречневой крупы.

Литература. 1. Надвоцкая В.В., Лерке В.В., Иващенко А.В. Разработка модели структурно-параметрической оптимизации технологического процесса переработки гречихи // Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова. - 2018. - С.151-153. **2.** Надвоцкая В.В., Лерке В.В. Анализ технических характеристик фотосепараторов для технического переоснащения технологической линии // Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, 2019. - 2020. - С.17-20.

Реквизиты для справок. Россия, 656038, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, Алтайский государственный технический университет им. Ползунова, кафедра информационных технологий, к.п.н., доцент **Надвоцкая В.В.** nadvotskaya7@mail.ru, тел. 29-09-13.

УДК 620.178.3

ЧАСТОТНЫЙ АНАЛИЗ ПЬЕЗОАКТЮАТОРНОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

А.И. КИРИЛЛОВ, Е.Ю. ШЕЛКОВНИКОВ, С.Р. КИЗНЕРЦЕВ

Моделирование различных электромеханических процессов с помощью современных пакетов схемотехнического моделирования является неотъемлемой частью построения реальных систем и устройств. Имитационное моделирование (в частности, в среде Micro-Cap) дает возможность проводить анализ электрических схем с параметрами, превышающими номинальные значения. Это позволяет экономить материальные и временные ресурсы на создание и отладку макетов. При этом применение метода аналогий расширяет диапазон исследуемых объектов. В частности, применение метода аналогий позволило сформировать электрическую модель силовой установки (СУ) информационно-измерительной системы (ИИС) из механической модели [1]. Разработанная ИИС на основе пьезоактюаторов (ПА) предназначена для изучения композитных пломбировочных материалов. На рисунке 1 приведена структурная схема исследуемой пьезоактюаторной ИИС [2].

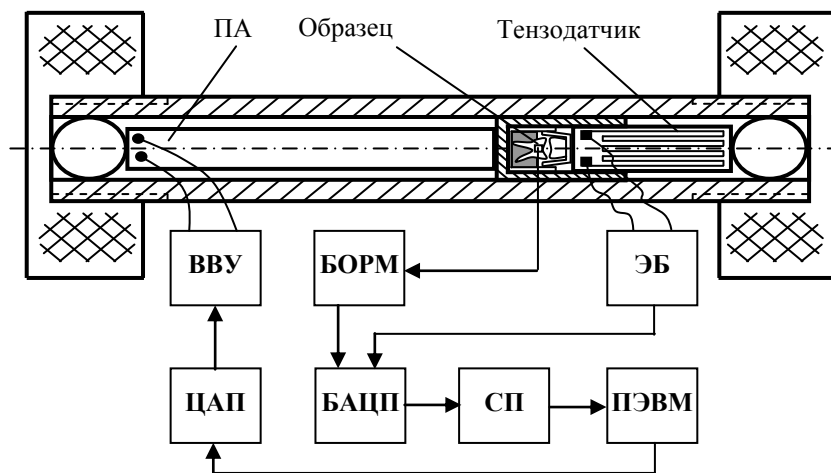


Рисунок 1 – Структурная схема пьезоактюаторной ИИС для изучения композитных материалов (где ЭБ – электронный блок; БОРМ – блок обнаружения начала разрушения пломбы; ВВУ – высоковольтный усилитель; БАПЧ – блок АЦП; СП – сигнальный процессор)

Для измерения деформаций образца используются тензодатчики (ТД). Необходимую по величине и форме нагрузку создает ПА. СУ состоит из металлического полого цилиндра, а также двух гаек с закрытым дном. Затяжкой гайк осуществляется регулировка начального усилия на образце. Шарики внутри гаек обеспечивают соосность внутренних элементов СУ.

Электромеханическая модель пьезоактюаторной ИИС приведена на рисунке 2. (где m_i – масса; C_i – гибкость i -ого элемента СУ), в таблице 1 представлено соответствие механических и электрических параметров модели.

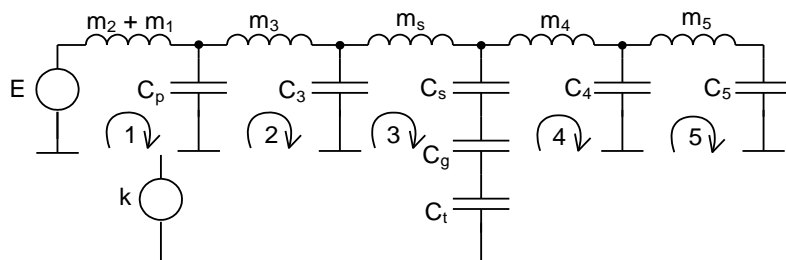


Рисунок 2 - Электрическая схема механической модели

Таблица 1 – Соответствие параметров для электромеханической модели

Механический параметр	Электрический параметр
Смещение, м	Заряд, Кл
Сила, Н	Напряжение, В
Масса, кг	Индуктивность, Гн
Гибкость, м/Н	Емкость, Ф
Колебательная скорость, м/с	Ток, А

Исследуемая электромеханическая модель состоит из индуктивностей L и емкостей C [3], т.е (как и любой LC-контур) имеет резонансы. Механический резонанс в СУ может привести к поломке ПА, а также к быстрому разрушению образца. В связи с этим, проведение частотного анализа электромеханической модели ИИС является актуальной задачей.

В качестве источника силы $p(t)$ в электрической схеме использован идеальный источник напряжения E . При этом C_p – общая гибкость двух ПА определяется по формуле (1) (при условии, что гибкости двух ПА одинаковые, а массы ПА складываются в обоих случаях):

$$C_p = \frac{A \cdot \Delta L_{\max}}{B \cdot F_{\text{блок}}}, \quad (1)$$

где ΔL_{\max} – максимальное удлинение ПА в режиме холостого хода; $F_{\text{блок}}$ – блокирующая сила ПА; A, B – коэффициенты (коэффициенты $A=2$ и $B=1$ – для последовательного включения ПА; $A=1$ и $B=2$ – для параллельного. Необходимо изучить оба случая при частотном анализе).

Элементы C_3, m_3 и C_4, m_4 обеспечивают соосность с образцом и передачу силы от ПА в реальной модели. Элемент C_5, m_5 является замыкающим (т.е. механически соединяет конец СУ с началом).

Источник напряжения E – зависимый от источника напряжения k , поэтому справедливо выражение:

$$p(t) = k(t) \cdot \frac{B \cdot F_{\text{блок}}}{B \cdot F_{\text{блок}} \cdot C_L + A \cdot \Delta L_{\max}} + p_{\text{нач}}, \quad (2)$$

где $p_{\text{нач}}$ – начальная постоянная нагрузка для выборки люфтов и зазоров; $k(t)$ – функция холостого перемещения ПА; C_L – гибкость образца и установки (источник k генерирует только положительный сигнал от 0 до ΔL_{\max} для параллельного включения ПА и до $2\Delta L_{\max}$ – для последовательного включения ПА [4]).

Для моделирования использованы следующие параметры [4]: $F_{\text{блок}} = 1500 \text{ Н}$; $\Delta L_{\text{макс}} = 40 \text{ мкм}$; $m_1 + m_2 = 20 \text{ мГн}$; $m_3 = 40 \text{ мГн}$; $m_4 = 150 \text{ мГн}$; $m_5 = 1850 \text{ мГн}$; $m_s = 2 \text{ мГн}$; $C_3 = 3 \text{ нм/Н}$; $C_4 = 12,5 \text{ нм/Н}$; $C_5 = 4 \text{ нм/Н}$. Так как гибкости ТД и клея очень большие ($C_t, C_g \gg C_s$), их влияние на резонанс отсутствует. Изучим влияние гибкости образца C_s от 1,5 до 7 нм/Н на резонанс.

На рисунке 3 представлена электрическая схема модели СУ в среде Micro-Cap. Последовательность элементов СУ совпадает с последовательностью на рисунке 2 (цифры в кружке – это номера узлов). Необходимо оценивать изменение амплитуд напряжений в узлах схемы по отношению к основному узлу (основной узел №1 – источник напряжения E1). Следует отметить, что источник E1 также подключен к последнему элементу схемы (так как система механически замкнута).

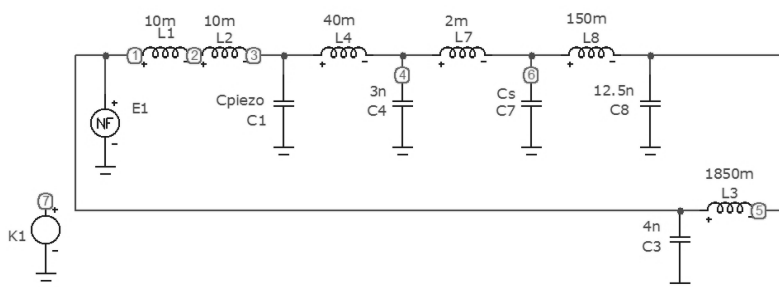


Рисунок 3 – Электрическая схема модели СУ в среде Micro-Cap

Для исследования в среде Micro-Cap использовался частотный диапазон от 1кГц до 200 кГц. На рисунке 4 приведены результаты частотного анализа электромеханической модели при $C_s = 1,5 \text{ нм/Н}$ и последовательном расположении ПА (ось абсцисс – частота, кГц; ось ординат – напряжение, дБ).

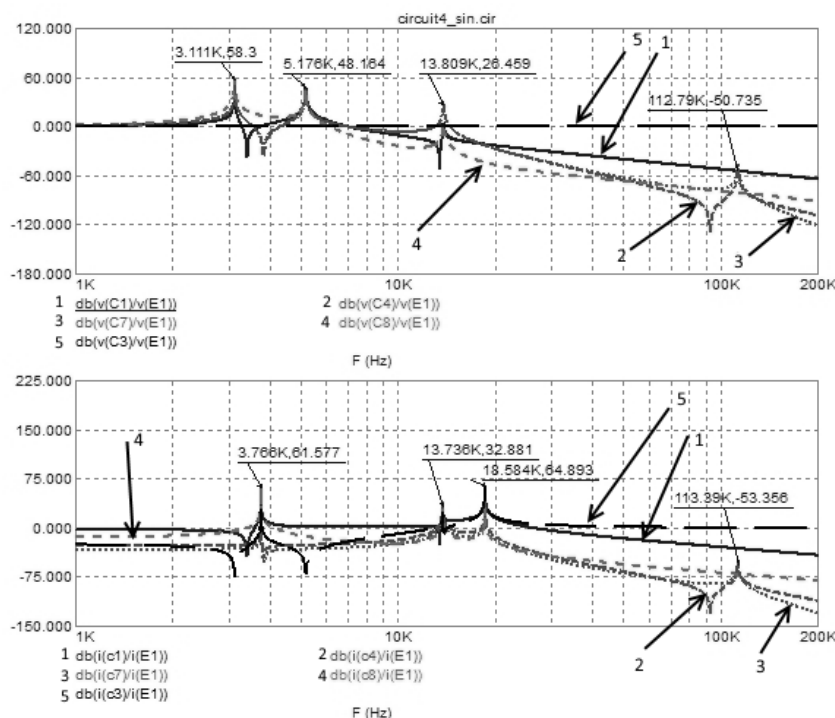


Рисунок 4 – Результаты частотного анализа электромеханической модели СУ (верхний график – резонансы по напряжению, нижний график – резонансы по току)

Анализ графиков (рисунок 4) показал, что с увеличением частоты выше 5,176 кГц наблюдается постоянный спад амплитуд напряжений (т.е. силы, согласно таблицы 1). Это свя-

зано с увеличением реактивных сопротивлений индуктивностей (масс). При дальнейшем увеличении частоты (выше 200 кГц) резонансы не наблюдаются. При частотах от 1 до 1000 Гц также не наблюдаются резонансы и изменения амплитуд. Таким образом, теоретический рабочий диапазон СУ можно считать от 0 до 1000 Гц.

Наличие нескольких локальных максимумов обусловлено последовательно-параллельным включением индуктивностей и емкостей. Согласно рисунку 3 каждый элемент СУ представляет собой последовательное включение индуктивности и емкости. Таких последовательных цепочек четыре, что соответствует четырем частотам резонансов по напряжению (согласно таблице 1 – по силе). С другой стороны, каждая индуктивность (масса) с двух сторон подключена к емкостям (гибкостям). Формируется замкнутый LC-контур с последовательно включенными емкостями: $C_1-L_4-C_4$, $C_4-L_7-C_7$, $C_7-L_8-C_8$, $C_8-L_3-C_3$. Таких контуров четыре, что соответствует четырем локальным максимумам на графике с резонансами по току.

На рисунке 5 представлены относительные результаты изменения частот резонанса при последовательном включении ПА от различной гибкости образца (4,25 и 7 нм/Н), а также от расположения ПА – последовательного и параллельного (при этом $C_5 = 1,5$ нм/Н – базовое значение гибкости образца, базовые значения частот резонансов приведены на рисунке 4).

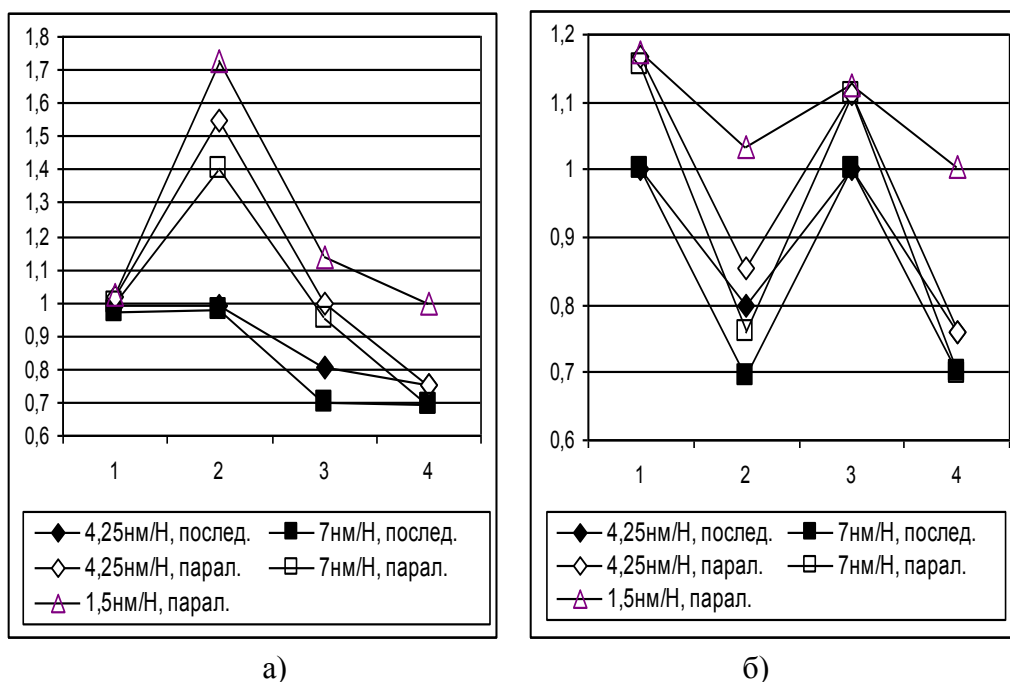


Рисунок 5 – Влияние гибкости образца и расположения ПА на частоты резонанса (а – резонансы по напряжению; б – резонансы по току)

Анализ графиков (рисунок 5) показал, что при параллельном включении ПА частоты резонанса увеличиваются, но на первую частоту резонанса по напряжению это слабо влияет. Первая частота зависит от самого массивного элемента схемы (C_5 , m_5). Увеличение частот резонанса при параллельном включении ПА обусловлено тем, что общая гибкость ПА C_p ниже, чем при их последовательном включении (согласно формулы (1)).

На верхние частоты резонанса (по току и напряжению) расположение ПА не влияет, значение имеет только гибкость самого образца. Образец имеет самую низкую массу в СУ, поэтому и частота резонанса у него выше, чем у остальных элементов.

Расположение ПА влияет на вторую и третью частоты резонанса. Это обусловлено тем, что масса ПА имеет промежуточное значение между самым массивным и самым легким (образец, C_5 , m_5) элементами СУ.

Выводы. Теоретический рабочий диапазон частот СУ находится в пределах $1 \div 1000$ Гц. Значение 1000 Гц обусловлено предельным параметром ПА [5]. Количество частот резонанса зависит от количества элементов схемы. Теоретически расположение ПА можно выбрать любое (параллельное или последовательное) при оценке резонансов, так как на первую частоту резонанса это почти не влияет. Первая частота резонанса зависит только от конструкции СУ. На практике максимальная частота ПА будет зависеть от параметров высоковольтного усилителя, так как ПА – это емкостная нагрузка. Частотный анализ можно применить также для проверки электромеханической модели при ее разбиении на большее количество элементов. В этом случае появятся новые резонансы, но прежние не должны изменяться.

Литература. 1. Шелковников Е.Ю., Кириллов А.И., Ермолин К.С., Кизнерцев С.Р. Электромеханическая модель пьезоактюаторной информационно-измерительной системы для изучения композитных материалов // Ползуновский Альманах. – Барнаул: АлтГТУ, 2017, №4, Т.3 – С. 24-27. 2. Кириллов А.И., Шелковников Е.Ю., Рединова Т.Л. и др. Обеспечение заданного закона изменения силовых нагрузок при прочностных испытаниях пломбировочных материалов // Ползуновский Альманах. – Барнаул: АлтГТУ, 2014, №1 – С. 87-91. 3. Маркин Д.Н. Теоретические основы электроакустики. Конспект лекций. – Санкт-Петербург, СПбГУКиТ, 2010. – 91 с. 4. Шелковников Е.Ю., Кириллов А.И., Кизнерцев С.Р. Расчет пьезоэлектрического формирователя нагрузки с учетом жесткости его конструкции для исследования композитных материалов // Материалы XVI международной НТК «Измерение, контроль, информатизация». – Барнаул: АлтГТУ, 2015, Т.2. – С.142-145. 5. Шелковников Е.Ю., Кириллов А.И., Ефремов С.М. и др. Установка с силовым пьезоэлектрическим преобразователем для исследования прочностных характеристик пломбировочных материалов // Ползуновский вестник. – 2013. – №2. – С.201-205.

Реквизиты для справок: Россия, 426067, г.Ижевск, ул. Т. Барамзиной 34, УдмФИЦ УрО РАН Институт механики, д.т.н., профессору, Шелковникову Е.Ю., тел. 89043111501, e-mail: evshelk@mail.ru.

УДК 004.024

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ E-LEARNING НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ АППАРАТА НЕЧЕТКОЙ ТЕМПОРАЛЬНОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ УСВОЕНИЯ ДИДАКТИЧЕСКИХ ЕДИНИЦ

В.Ю. ОСТРОВСКИЙ, А.Г. ЯКУНИН

В настоящее время обеспечение качественного, а самое главное - интересного процесса обучения в какой-либо области очень актуально в связи с дистанционным обучением. Существует огромное количество систем электронного обучения, предоставляющих пользователю выбор изучаемой информации. Но далеко не весь материал вызывает интерес у обучающегося. А наличие интереса, в свою очередь, способствует лучшему усвоению изучаемого материала, что, в конечном итоге, является главной целью обучения. Одним из способов повышения интереса является контроль качества усвоения изучаемого материала, что позволяет создавать программные продукты с гибкой образовательной траекторией, адаптированной под уровень подготовки и способности обучаемого контингента. тем самым способствуя усилению мотивационной составляющей в обучении, а значит, и интереса к обучению и повышению качества обучения.

Для того, чтобы располагать информацией о степени усвоения дидактических единиц (ДЕ), необходимо выполнить её оценку. Обычно для такой оценки используется только статистическая информация о верности ответов учащегося на тестовые вопросы и иногда – информация о времени, затраченного им на ответы. Однако, из педагогики известно, что для более полной оценки степени усвоения ДЕ (D) необходимо учитывать такие факторы, как:

- сложность теоретического материала, Th;
- сложность практического материала, P;
- сложность дополнительного материала, A;
- время выполнения тестов или время, потраченное на изучения учебного материала, T;
- правильность выполнения заданий по теме, S;
- наличие и частота переходов в смежные разделы по изучаемой дисциплине G.

Некоторые из этих факторов представляют собой данные, у которых отсутствуют четкие числовые, строго определенные критерии. Сюда, в первую очередь, можно отнести сложность преподаваемого материала. С таким видом информации позволяет удобно работать нечеткая логика, которая является хорошим инструментом для представления и управления нечеткими данными. Поэтому ряд из перечисленных факторов удобно описывать нечеткими переменными. И даже числовые оценки (например, такие, как время выполнения задания и частота обращения к дополнительным сведениям) часто бывает выгодно заменять на их словесным описанием, поскольку алгоритмы выбора оптимальной траектории обучения также часто формулируются в словесной форме и носят описательный характер. Кроме того, при формулировании заключения о степени усвоения ДЕ опытный педагог руководствуется и предшествующими сведениями о процессе обучения, ориентируясь на динамику развития обучения. Отсюда следует, что разработка методов e-learning на основе применения аппарата нечеткой темпоральной логики для оценки степени усвоения ДЕ является важной и актуальной задачей.

В процессе обучения учащийся сначала изучает теоретический материал по выбранной теме, а затем переходит к решению практических заданий. Задания, требующие развернутого ответа, имеют более высокий весовой коэффициент при составлении правил системы нечетко-темпорального вывода. Сложность изучаемого материала складывается также и из сложности заложенных в ДЕ формулировок и различных теоретических понятий. Однако, в конечном итоге, при словесном описании сложности ДЕ педагог ограничится, скорее всего, ее тремя градациями, которые образуют терм-множество понятия «сложность» и каждому терму можно будет поставить в соответствие некоторое нечеткое множество, описываемое некоторой функцией принадлежности на универсум - множестве.

В частности, для приведенных выше факторов, определяющих степень усвоения ДЕ и, по сути, являющихся лингвистическими переменными, можно определить следующие термы:

- для Th, P, A, S – «Низкая», «Средняя», «Высокая»;
- для T – «Меньше среднего», «Среднее», «Выше среднего»;
- для G – «Был», «Не был»;
- для D – «Не освоил», «Освоил частично», «Освоил достаточно», «Освоил полностью».

Из данных лингвистических переменных формируется база правил системы нечеткого вывода, которая подразумевает формальное представление экспертных знаний о той или иной предметной области, например.

Правило n . Если «Условие n » ψ «Условие n », то «Заключение n » (F_n),

где F_n — весовые коэффициенты, по умолчанию равные 1; ψ – бинарная логическая операция: «И», «ИЛИ».

Пример правила: ЕСЛИ «Сложность теоретического материала» = «Высокая» И «Сложность практического материала» = «Высокая» И «Время выполнения» = «Выше среднего» И «Правильность выполнения заданий» = «Низкая» ТО «Степень усвоения ДЕ» = «Не освоил».

При оценке степени усвоения ДЕ необходимо также учитывать наличие переходов в смежные разделы при изучении ДЕ, которые происходили в прошедшие моменты времени. Для такого учета при формировании правила можно использовать темпоральную операцию «всегда в прошлом». Пример такого правила:

ЕСЛИ «Сложность теоретического материала» = «Средняя» И «Сложность практического материала» = «Высокая» И «Время выполнения» = «Среднее» И «Правильность выполне-

ния заданий» = «Высокая» и «Всегда в прошлом» «Наличие перехода в смежные разделы» = «Был» ТО «Степень усвоения ДЕ» = «Освоил полностью».

Для задачи построения функций принадлежности степени освоения ДЕ лучше использовать трапециевидные функции, так как они наиболее точно характеризуют способ задания критериев оценки экспертом.

Для вычисления степени освоения ДЕ предлагается применить следующий алгоритм нечетко-темпорального вывода [1].

1) Значения всех входных переменных заменяются на нечеткие значения лингвистических переменных (фазсификация входных переменных). Например, для сложности материала это значения «Низкая», «Средняя», «Высокая»;

2) Выбирается правило из базы знаний. Проверяется, есть ли в выбранном правиле унарные темпоральные операции «когда-либо в прошлом» или «всегда в прошлом», то п. 3, иначе – п. 4.

3) Формирование функций принадлежности термов текущего времени для лингвистических переменных, к которым применены унарные темпоральные операции;

4) Агрегация условий. Это процедура определения степени истинности условий по каждому из правил нечеткого вывода, при помощи операций нечеткой конъюнкции;

5) Активизация заключений (min-активизация);

6) Аккумуляция заключений. Получение нечеткого множества выходной переменной. Выполняется max-объединение функций принадлежности заключений, полученных на предыдущем этапе;

7) Для получения количественного значения степени освоения ДЕ производится дефазсификация итоговой функции принадлежности, с использованием метода центра тяжести:

$$y = \frac{\int_{Min}^{Max} x\mu(x)dx}{\int_{Min}^{Max} \mu(x)dx},$$

где y — результат дефазсификации; x — переменная, соответствующая выходной лингвистической переменной; $\mu(x)$ — функция принадлежности для этой переменной, определенная на этапе активизации; Min и Max — границы интервала, на котором задана функция принадлежности.

Для того чтобы предложенный подхода к оценке степени освоения ДЕ позволял эффективно влиять на процесс обучения, обучающая программа должна удовлетворять следующим требованиям:

- возможность выбора интересующих разделов изучения;
- возможность использования тестов и практических задач;
- возможность повторного просмотра фрагментов изучаемого материала для лучшего запоминания;

Учитывая, что в настоящее время при разработке программных продуктов наблюдается однозначная тенденция в создании приложений, обеспечивающих их одновременное использование максимально большим числом людей без необходимости его установки на персональный компьютер или мобильное устройство пользователя, было решено при создании обучающей программы использовать web - разработку. В качестве фреймворка для разработки frontend части был использован фреймворк Vue.js [2]. База данных создавалась на базе СУБД MySQL в среде Workbench 8. Backend разрабатывался с на основе веб-фреймворка Express, написанного на JavaScript и, работающего внутри среды исполнения Node.js. Подключение к БД осуществлялось с применением библиотеки ORM (Object-relational mapping) Sequelize [3], которая поддерживает диалекты многих баз данных, в том числе и MySQL. Она имеет методы для реализации SQL запросов при создании, обновлении и удалении данных, которые в данном случае рассматриваются как некоторые объекты. Для хранения информации на стороне приложения используется Vuex - паттерн управления состоянием [4]. Также в приложении используется паттерн проектирования MVC (Model View Controller).

При запуске данного приложения пользователю будет предложено зарегистрироваться,

чтобы его прогресс выполнения сохранялся, или войти в систему, если он уже зарегистрирован в ней. После этого пользователю будет предложено интерактивное меню, содержащее следующие пункты: «Программы обучения», «Мои заметки», «Личный профиль», «FAQ» (frequently asked question).

При выборе пункта «Программы обучения» пользователю предоставляется возможность выбора интересующей его темы обучения. Каждая тема состоит из нескольких модулей: теоретический материал, где описывается основная информация и термины; практические занятия, состоящие из заданий, направленных на закрепление теории; блок дополнительной информации, который предназначен для дополнительной проверки усвоения материала. В каждом блоке у изучаемого материала отображается его уровень сложности.

Второй пункт меню позволяет просматривать материал, добавленный с целью запоминания наиболее сложных тем. Предусмотрена также возможность удаления потерявших актуальность заметок.

Пункт меню «Личный профиль» позволяет просмотреть информацию о своём профиле, темах, которые находятся на изучении, а также историю изучения тем.

На странице «FAQ», описаны часто задаваемые вопросы, например, «Как лучше запоминать информацию?», «Как повысить концентрацию во время обучения?» и т.д.

Пользователь, обладающий правами администратора, имеет доступ к странице «Панель Администратора», в которой он может добавлять, изменять или удалять материал. Также ему доступна страница «Оценки усвоения», на которой отображается история прохождения всех тем и значения степени их усвоения ДЕ каждым пользователем.

Таким образом, в результате разработки описанного web приложения была достигнута поставленная цель, а именно, разработаны методы e-learning на основе применения аппарата нечетко-темпоральной логики, для оценки степени усвоения ДЕ.

Литература: 1. Гвоздик, М. И. Модели оценки рисков в нечеткой среде с использованием логического вывода на нечетких множествах первого порядка / М. И. Гвоздик, Ф. А. Абдулалиев, А. Г. Шилов // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербург. ун-та ГПС МЧС России». – 2017. – № 2. – С. 107 – 120. 2. Введение – Vue.js [электронный ресурс]: Официальный сайт. – Электрон. текст. дан. – Режим доступа: <https://ru.vuejs.org/> (дата обращения: 15.04.2020). 3. Manual | Sequelize [электронный ресурс]: Официальный сайт. – Электрон. текст. дан. – <https://sequelize.org/v5/> (дата обращения: 16.04.2020). 4. Что такое Vuex? [электронный ресурс]: Официальный сайт. – Электрон. текст. дан. – Режим доступа: <https://vuex.vuejs.org/ru/> (дата обращения: 17.04.2020).

Реквизиты для справок: Россия, 656038, Барнаул, ул. Ленина 46, АлтГТУ им. И.И.Ползунова, магистрант Островский В.Ю., тел. (8-962-806-99-23). E-mail: ostrovskyyvladislav@gmail.com

УДК 591.044; 577.3

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА НА ОСНОВЕ МУЛЬТИСКАНА ДЛЯ КОНТРОЛЯ НЕПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ ОБЪЕКТОВ

Ю.К. ШЕЛКОВНИКОВ, А.А. МЕТЕЛЕВА, Е.Я. ЕМЕЛЬЯНОВА

Применение лазеров для создания референтных направлений в виде ориентированных в пространстве прямых линий (горизонтальных, вертикальных или наклонных) позволяет разрабатывать разнообразные прецизионные информационно-измерительные системы (ИИС) для регистрации положения контролируемых точек объектов в пространстве. Известно использование лазерных ИИС для автоматизации контроля и управления технологическими процессами монтажа оснастки и крупногабаритных узлов и изделий в самолетостроении, а также для монтажа крупноблочных, строительных конструкций и для маркшейдерско-геодезического контроля деформаций сооружений [1, 2].

В работе рассмотрено использование лазерной ИИС для измерения непрямолинейности ствольной трубы (СТ), когда теоретическая ось трубы материализуется лучом лазера. Разработка прецизионной ИИС для контроля распределения непрямолинейности СТ по ее длине позволит внедрить использование норм кривизны трубы в технологический цикл ее изготовления и повысить объективность приемно-сдаточных испытаний при их проведении по контролируемому паспортному значению непрямолинейности [3, 4].

От выбора датчика ИИС зависят ее метрологические и эксплуатационные характеристики, простота аппаратной реализации, габариты, надежность работы. Наиболее полно этим требованиям отвечают полупроводниковые координатные фотоприемники (КФ) – аналоги телевизионных передающих трубок. Их принцип действия основан на преобразовании пространственного распределения освещенности на фоточувствительной поверхности (отражающей геометрические параметры контролируемого объекта) в электрический видеосигнал и использовании его для анализа изображений. Определение необходимых линейных параметров объекта осуществляется путем измерения интервалов времени – или от начала развертывающего напряжения до характерных точек полученного видеосигнала, или между этими точками. Среди представителей этого класса КФ (таких, как приборы с зарядовой связью, фотодиодные интегральные линейки и др.) наиболее высокой координатной чувствительностью, способностью регистрировать мгновенное распределение освещенности в широком динамическом диапазоне ее изменения, а также простотой схем для обработки сигналов и более низкой стоимостью, отличаются сканисторные структуры. Наиболее совершенные из сканисторных структур – сплошной сканистор и многоэлементный фотоприемник мультискан. Следует отметить, что мультискан (благодаря дискретной структуре) обеспечивает лучшие метрологические характеристики, чем сканистор, за счет низкого уровня темновых токов, стабильности и высокой симметрии вольт-амперной характеристики фотодиодных ячеек, однородной фоточувствительности, а также позволяет получать за счет отсутствия продольной проводимости базы более высокую линейность координатной характеристики. Форма видеосигнала мультискана при опросе его дискретной структуры зависит от величины ΔU шагового напряжения. При $\Delta U \leq 4U_0$ (где $U_0 = \frac{m \cdot K \cdot T^\circ}{q} \approx 0,026$ В; m – коэффициент неидеальности р-п перехода; K – постоянная Больцмана; T° – температура по Кельвину; q – заряд электрона) в процессе переключения тока одновременно находится не менее двух фотодиодных ячеек структуры, и видеосигнал имеет форму колоколообразного сигнала сплошного сканистора [5]. При этом обеспечивается высокая чувствительность временного положения характерных точек видеосигнала к минимальному перемещению световой зоны на фоточувствительной поверхности мультискана.

На рисунке 1 представлена структурная схема разработанной двухкоординатной ИИС на основе однострочного мультискана для контроля непрямолинейности ствольных труб (где СТ – ствольная труба; МС – мультискан; К – самоцентрирующаяся каретка; ИС – источник света; М – маска; ОС – оптическая система; ИНС – источник напряжения смещения; ГПН – генератор пилообразного напряжения опроса; ПТН – преобразователь ток-напряжение; ДУ1, ДУ2 – дифференцирующие усилители; Ф – формирователь видеоимпульсов; БТИ – блок тактовых импульсов; БФСИ – блок формирователей стробирующих импульсов; И1, И2, И3 – схемы "И"; СЧ1, СЧ2, СЧ3 – счетчики; МП – микропроцессор). Измерение непрямолинейности по двум осям X, Y на основе однокоординатного мультискана достигается с помощью маски, формирующей на мультискане световые зоны, расстояния между которыми одновременно определяют непрямолинейность по осям X, Y в контролируемом сечении СТ.

На рисунке 2а показано формирование маской световых зон на мультискане, на рисунке 2б – временные диаграммы, поясняющие работу ИИС, которая работает следующим образом. Световой поток от источника света ИС с помощью непрозрачной маски М с щелями А, В, С и оптической системы ОС формирует на фоточувствительной поверхности мультискана МС соответствующие световые зоны А', В', С'.

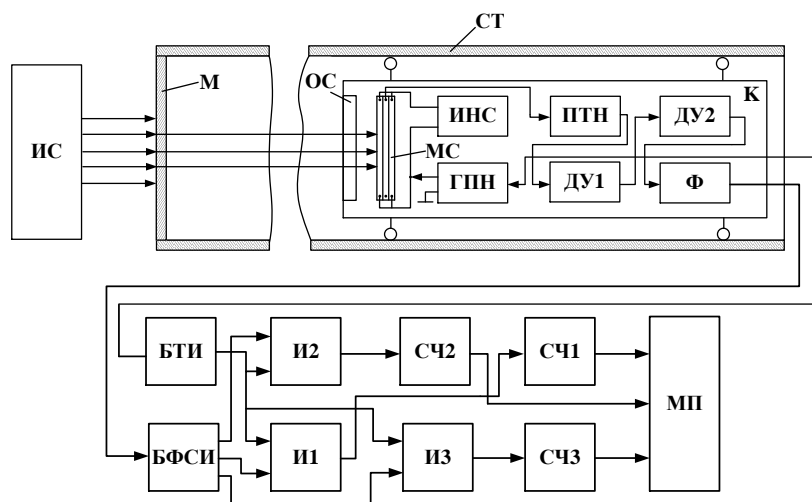


Рисунок 1 – Структурная схема двухкоординатной ИИС на основе мультискана для контроля непрямолинейности труб

В момент опроса освещенных участков A' , B' , C' на выходе Φ формируется соответствующий видеосигнал (рисунок 2,б), при этом число t_1 импульсов пропорционально расстоянию между световыми зонами A' и B' , t_2 – расстоянию между световыми зонами B' и C' , t_3 – расстоянию световой зоны B' от начала МС. В маске M щель B , расположенная под углом 45° к щелям A и C , выполнена таким образом, что она совпадает с горизонтальной плоскостью, проходящей через центр симметрии маски (рисунок 2,а). В результате $A_0B_0 = B_0C_0 = v$ (число "v" хранится в микропроцессоре МП), где A_0 , B_0 , C_0 – точки пересечения вертикальной прямой, проходящей через центр симметрии маски, с щелями A , B , C , соответственно. Мультискан, удерживаемый в вертикальном положении с помощью приспособления "отвесного" типа, юстируется таким образом, чтобы в исходном положении осевая линия канала СТ проходила через середину (точка O_1 , рисунок 2,а) фоточувствительной поверхности мультискана (расстоянию O_1D от которой до начала мультискана соответствует число "a", хранимое в МП).

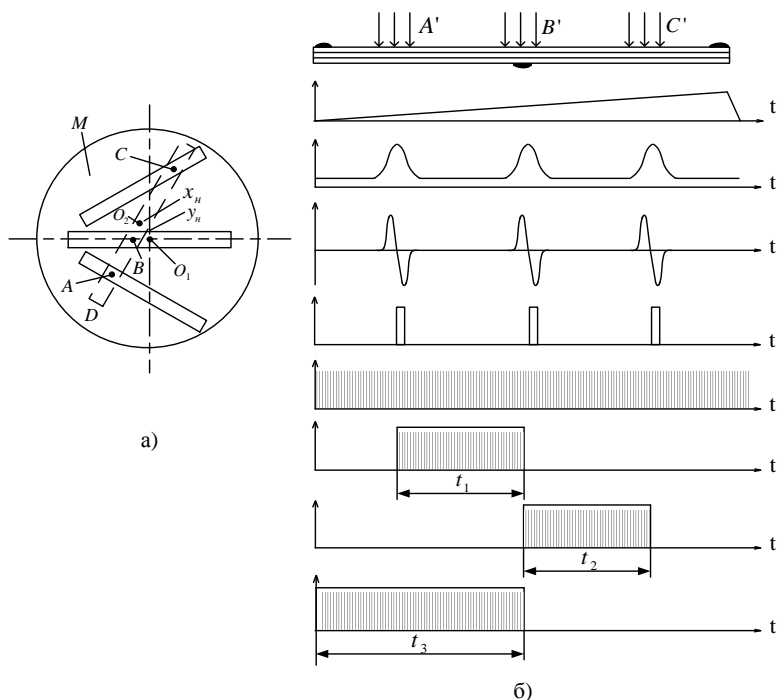


Рисунок 2 – Информационно-измерительная система для контроля непрямолинейности труб:
 а - формирование маской световых зон на сканисторе; б - временные диаграммы, поясняющие работу измерителя

При измерении непрямолинейности по осям X, Y каретка К, движимая с помощью транспортного механизма, самоцентрируется в контролируемом сечении трубы, а мультискан может сместиться относительно маски М как по горизонтальной оси, так и по вертикальной, а также повернуться вокруг оси симметрии каретки.

Общий случай положения мультискана относительно маски приведен на рис.2а, где величина x_n смещения центра фоточувствительной поверхности мультискана в точку O_2 от центра O_1 осей координат маски характеризует непрямолинейность канала СТ в горизонтальной, а величина y_n – в вертикальной плоскости. Микропроцессор МП определяет x_n и y_n по формулам:

$$x_n = \frac{L}{T} \left(\frac{(t_2 - t_1) \cdot (\alpha - t_3) + 2t_1 t_2}{\sqrt{2(t_1^2 + t_2^2)}} - b \right) - x_0; \quad (1)$$

$$y_n = \frac{L}{T} \left(\frac{(t_1 + t_2) \cdot (\alpha - t_3)}{\sqrt{2(t_1^2 + t_2^2)}} \right) - y_0; \quad (2)$$

где x_0, y_0 – начальное значение непрямолинейности (т.е. значения, вычисленные на противоположном от маски конце СТ). С выхода СЧ1-СЧ3 текущие значения непрямолинейности фиксируются в микропроцессоре МП.

Выводы. Предложенная ИИС имеет более широкие функциональные возможности по сравнению с традиционными схемами, так как позволяет одновременно измерять непрямолинейность по двум осям. Также предложенная ИИС на основе одного мультискана для контроля непрямолинейности СТ одновременно по двум осям X, Y по сравнению с двухканальной ИИС на основе двух мультисканов имеет следующие преимущества. Она отличается большей простотой из-за отсутствия второго измерительного канала, а также обладает одинаковой с традиционными схемами точностью измерений, что обусловлено отсутствием погрешности из-за случайных угловых смещений мультискана относительно вертикальной плоскости. Указанные отклонения учтены в расчетных формулах (1), (2).

Литература. 1. Вагнер Е.Т. Лазеры в самолетостроении / Е. Т. Вагнер. – М. : Машиностроение, 1982. – 184 с. 2. Госьков П.И., Галиулин Р.М. и др. Комплекс оптоэлектронных контрольно-измерительных устройств для систем автоматизации технологических процессов. – Элементы оптоэлектронных устройств / Межвузовский сборник. – Барнаул: АПИ им. И.И.Ползунова, 1981. – С. 3-5. 3. Вердин Г.Д., Родин А.А. Прикладная баллистика. Методы и средства баллистических измерений. – М.: Машиностроение, 1975. – 232 с. 4. Шелковников Ю.К., Осипов Н.И., Кизнерцев С.Р., Ермолин К.С. Информационно-измерительные системы на основе телевизионного сканистора // В сборнике: Механика и физико-химия гетерогенных сред, наносистем и новых материалов. Материалы научных исследований. Ижевск, 2015. С. 312-327. 5. Хортон Дж., Мацца Р., Дим Г. Сканистор – твердотельное развертывающее устройство.-ТИИЭР, 1964, т.52, №12.- С.16-41.

Реквизиты для справок: Россия, 426067, г. Ижевск, ул. им. Татьяны Барамзиной 34, Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН, Шелковникову Ю.К., т. (3412)-508200, E-mail: evshelk@mail.ru

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОЛИВА ДЛЯ САДОВЫХ УЧАСТКОВ

М.О. НОВИКОВ, А.Г. ЯКУНИН

В настоящее время возрастает количество городских жителей, имеющих загородную недвижимость. Основная часть владельцев такой недвижимости - пенсионеры, которые занимаются садоводством для себя и своей семьи. Многие из них уже не в состоянии, без вреда для здоровья, длительное время заниматься физическим трудом.

С учетом данных факторов становится очевидной необходимость создания решений для помощи в ведении сельскохозяйственной деятельности. Одним из таких решений может стать система автоматизированного полива для садовых участков.

Представленные на рынке компании, занимающиеся производством систем полива, имеют либо ограниченный функционал, либо достаточно высокую стоимость, неподъемную для пенсионеров.

После проведения тщательного анализа существующих решений была поставлена задача создания собственного программно-аппаратного комплекса, который бы удовлетворял следующим требованиям:

- разумное соотношение цена/качество;
- возможность замены отдельных компонентов;
- модульная структура;
- простота эксплуатации и ремонта.

Функции, реализуемые разрабатываемой системой:

- мониторинг температуры окружающей среды;
- измерение показателей влажности почвы секторов полива;
- наличие автономного источника питания;
- осуществление полива секторов, основываясь на показаниях датчиков и индивидуальных настройках пользователя;
- возможность удаленного доступа к системе.

Целью работы является построение программно-аппаратной системы на базе микроконтроллера семейства Arduino [1].

В соответствии с вышеприведенными требованиями и реализуемыми функциями была разработана структурная схема системы автоматизированного полива (рисунок 1).

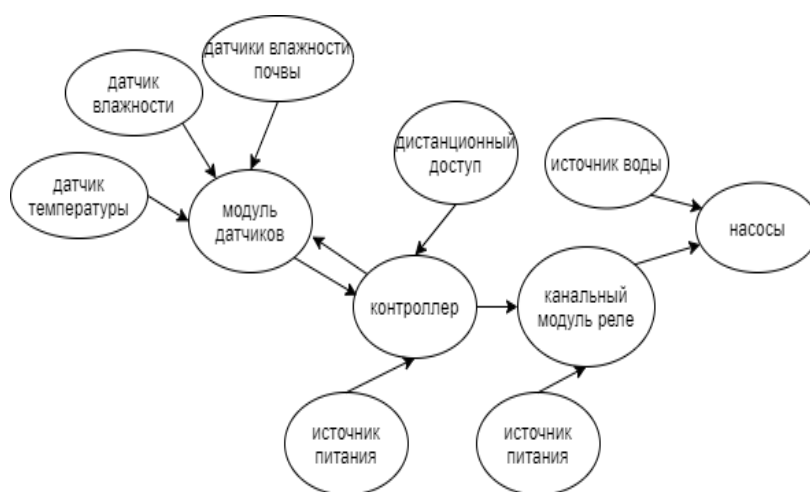


Рисунок 1 – структурная схема разрабатываемой системы

В качестве управляющего микроконтроллера был выбран Arduino Nano [1,2], обладающий небольшими габаритами, наличием достаточного количества аналоговых входов/выводов, а также EEPROM для хранения настроек пользователя [3].

Функции датчиков влажности и температуры было решено объединить в один датчик DHT-11. В качестве датчиков влажности почвы были выбраны ёмкостные датчики, которые меньше подвержены коррозии. Дистанционное управление системой в пределах участка осуществляется с помощью Bluetooth модуля HC-06. В настоящее время рассматривается вариант удаленного управления с применением GSM. Для написания скетча микроконтроллера использовалось Arduino IDE [4] и библиотеки для работы с датчиком DHT11. Для разработки мобильного приложения использовалась среда Android Studio IDE [5].

Система подразумевает несколько режимов работы. В первом из них полив выполняется по суточным графикам, задаваемых пользователем. Такой режим удобен тогда, когда вода поступает на садовый участок по расписанию, которое периодически может изменяться. Во втором режиме полив осуществляется с учетом показаний датчиков. По данным температуры и влажности почвы и воздуха рассчитывается время и продолжительность полива. По показаниям датчика влажности почвы определяется необходимость полива, а по датчику температуры и влажности воздуха – его продолжительность. Если же установить два датчика влажности, из которых один установлен в непосредственной близости от места, на которое попадает поступающая вода, или через которое она протекает, то отпадает необходимость учитывать график подачи воды на участок, поскольку дополнительный датчик определяет ее фактическую подачу. Можно, конечно, обойтись и одним датчиком, но тогда факт полива будет определяться косвенно, лишь спустя некоторое время, когда почва от полива успеет увлажниться. Очевидно, использование второго режима работы алгоритма полива возможен лишь тогда, когда в состав системы входит хотя бы один датчик DHT11 и датчик влажности почвы. И, наконец, третий режим рассчитан для использования в системах с многозонным режимом полива, когда для каждой зоны задаются свои условия полива с учетом типа выращиваемых на ней сельскохозяйственной культуры. Очевидно, такие системы должны иметь уже большее количество исполнительных устройств для подачи воды. Кроме того, в каждой зоне должен быть установлен свой датчик влажности. В перспективе рассматривается возможность реализации еще одной модификации режима работы системы, когда вода для полива подается не напрямую, а после ее прогрева в накопительном баке. Принципиальных проблем с программной реализацией такого режима нет, но его аппаратная реализация будет сопряжена уже с более серьезными дополнительными затратами как на приобретение дополнительной запорной аппаратуры, так и насоса, обеспечивающего подачу воды из бака на участок. При этом в качестве датчика уровня можно использовать простой и дешевый датчик влажности почвы.

Таким образом, в результате проделанной работы был разработан программно-аппаратный комплекс, позволяющий осуществлять автоматизированный полив различных сельскохозяйственных культур на садовом участке в различных конфигурациях системы и различных режимов работы. Функционал системы позволяет хранить в энергонезависимой памяти контроллера показания всех датчиков, а также индивидуальные настройки пользователя, которые он отправляет с мобильного устройства. Мобильное приложение позволяет в удаленном доступе не только управлять работой системы, но и видеть показания всех входящих в нее датчиков.

Литература. 1. Arduino.ru: Официальный сайт в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://arduino.ru/>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 24.04.2020) **2.** Е.Я. Омельченко, В.О. Танич, А.С. Маклаков, Е.А. Карякина. Краткий обзор и перспективы применения микропроцессорной платформы Arduino. // Электротехнические системы и комплексы. 2013 **3.** Arduino.cc: EEPROM library [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.arduino.cc/en/Reference/EEPROM>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 28.04.2020). **4.** Arduino.cc: Arduino IDE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.arduino.cc/en/main/software>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 28.04.2020).

5. developer.android.com: Официальный сайт android studio [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://developer.android.com/studio>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 28.04.2020).

Реквизиты для справок: Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина 46, Факультет информационных технологий, технических наук, профессору, Якунину А.Г., тел. (385-2) 29-07-86. E-mail: almpas@list.ru

УДК 004.054

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМАХ

С.В. МЕЛКОМУКОВ, А.Н.ГУШЕВ

К экспертным системам относятся компьютерные системы, способные частично или полностью заменить специалиста-эксперта в разрешении проблемных ситуаций. Достоинством и основной причиной их использования заключается в том, что их база знаний в предметной области сравнима с тем, что знают о ней люди-эксперты и, выступая в качестве эксперта, такие системы позволяют принять верное решение для её пользователя.

Ежедневно мы сталкиваемся с моментами, когда необходимо принять определенное решение. Делая выбор, мы должны быть уверены в том, что учтены все условия и параметры в поставленной задаче. Иногда некоторые определенные задачи лучше доверить экспертной системе, которая учитывает все эти условия и параметры проблемной области.

На сегодняшний день экспертные системы получили широкое практическое применение в различных областях, таких, например, как диагностика, прогнозирование, планирование, обучение и многих других [1].

В данной работе будут рассмотрены 2 основных подхода при проектировании экспертных систем: с механизмом, основанного на фактах и правилах, и с механизмом на Байесовском подходе. Оба подхода по-своему работают с данными из базы знаний и соответственно создают свой интерпретатор в экспертной системе. На рисунке 1 показана общая структура экспертной системы.

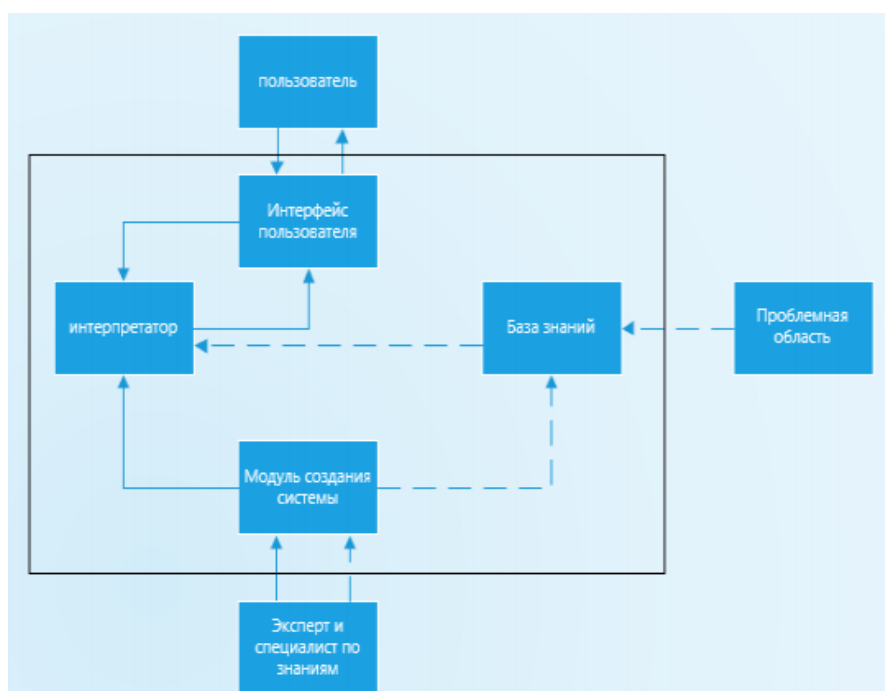


Рисунок 1 – Общая структура экспертной системы

В подходе с механизмом экспертной системы, основанной на фактах и правилах, база знаний представляет структуру, в которой существуют следующие элементы: начальные факты и их возможные значения, вопросы к начальным фактам и правила, на основе которых будут выявляться новые факты. Принципом её работы является то, что вначале у пользователя запрашиваются начальные факты, а затем, на основе этих данных по правилам устанавливаются новые факты, пока не будет найдено значение ключевого параметра [2]. На рисунке 2 приведена блок-схема работы механизма экспертной системы, основанного на фактах и правилах.

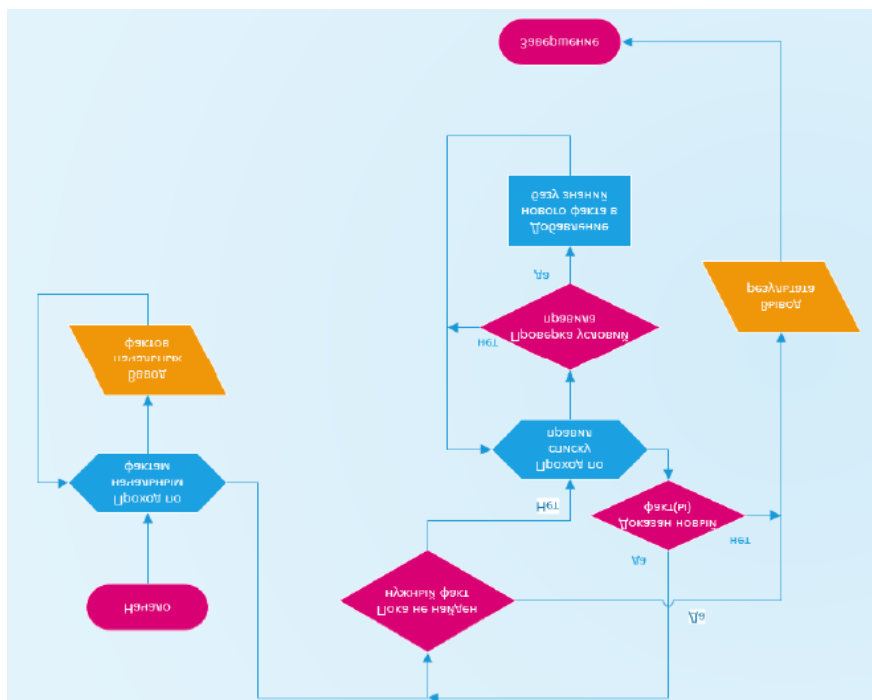


Рисунок 2 – Блок-схема работы механизма экспертной системы, основанного на фактах и правилах

Такие экспертные системы легко могут находить применение в различных отраслях, где формирование новых знаний можно представить в виде правил с шаблоном «если ..., то ...». При этом правила могут иметь гибкую структуру, за счет использования логических операторов AND или OR, что позволит объединять множество простых правил в одно. Данный подход имеет одно главное достоинство – простая структура базы знаний и модель её формирования схожа с тем, как люди эксперты хранят свои знания о предметной области. В такой экспертной системе логически описываются все возможные исходы и с ростом данных в базе знаний её становится тяжелее контролировать и редактировать. Это главный недостаток всех экспертных систем, включая и системы, основанные на Байесовском подходе.

Подход с механизмом экспертной системы, основанной на Байесовском подходе, создает в базе знаний структуру, в которой отдельно выделяются два логически связанные элемента: список признаков (с вопросами, по которым оценивается их наличие) и события, наличие или выполнение которых зависит от этих признаков. Каждое событие еще до начала работы экспертной системы имеет своё значение априорной вероятности (сумма вероятностей всех событий равна единице). Эти вероятности вычисляет эксперт исходя из данных статистики в предметной области. Также каждое событие содержит в себе названия или номера признаков с указанием следующих вероятностей для каждого: максимальная вероятность события при наличии признака и минимальная вероятность события при его отсутствии.

Принципом работы экспертной системы, согласно данному подходу, заключается в том, что система находит часто встречающийся признак среди событий, задает по нему вопрос, где ответом является целое число из заданного диапазона (например от -5 до 5 включитель-

но) и, приняв ответ от пользователя, у каждого события, где встретился данный признак, производит перерасчет вероятности его возникновения. Если указана минимальная или максимальная оценка, то событию приписывается соответствующая вероятность признака, а если дана промежуточная оценка, то вероятность признака вычисляется путем применения формулы Байеса. Формируется выборка только из событий с часто встречающимся признаком, в котором вычисляются также и вероятностные диапазоны и ведется поиск тех событий, у которых максимальные значения меньше, чем минимальные у других (другого) события (остаются те, у которых есть общие элементы множества из интервалов). Остальные события исключаются и цикл программы повторяется уже с событиями, оставшимися в выборке. Цикл событий повторяется до тех пор, пока не останется 1 событие или события перестанут исключаться, тогда в этом случае выбирается событие с большей вероятностью [3]. На рисунке 3 представлена блок-схема работы экспертной системы, основанной на Байесовском подходе.

Достоинством данного подхода является возможность занесения в базу знаний статичных данных и оперирование ими. Результатом работы такой системы будет решение с наибольшей вероятностью удовлетворяющей задаче. В редких случаях решение может быть не одно, но экспертная система сужает область поиска до наиболее вероятных событий. Недостатком такой системы является сложность системы базы знаний, её заполнение, ведение и редактирования.

Литература. 1. Нейлор К. Как построить свою экспертную систему / К. Нейлор, Н.Н. Слепов – Москва: Энергоатомиздат, 1991. – 237-242 с. **2.** Экспертные системы. Принципы работы и примеры: Пер. с англ /А.Брукинг, П.Джонс, Ф.Кокс, и др.; Под ред. Р.Форсайта. – М.: Радио и связь, 1987. – 9 с. **3.** Нейлор, К. Как построить свою экспертную систему [Текст] / К. Ней-лор, Н.Н. Слепов. – Москва: Энергоатомиздат, 1991. – 29-43 с.

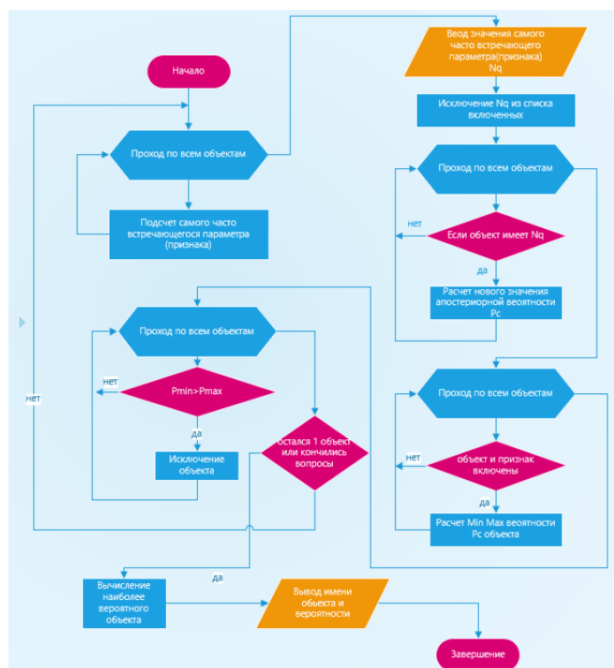


Рисунок 3 – Блок-схема работы экспертной системы, основанной на Байесовском подходе

Реквизиты для справок: 1. Россия, 656038, Барнаул, проспект Ленина, д. 46, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, магистранту кафедры ИВТ и ИБ Мелкомукову Сергею Владимировичу, E-mail:privet.19973@yandex.ru **2.** Россия, 656038, Барнаул, проспект Ленина, д. 46, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, , кандидату технических наук, доценту, кафедры Прикладной математики, Тушеву Александру Николаевичу, E-mail:tushev51@mail.ru

СТРУКТУРЫ ДАННЫХ В БИЗНЕС-АНАЛИТИКЕ: ОПИСАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ

И.В. КОНДУРОВ, А.Н.ТУШЕВ

Клиент - основной источник знаний, с которым в первую очередь работает команда разработки при создании программного продукта. Для создания благоприятных каналов связи между клиентом и командой разработчиков внедряется бизнес-аналитика. Бизнес-аналитика призвана решать проблему непонимания предметной области клиента для разработчиков и непонимания языков программирования, технологий и фреймворков со стороны программистов для клиента. Бизнес-аналитик - это посредник между заказчиком и командой создания программного продукта, который, посредством своей деятельности, решает самые важные и основополагающие вопросы касаясь разработки продукта.

На сегодняшний день должность бизнес-аналитика занимает прочное место в любой команде разработки. Бизнесу необходим специалист, способный коммуницировать с заказчиком и разработчиками, налаживать процесс взаимодействия между двумя совершенно разноплановыми сторонами. Неудивительно, что в последнее время тенденция на хороший бизнес-анализ в IT-сфере растёт, ведь успех вывода в эксплуатацию нового программного продукта практически на 70% зависит от бизнес-аналитика.

Аналитик - это либо хорошо углубленный в предметную область бизнеса специалист с неплохими техническими навыками, либо поверхностно знающий область заказчика, но владеющий современными технологиями проектирования и программирования [1]. Такой специалист охватывает практически всю область работы над продуктом, поскольку в сферу его деятельности попадает как бизнес, не имеющий представления о технической стороне работы, так и разработка, основывающаяся на стеке технологий, но являющаяся абсолютно некомпетентной в бизнес-процессах заказчика. На рисунке 1 представлена одна полная итерация работы бизнес-аналитика.

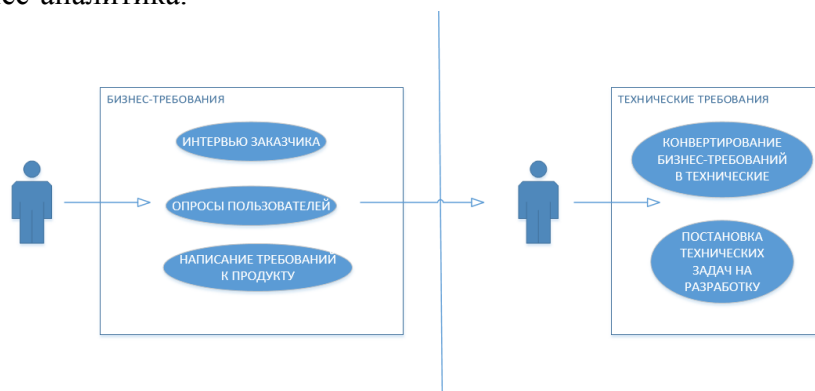


Рисунок 1 – Одна полная итерация бизнес-аналитика при работе над созданием программного продукта

Рассмотрим основной стек работы среднестатистического бизнес-аналитика:

- интервьюирование заказчика по всем вопросам проблемной области;
- непрерывное взаимодействие с потенциальными пользователями программного продукта, в том числе ведение опросов и интервью непосредственно с конкретными стейкхолдерами клиента;
- написание требований к программному продукту, основываясь на интервью с заказчиком и стейкхолдерами;
- написание и проработка бизнес-сценариев приложения;
- написание документации и руководства пользователю для продукта;
- создание и постановка задач на разработку;
- участие в выборе архитектуры продукта;

- мануальное и функциональное тестирование версий продукта;
- участие в конференциях по разработке программного продукта с разработчиками;
- участие в конференциях по бизнес-процессам заказчика;
- работа с данными, способами их получения, обработки и хранения;
- изучение новых технологий работы с данными;
- саморазвитие;
- выбор и проектирование структур данных для осуществления работы с данными в приложении.

В данной работе будет рассмотрен последний пункт стека работы аналитика.

Структуры данных - один из самых основных аспектов при проектировании программной системы. Что такое структура данных? Это способ хранения и обработки информации того или иного типа в вычислительной технике. От выбора механизма работы с данными в приложении зависят практически все требования к продукту: удовлетворённость заказчика и пользователей, ресурсозатратность, отказоустойчивость, простота в использовании, удобный интерфейс и понятная архитектура [2].

Согласно статистике на Хабре, самыми популярными в использовании структурами данных для бизнес-аналитика являются списки, хэш-таблицы, деревья, стеки и очереди.

Списки в бизнес-анализе. Если перед аналитиком стоит задача хранения последовательности данных одного типа, при этом не имеет значения, в каком они порядке должны храниться, есть ли требование к первым и последним элементам последовательности, а также не важен механизм получения элементов из так называемого контейнера, то в таком случае определёнno подходят списки.

Хэш-таблицы в бизнес-анализе. Иногда перед аналитиком стоит задача, заключающаяся в правильном механизме хранения данных, прямо зависящих от какого-либо атрибута. Например, в организации заказчика есть множество должностей и кадровых структур, имеющих конкретное название и за каждым закреплено подробное описание. В этом случае есть два неразрывных атрибута: название и описание. Для хранения такого типа данных отличным вариантом станет хэш-таблица, где в качестве ключа будет название должности, а в качестве значения - описание должности. Такого рода механизм хранения данной информации позволит с лёгкостью оперировать огромным объёмом информации заказчика, быстро находить нужное описание по должности и иметь всего лишь одну структуру в программе.

Стеки в бизнес-анализе. В любой организации есть необходимость ведения бизнес-задач по актуальности и приоритетности. Любой перечень задач можно приоритезировать и решать по мере критичности одну за другой. Такие задачи можно сопровождать в автоматизированной системе. Аналитик, в свою очередь, при написании требований и выборе механизма хранения данных, выбирает структуру стек в случае приоритетности получения данных. Рассмотренный случай как раз наглядно показывает, почему аналитик делает выбор в пользу стека.

Очереди в бизнес-анализе. Очередь - структура данных, решающая задачи по хранению и дальнейшему использованию данных, имеющих ярко выраженный характер приоритетности по мере поступления информации. Например, перед аналитиком стоит задача на хранение регулярно поступающих запросов пользователей одного уровня критичности. Есть требование от заказчика: приложение должно обрабатывать запросы поочерёдно, один за другим, не нарушая последовательности поступления цепочки данных. В таком случае аналитик делает выбор среди всех структур данных в пользу очереди.

Деревья в бизнес-анализе. Зачастую перед бизнес-аналитиком стоит задача получить какие-либо данные и хранить их по какому-либо отсортированному атрибуту. Например, этим атрибутом является номер заявки на оформление договора. Чем больше номер, тем заявка новее. При запуске приложения и подгрузке данных из базы возникает необходимость рассмотреть конкретную заявку, а затем другие, основываясь на текущей. В таком ключе задачи аналитик делает выбор в пользу структуры данных - дерева.

Специфичные структуры данных в бизнес-анализе. Довольно часто в бизнес-процессах и бизнес-сценариях есть необходимость создания новых структур данных, основываясь на су-

ществующих. Тогда аналитик проектирует свою, уникальную структуру данных, содержащую в себе другие, уже имеющиеся и реализованные структуры. Такой механизм позволяет хранить очень сложные виды информации. Как правило, в таких данных имеются большое количество атрибутов и большая вложенность. При использовании таких структур есть большие риски при изменении какого-либо атрибута ввиду большой вложенности. Но на такой случай аналитик прописывает дополнительные требования к задачам на разработку, заключающиеся в дополнительной защите структур при их заполнении и изменении. Как правило, аналитик требует от разработчиков реализации каскадного добавления и каскадного удаления. Плюсом же в проектировании и использовании таких структур данных является несомненно простота в передаче объектов и компактном хранении взаимосвязанной информации в одном контейнере.

Стоит отметить особую важность выбора и проектирования структур данных на этапе написания требований к программному продукту бизнес-аналитиком. Поскольку аналитик является единственным специалистом, понимающим область заказчика и область разработки, он имеет полное право делать выбор относительно способов работы с данными в приложении. Есть риски по сложности реализации той или иной специфичной структуры данных, а также эффективности использования существующей, но, как правило, таковые выявляются либо при интервьюировании заказчика и представителей бизнес-системы организации, либо при передаче задач на реализацию. В любом случае аналитик является связующим звеном, позволяющим отследить, исправить или не допустить одновременно два риска: со стороны заказчика и со стороны разработки. На рисунке 2 схематично представлен процесс принятия решений по программному продукту, в том числе, по выбору структур данных аналитиком, риском этого выбора и возможностью циклического изменения этого выбора в случае возникновения рисков.

Подводя итоги, следует сказать, что роль бизнес-аналитика в IT-сфере является одной из основополагающих, поскольку успешность проектирования и создания программного продукта напрямую зависит от того, насколько качественно аналитик проведёт интервью у заказчика, опрос среди стейкхолдеров, правильно выявит и зафиксирует все функциональные и нефункциональные требования к программному продукту, поставит задачи на разработку, проведёт тестирование всех версий продукта и сравнительный анализ требований заказчика и возможностей разработанного приложения.

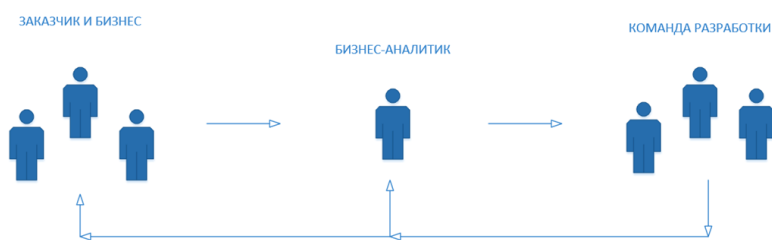


Рисунок 2 – Взаимодействие заказчика, аналитика и команды разработки при принятии решений по программному продукту

Литература. 1. Купер А. Психбольница в руках пациентов / А. Купер – Санкт-Петербург: ПИТЕР, 2020. – 280-282 с. **2.** Чистый код /Р. Мартин - Санкт-Петербург: ПИТЕР, 2020. – 121-130 с.

Реквизиты для справок: 1. Россия, 656038, Барнаул, проспект Ленина, д. 46, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, бакалавру кафедры ИВТ и ИБ Кондурову Игорю Витальевичу, E-mail: igorkondurov@mail.ru **2.** Россия, 656038, Барнаул, проспект Ленина, д. 46, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, , кандидату технических наук, доценту, кафедры Информатики, вычислительной техники и информационной безопасности, Тушеву Александру Николаевичу, E-mail: tushev51@mail.ru

4 ИЗМЕРЕНИЕ, КОНТРОЛЬ, АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАТИЗАЦИЯ В МЕДИЦИНЕ, ЭКОЛОГИИ И ОБРАЗОВАНИИ

УДК 556.043:543.05

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА КАК ПОКАЗАТЕЛЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ БЕНЗ(А)ПИРЕНОМ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ МЕТОДОМ ВЭЖХ

А.А. АНДРЕЕВА, А.Г. ШАПОРЕНКО, В.В. НАДВОЦКАЯ

Экорейтинг региона оценивает в совокупности все факторы, влияющие на экологию, такие, как состояние почвенного покрова и воды, атмосферы, нормативные акты в данной сфере и многое другое. На сегодняшний день Алтайский край входит в десятку самых загрязненных регионов согласно экорейтингу РФ, поскольку имеет высокий индекс загрязнения атмосферы, характеризующий состояние и качество воздушного бассейна урбанизированных территорий [1].

Величина, отображающая суммарное накопление загрязняющих веществ, является наиболее чутким индикатором загрязнения атмосферных осадков. Выпавший в зимний период снег удерживает многие загрязняющие вещества за счет влажной седиментации элементов при появлении снежинок в облаках, поэтому массовые доли загрязняющих веществ в талой воде зачастую на порядки выше, чем в атмосферном воздухе. Это позволяет использовать снежный покров при мониторинге экологической ситуации как показатель загрязнения от передвижных и стационарных источников загрязняющих веществ, в том числе, и бенз(а)пирена [2, 3].

Цель работы – исследовать снежный покров г. Барнаула в качестве показателя загрязнения бенз(а)пиреном при исследовании методом ВЭЖХ.

Бенз(а)пирен – ароматическое соединение, является представителем полициклических углеродов, относится к первому классу опасности. Соединение является результатом технического процесса, основными источниками его считаются сжигание жидких и твердых органических веществ, а также древесины, нефтепродуктов, автомобильный транспорт, асфальт. В основном для определения и концентрации бенз(а)пирена применяется метод жидкостной хроматографии.

Поскольку основным источником бенз(а)пирена в Барнауле являются промышленные предприятия, частный сектор (сжигание дров) и автомагистрали, то для исследования на наличие и концентрацию бенз(а)пирена была разработана экологическая карта Барнаула, на которой выбрано для проведения экспериментов шесть загрязненных участков г. Барнаула (рисунок 1).

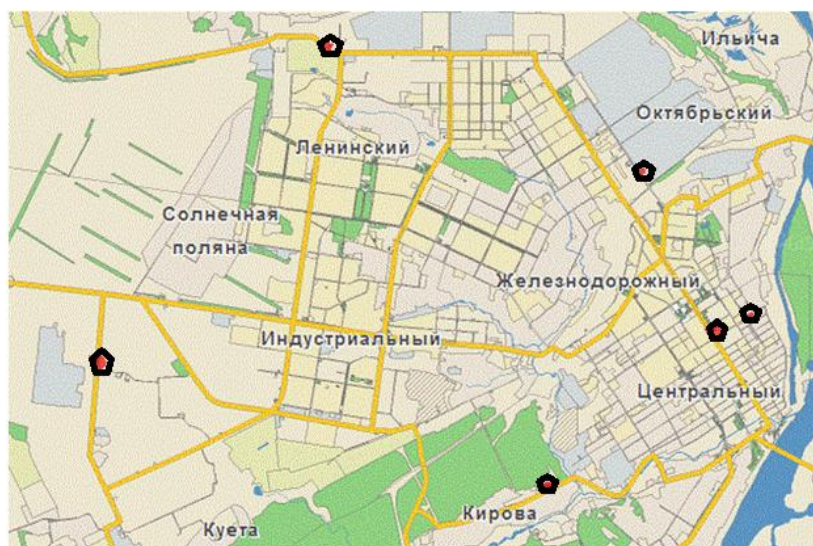


Рисунок 1 – Места отбора пробы снежного покрова

На рисунке 1 изображены места отбора пробы снегового покрова с загрязнением атмосферы постоянным сжиганием нефтепродуктов, древесины промышленных предприятий, частного сектора или с большим скоплением транспортных средств. В том числе, автодорога на пр-те Комсомольский в районе общежитий АлтГТУ в 3-5 м от автодороги, частный сектор в Центральном районе, частный сектор в районе корпуса ИнАрхДиз (возле котельной), участок, соседствующий с шинным заводом и участок в районе ТЭЦ-3 с учетом розы ветров, частный сектор у р. Барнаулка (низина - область скопления смога).

Пробы снегового покрова брали по векторно-площадному методу. Для более точных данных на выбранной местности каждый раз было взято по три пробы следующим способом:

- строился равносторонний треугольник на выбранной площадке со сторонами от 10 до 30 метров.
- в каждой вершине чертился квадрат со стороной 1 метр.
- в построенных квадратах снег отбирался методом конверта (по вершинам и в середине);
- с каждого квадрата было взято по три пробы.

Для проведения исследования водных проб методом ВЭЖХ необходим 1 литр воды для проведения одного эксперимента, а это примерно 4-10 литров снега в зависимости от уплотненности, поэтому пробу утрамбовывали после выемки из сугроба. Объем снега брался такой, чтобы он выпарился в воду объемом не меньше 1000 см^3 .

Каждая проба бралась на всю глубину для суммирования всех загрязнений за период его нахождения. Далее отобранные пробы снега растапливались при комнатной температуре для выполнения пробоподготовки и анализа на наличие и концентрацию бенз(а)пирена методом ВЭЖХ в лаборатории кафедры «Информационные технологии». Методика измерения массовой концентрации бенз(а)пирена в пробах природных, питьевых и сточных вод методом ВЭЖХ позволила определить концентрацию бенз(а)пирена в объеме каждой пробы (рисунок 2).

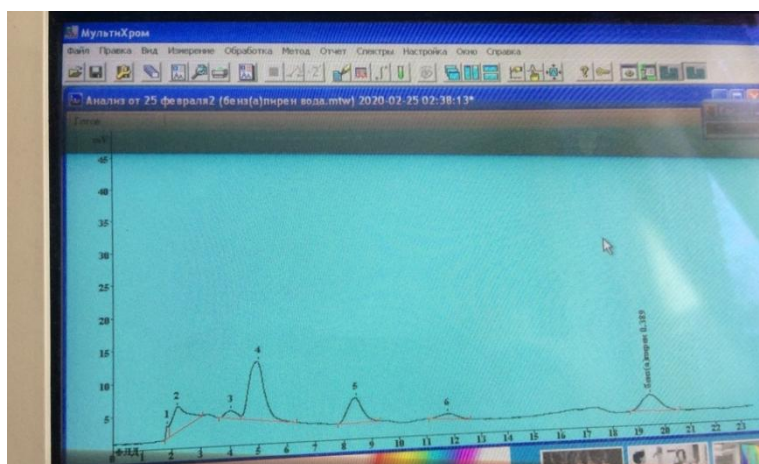


Рисунок 2 – Хроматограмма пробы, приготовленной из снежного покрова (Барнаул, ул. Аванесова, 132)

Идентификация предполагаемого бенз(а)пирена производится по наличию пика на хроматограмме анализируемой пробы в диапазоне 17-22 минут эксперимента. На рисунке 2 показано наличие бенз(а)пирена с помощью программы МультиХром.

Большинство выбросов загрязняющих веществ концентрируется в атмосфере, а после таяния снежного покрова - в верхних слоях почвы. Поэтому качество снежного покрова является показателем влияния источников загрязнения атмосферного воздуха на поверхность земли [3].

Заключение. В работе исследован снежный покров г. Барнаула в качестве показателя загрязнения бенз(а)пиреном при исследовании методом ВЭЖХ. Для проведения исследований была составлена экологическая карта г. Барнаула с учетом работы промышленных предприятий, частного сектора, автомагистралей, рельефа местности и розы ветров. Снеговой покров

в Барнауле на исследование брали в середине марта, поэтому можно сказать, что количество загрязняющих веществ в полученной талой воде являются суммарным накоплением загрязняющих веществ за зимний период от установления стабильного снежного покрова до времени начала снеготаяния. В данный момент полученные пробы талой воды исследуются на наличие и концентрацию бенз(а)пирена в пробах снежного покрова г. Барнаула в различных неблагоприятных с экологической точки зрения районах. В дальнейшем планируются исследования корреляционной зависимости загрязнения снежного покрова от показателей загрязняющих веществ атмосферного воздуха.

Литература. 1. Экологическая ситуация в городе Барнауле [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vuzlit.ru/1331283/ekologicheskie_problemy_barnaula. – Загл. с экрана. **2.** Грачева И.В. Геоэкология снегового покрова урбанизированных территорий северной лесостепи Южного Урала: дис. кандидата географических наук / Грачева И. В. – Санкт-Петербург, 2011. – 18 с. **3.** Опыт использования снежного покрова в качестве универсального показателя загрязнения урбанизированных территорий [Текст] / Д. В. Машкин [и др.] // Известия Иркутского государственного университета. Сер.: Биология. Экология. - 2016. - Т. 18, № 12. - С. 58-73.

*Реквизиты для справок. Россия, 656038, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, Алтайский государственный технический университет им. Ползунова, кафедра информационных технологий, к.п.н., доцент **Надвоцкая В.В.** nadvotskaya7@mail.ru, тел. 29-09-13.*

УДК 004.021:53.088

РЕАКЦИЯ ЗЕРЕН ПШЕНИЦЫ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

С.П. ПРОНИН, В.В. ЧЕГРОВ, Н.Н. БАРЫШЕВА

Пшеница является одной из важнейших продовольственных культур. Среди зерновых она занимает ведущее место по площадям и валовому сбору зерна. Важным фактором получения высокого урожая является высокое качество посевного материала. Для повышения качества зерна выводят новые сорта, применяют сепарирование. Новые или сепарированные зерна требуют проверки их качества. Для диагностики и контроля качества посевного материала используют различные методы и средства. Одним из методов является метод, основанный на измерении мембранного потенциала. При изучении электрофизических свойств зерен пшеницы у них обнаружен потенциал покоя и переменный потенциал [1]. При исследовании мембранного потенциала установлено, например, что зерна с низкой всхожестью имеют потенциал покоя -187 мВ, у зерна с высокой всхожестью зафиксирован потенциал -64 мВ [2]. Качество зерна во многом зависит от проницаемости оболочки. Оболочка – это мембрана. Модель биологической мембраны растительного происхождения представляют в виде эквивалентной электрической схемы параллельного соединения конденсатора и сопротивления [3].

Целью работы является исследование реакции зерен пшеницы на воздействие переменного напряжения с различной частотой.

Объектом исследования являлись зерна пшеницы урожая 2019 г. сорта Тасос. Для исследований были выбраны 30 зерен с аэродинамическим свойством 9 м/с. Разделение на фракции по аэродинамическим свойствам производили с помощью лабораторного парусного классификатора К-93.

Подготовка зерен к измерениям осуществлялась следующим образом. Зерна помещали в углубления поролоновой губки и заливали дистиллированной водой. Губки были расположены в пластиковых лотках, после чего лотки помещали в термошкаф и устанавливали температуру 21°C . Зерно находилось в термошкафе 16 часов. После набухания каждое зерно помещали в электрод-держатель и прокалывали оболочку электродом-иглой. На рисунке 1 изображена эквивалентная электрическая схема зерна и его подключение в электрическую цепь.

На вход подавали синусоидальное напряжение от генератора ГЗ 112/1. Точки 1 и 2 характеризуют два электрода. Выходное напряжение записывали на ПК с помощью АЦП ЛА-50USB и программы Saver. В качестве примера на рисунке 2 представлено синусоидальное напряжение с генератора, фиксируемое программно-аппаратным комплексом (ПАК) без подключения зерна. На рисунке 3 – изменения амплитуды гармонического сигнала с подключенным зерном. Частота гармонического сигнала составляла 10 Гц.

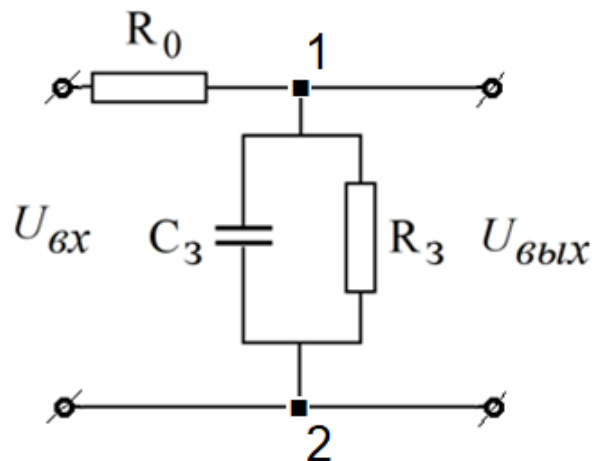


Рисунок 1 – Эквивалентная электрическая схема зерна и его подключение в электрическую цепь

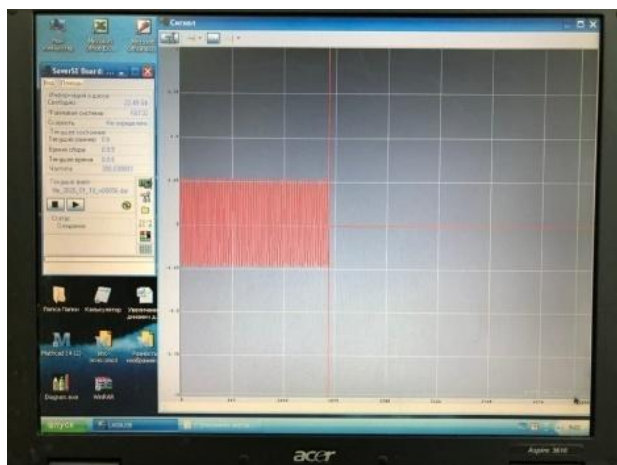


Рисунок 2 – Гармонический сигнал без подключения зерна. Частота 10 Гц

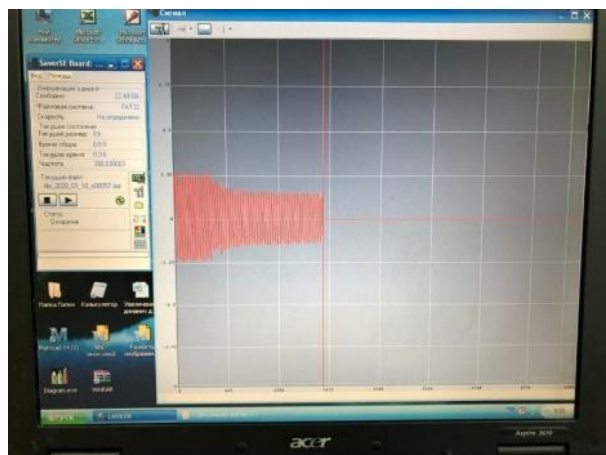


Рисунок 3 – Гармонический сигнала с подключенным зерном. Частота 10 Гц

Как видно из представленных рисунков, с подключением зерна амплитуда напряжения на выходе уменьшается. Измерения были выполнены на частотах: 10, 20, 30, 40, 50 Гц. Результаты эксперимента отражены на графике, приведенном на рисунке 4.

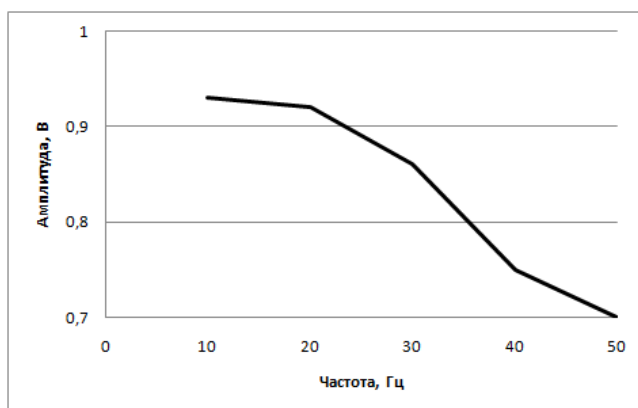


Рисунок 4 – Зависимость амплитуды выходного напряжения от частоты

Выводы.

Исходя из полученной экспериментальной зависимости амплитуды выходного напряжения от частоты, можно сказать, что оболочка зерна представляет собой фильтр нижних частот. С повышением частоты амплитуда выходного сигнала уменьшается. Таким образом, в приведенной эквивалентной электрической схеме работает только один элемент – конденсатор. Но тогда следует признать, что оболочка зерна имеет очень высокое сопротивление. Такой вывод не противоречит научным данным. Например, в литературе [4] отмечают, что удельная емкость мембран у различных биологических объектов почти одинакова, а вот удельные сопротивления имеют существенные отличия.

Эксперименты выполнены осенью на зерне, которое еще не прошло так называемого послеуборочного дозревания. Возможно, что именно этот факт и определяет очень высокое сопротивление.

Литература. 1. Барышева Н. Н., Пронин С. П. Метод определения всхожести семян пшеницы на основе мембранных потенциалов // Инженерные технологии и системы. – 2019. – Т. 29. – № 3. – С. 443-455. 2. Барышева Н.Н., Пронин С.П. Результаты теоретических и экспериментальных исследований изменения мембранного потенциала зерен пшеницы разной всхожести // Дальневосточный аграрный вестник. – 2018. – №2. – С. 141-145. 3. Голев И.М., Титов С.А., Коротков Л.Н. Электрическая эквивалентная схема биологических объектов растительного происхождения // Вестник ВГУИТ. – 2014. – №4. – С. 199 - 205. 4. Беркинблит М.Б., Глаголева Е.Г. Электричество в живых организмах. – М.: Наука, 1988. – 288 с.

Реквизиты для справок: Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина 46, Алтайский государственный технический университет, доктору технических наук, профессору, Пронину С.П., тел. 8-913-085-96-65. E-mail: sppronin@mail.ru

УДК 543.54

ОБРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ БЕНЗ(А)ПИРЕНА В ПРОБАХ ТАЛОЙ ВОДЫ

А.А. АНДРЕЕВА, А.Г. ШАПОРЕНКО, В.В. НАДВОЦКАЯ

Ежегодно в России большими темпами развивается промышленность, данное обстоятельство отрицательно складывается на окружающей среде. Воздух становится тяжелее, почвенный покров переуплотняется, зеленая часть планеты гибнет. В состав загрязняющих ве-

ществ входит и бенз(а)пирен. К основным источникам данного поллютанта относятся: отопление (сжигание древесины, угля), работа промышленных предприятий, автомобильный транспорт. Поскольку бенз(а)пирен является биоаккумулирующим соединением, то относится к суперэкоотоксикантам 1-го класса опасности.

Цель работы – обработка измерительной информации для определения массовой концентрации бенз(а)пирена в пробах талой воды.

Как известно, снежный покров является эффективным источником для определения показателей количества загрязняющих веществ в атмосфере в период от выпадения до таяния снега. Исследование проб снежного покрова г. Барнаула на наличие и концентрацию бенз(а)пирена проводилось в нескольких районах г. Барнаула, наиболее загрязненных согласно разработанной ранее экологической карте. Были определены следующие участки для отбора проб: ул. Аванесова, 132, ул. Песчаная 20, пр. Комсомольский 71/1, район БШЗ, ул. Тракторная 46, ул. Приречная, 2Б.

Исследование и анализ полученных проб талой воды производился методом ВЭЖХ. На рисунке 1 приведена структурная схема хроматографа.

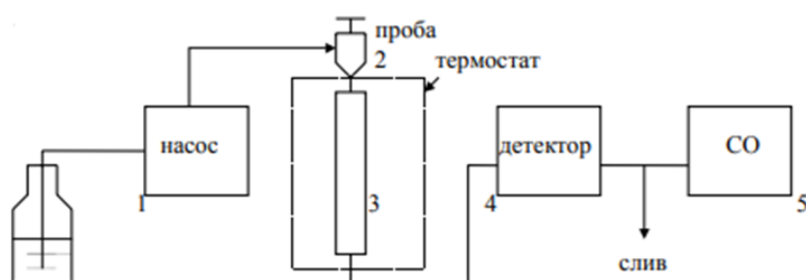


Рисунок 1 – Структурная схема хроматографа

Для проведения экспериментов использовалось следующее оборудование: стандартный набор лабораторной посуды, весы аналитические, центрифуга, пресс-форма ПФ-13, «Люма-хром» с флуориметрическим детектором «Люмахром ФЛД 2410 Флюорат-02-2М» (рабочий спектральный диапазон, нм: по возбуждению от 250 до 650, по регистрации от 250 до 650), колонка C18 Kromasil 2,1x150, зерно 6,2 мкм (предел допускаемого значения относительного среднего квадратического отклонения выходного сигнала $n=5$, % по времени удерживания 1,5, по площади пика 4), микрошприц на 100 мкл [1, 2].

Пробы снега были отобраны по ГОСТ 31861, ГОСТ 31862 и ГОСТ 17.1.5.05. Выбирались темные стеклянные бутылки для отбора, транспортировки и хранения проб. Дальнейшая экстракция бенз(а)пирена из проб воды проводилась с помощью гексана. Данный способ применяется для любых водных проб, включая питьевую воду, грунтовую и пр. После данный экстракт был высушен до сухого остатка и растворен в 1 мл ацетонитрила [1].

После получения проб снежного покрова и процедуры пробоподготовки были проведены с помощью хроматографа исследования талой воды на наличие и концентрацию в ней бенз(а)пирена. На рисунке 2 показано наличие бенз(а)пирена с помощью программы МультиХром в частном секторе Центрального района. По наличию пиков можно судить о достаточно большом наборе загрязняющих веществ, осажденных из атмосферы в снег.

После получения хроматограмм необходимо обработать измерительную информацию и вычислить концентрацию бенз(а)пирена в объеме каждой пробы, взятой в определенном районе города. Для каждой точки взятия пробы снежного покрова было проведено три параллельных измерения и получено, соответственно, три хроматограммы. Результат измерений был посчитан как среднее арифметическое значение содержания бенз(а)пирена в концентрате анализируемой пробы.

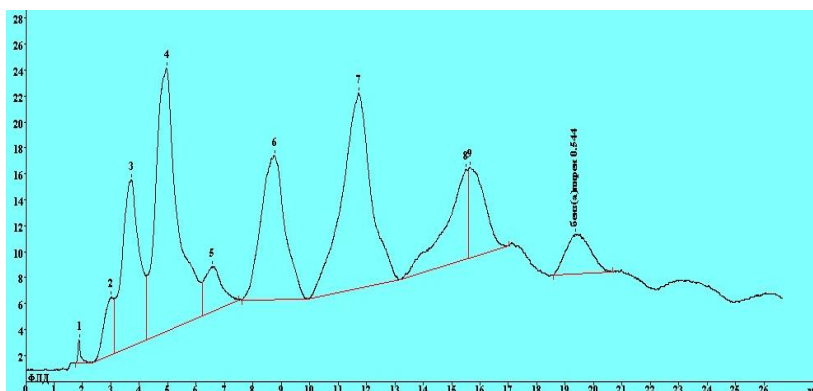


Рисунок 2 – Хроматограмма пробы снежного покрова (Барнаул, ул. Песчаная, 20)

Расчет концентрации в пробе произведен по формуле:

$$X=(C_k*V_k*Q*1000)/(V_{пр}*\eta), \quad (1)$$

где X – массовая концентрация бенз(а)пирена в пробе, нг/дм^3 ;

C_k – измеренное значение массовой концентрации бенз(а)пирена в концентрате пробы, нг/дм^3 ;

V_k – объем концентрата пробы, см^3 ;

η – коэффициент прохождения бенз(а)пирена;

Q – коэффициент разбавления концентрата пробы;

1000 – коэффициент согласования размерности единиц объема [2].

За учет потерь вещества в процессе приготовления пробы отвечает коэффициент η , в нашем случае примерно равен 0,9. Коэффициент разбавления с учетом всех требований равен 0,5. Для выполнения расчета учтем необходимые данные в виде сводной таблицы результатов хроматограмм.

Для дальнейшего представления результатов массовой концентрации бенз(а)пирена в пробах необходимо воспользоваться следующей формой записи:

$$X \pm U, \text{ нг/дм}^3, \quad (2)$$

где $U=0,01*U_{отн}*X$ [2].

С учетом диапазона измерений примем $U_{отн}=55$ и получим итоговые значения массовой концентрации бен(а)пирена в талой воде всех проб, взятых с вышеуказанных участков Барнаула. (табл. 1).

Таблица 1 – Концентрация бенз(а)пирена в исследуемых районах г. Барнаула

источник пробы	тип пробы	концентрация бенз(а)пирена, нг/дм^3	сравнение с ПДК (ПДК в воде 1 нг/дм^3)
ул. Приречная, 2Б	разовая	$0,711 \pm 0,391$	находится в пределах максимума ПДК
ул. Песчаная, 20	разовая	$0,302 \pm 0,1661$	не превышает ПДК
пр. Комсомольский, 71/1	разовая	-	не найдено
ул. Аванесова, 132	разовая	$0,091 \pm 0,0501$	не превышает ПДК
район БШЗ	разовая	-	не найдено
ул. Тракторная 46	разовая	$0,074 \pm 0,0407$	не превышает ПДК

Сравнивая результаты полученных значений концентрации бенз(а)пирена в исследуемых районах г. Барнаула с нормами ПДК, можно сказать, что экологическая обстановка в г. Барнауле не совсем благополучна. В частности, бенз(а)пирен обнаружен в частном секторе Центрального района (ул. Песчаная), в частном секторе от ВДНХ до Змеиногорского тракта (ул.

Аванесова), в районе ТЭЦ-3. В центре города в месте скопления смога (ул. Приречная, 2Б) концентрация бенз(а)пирена практически превышает допустимую норму, а в период таяния снега будет намного выше. В дальнейшем необходимо исследовать почву и талые воды в период таяния снежного покрова для экологического мониторинга неблагополучных с точки зрения экологии районов г. Барнаула.

Заключение. В работе представлены результаты обработки измерительной информации для определения массовой концентрации бенз(а)пирена в пробах талой воды. Расчет концентрации бенз(а)пирена в объеме каждой пробы, взятой в определенном районе города, показал, что экологическая обстановка в г. Барнауле не совсем благополучна, имеются предпосылки для обнаружения превышения ПДК в нескольких районах города при таянии снежного покрова и угрозе здоровья жителей.

Литература. 1. Надвоцкая В.В., Горелова О.М., Котлубовская Т.В., Андреева А.А., Шапоренко А.Г. Экстракция бенз(а)пирена из проб воды для исследования методом ВЭЖХ // Ползуновский альманах. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2019. – №4. – С. 77-80. 2. ПНД Ф 14.1:2:4.186-02 Определение бенз(а)пирена в пробах воды [Электронный ресурс] группа компаний «ЛЮМЭКС» – сайт производителя. – 2010. – Режим доступа: <https://www.lumex.ru/metodics/16AR02.08.08-1.pdf>. – Загл. с экрана (дата обращения 04.05.2020).

Реквизиты для справок. Россия, 656038, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, Алтайский государственный технический университет им. Ползунова, кафедра информационных технологий, к.п.н., доцент **Надвоцкая В.В.** nadvotskaya7@mail.ru, тел. 29-09-13.

5 ЭЛЕМЕНТЫ, УСТРОЙСТВА И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ, КОНТРОЛЯ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ

УДК 004.032.26

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ (НА ПРИМЕРЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ АВТОМОБИЛЬНЫХ МАСЕЛ)

Д.Е. КРИВОБОКОВ, В.А. СОЛОВЬЕВ, К.Д. КРИВОБОКОВ

Качество моторного масла влияет на нормальную работу двигателя, его ресурс, потребление топлива, динамические характеристики машины. Однако показатели качества масла сегодня можно выяснить только с помощью сложного химического анализа. [1].

Решая проблему оперативного контроля качества автомобильного масла, мы выяснили, что для определения концентрации содержащихся в нем ненужных примесей, таких как вода, продукты износа и остатки продуктов горения, можно использовать удобные для измерения физические параметры, такие как электрическая проводимость, вязкость, оптическая плотность и температурная чувствительность вязкости масла. Полученные нами функциональные зависимости, связывающие удобные для измерения параметры с концентрациями ненужных примесей в масле, являются обратными относительно задачи контроля качества масла, что продиктовано необходимостью адекватного отображения физических связей.

Традиционные методы решения трудоемки, не всегда обеспечивают требуемую точность, быстрое действие, а также требовательны к ресурсам вычислительной системы.

В последние годы появился интерес к применению нейронных сетей, связанный с трудностями использования стандартных методов при поиске решений в нелинейных моделях, при работе с большими объемами данных (высокая размерность, большое число уравнений и условий) [2].

По этой причине появилась гипотеза о возможности применения нейронной сети.

Таким образом, **целью** статьи является показать возможность применения нейронной сети, реализуемой на малых вычислительных мощностях, для поиска решений системы нелинейных уравнений.

Для установления связи между содержащимися в масле концентрациями нежелательных инородных примесей и параметров, которые доступны для измерения непосредственно в агрегатах автомобиля, таких как вязкость, её температурная чувствительность, электрическая проводимость и оптическая плотность, были проведены экспериментальные и теоретические исследования [3].

В результате получены следующие упрощенные зависимости:
для оптической плотности:

$$rm = 10^{-(k_{0r} + k_{1r} \cdot C_{вод} + k_{2r} \cdot C_{износ} + k_{3r} \cdot C_{нер.орг.})},$$

для электропроводимости:

$$gm = k_{1w} \cdot C_{воды} + k_{2iz} \cdot C_{износ} + k_{g0},$$

для вязкости:

$$vm = \frac{k_{0v} + k_{1v} \cdot C_{вод} + k_{2v} \cdot C_{износ} + k_{3v} \cdot C_{нер.орг.} \cdot (1 + k_{3v} \cdot T)}{k_{5v} + k_{6v} \cdot T^2},$$

для зависимости вязкости от температуры:

$$Sm = \frac{\Delta v}{\Delta T} = k_{0s} + k_{1s} \cdot C_{нер.орг.},$$

где:

k_{1w}, k_{2iz} – коэффициенты;

k_{go} – ЭП масла;

$C_{\text{воды}}$ – концентрация воды;

$C_{\text{износ}}$ – концентрация частиц металла, образованных износом;

$C_{\text{нер.орг}}$ – концентрация остатков от продуктов горения и органических примесей.

Измеренные параметры обозначаются как g , r , v , S и T , а вычисленные обозначаются как gm , rm , vm , Sm .

Функциональные зависимости представляют собой уравнения с весовыми коэффициентами, с помощью которых эти уравнения настраиваются на отображение свойств конкретного типа масла с учетом концентраций иных компонентов, входящих в его состав и образующихся в процессе эксплуатации.

На текущий момент классическое применение нейросетей для решения задач математической физики, а также инженерных задач, требует достаточно больших вычислительных мощностей. В случае, если разрабатываемое устройство малогабаритное, встраиваемое и в условиях своей доступности для приобретения не может оснащаться дорогой электроникой, требуются нейросети небольшого размера, способные «уместиться» в малых вычислительных ресурсах, сохранить способность к обучению и обеспечить решение задач.

Поэтому была сформулирована гипотеза о возможности применения нейросети в устройствах контроля в качестве регулятора-компаратора при подборе искомых значений, являющихся параметрами функциональных зависимостей. При этом сравниваются выходные значения функций, рассчитанные для текущих значений искомых параметров, с измеренными значениями, и по разности между ними нейросеть принимает решение о корректировке искомых параметров на определенное значение. В этом случае от нейросети не требуется высокая точность работы, поскольку процесс уравнивания должен происходить в несколько этапов (циклов), что позволяет исправлять неточности в следующем цикле, уменьшая их вклад в результат. Таким образом, ожидаемый размер нейросети должен быть существенно меньше, чем при традиционных методах решения подобных задач контроля, основанных на применении обратных функциональных зависимостей относительно искомых параметров.

В основу структуры механизма численного решения системы сложных уравнений был положен принцип уравнивания. При этом должно быть некоторое устройство принятия решений, которое будет изменять в функциональных зависимостях значения контролируемых концентраций ненужных примесей до тех пор, пока соответствующие им расчетные значения электропроводности, вязкости, её температурной чувствительности и оптической плотности не совпадут с измеренными с помощью датчиков значениями. Таким устройством принятия решений является нейросеть. Процесс работы механизма можно упрощенно показать на примере взвешивания неизвестного груза на коромысловых весах.

Можно представить, что на одной чаше коромысловых весов установлен груз с неизвестной массой, а на другую чашу помещаются гирьки с известной массой. Процесс взвешивания длится до тех пор, пока не будет помещена гирька с необходимой массой, при которой наступит равновесие. В воображаемой системе на обе чаши весов действует один и тот же закон тяготения, происходит сравнение веса двух грузов, в результате чего коромысло наклоняется в ту или иную сторону.

В нашем механизме на измеряемые параметры (электрическая проводимость, вязкость и её температурная чувствительность, оптическая плотность) действует реальные физические законы, которые протекают внутри масла. С другой стороны им противопоставляются математические функции, отображающие ту же природу явлений. Неизвестная масса в коромысловых весах соответствует концентрациям нежелательных примесей, а процесс уравнивания – это нахождение оптимального значения подбираемой гирьки. В примере оператор подбирает необходимый вес гирек, уравнивая весы, причем если он достаточно опытный, то груз подбирает очень быстро, оценивая скорость движения коромысла. В нашем случае оператором является устройство принятия решений, которое устанавливает связь между расхождениями измеренных и рассчитанных параметров и вычисляет необходимые регули-

ровки концентраций для того, чтобы это расхождение уменьшить. Следует отметить, что для оценки качества масла устройством принятия решений одновременно должно подбираться три параметра – концентрации нежелательных примесей ($C_{\text{воды}}$, $C_{\text{износ}}$, $C_{\text{нер.орг}}$) при сравнении расхождения по четырем (электрическая проводимость, вязкость и её температурная чувствительность, оптическая плотность).

Нами были проведены эксперименты с различными структурами нейронной сети. При обучении мы использовали структуру нейросети с 2-мя, 3-мя, 4-мя скрытыми слоями, от 5 до 25 нейронов в каждом слое. Основная задача заключалась в нахождении наименьшего размера нейросети, при котором поиск численного решения уравнений будет выполняться с приемлемой для нас точностью. Наиболее удачным вариантом оказалась структура с 3 скрытыми слоями по 8 нейронов в каждом слое. Такая нейросеть показала меньшую ошибку при вычислении по сравнению с 2-х слойной нейросетью, меньшее время обучения и более низкие требования к ресурсам по сравнению с сетями с большим количеством нейронов и слоев при приблизительно такой же ошибке в вычислениях.

Было определено, что ошибки обучения в 5% достаточно для поиска численного решения системы уравнений с погрешностью около 1%, поскольку выходными сигналами нейросети являются поправки к соответствующим значениям концентраций ненужных примесей в масле. Однако, если нейросеть будет обучена с большой ошибкой (более 20%), процесс численного решения становится очень долгим из-за частых «промахов». Слишком малая ошибка обучения требует большого размера нейросети, что плохо соответствует условиям её применения, в частности на микроконтроллерах.

В качестве программы, в которой создавалась, обучалась и тестировалась нейросеть, выступила демоверсия Neural Network Wizard, поскольку работу в ней очень легко освоить (рисунок 1) [4].

Все вычисления значения функциональных зависимостей и составление обучающих выборок выполнялось в программе OpenOffice.

Структурная схема предлагаемого механизма численного решения системы сложных уравнений представлена на рисунке 2.

Для нахождения концентрации нежелательных примесей в масле ($C_{\text{воды}}$, $C_{\text{износ}}$, $C_{\text{нер.орг}}$) используются обратные с точки зрения измерительной задачи функциональные зависимости, полученные в результате экспериментальных и теоретических исследований, и значения параметров, измеренные датчиками (электропроводимость g , оптическая плотность g , вязкость ν , её температурная чувствительность S , температура T).

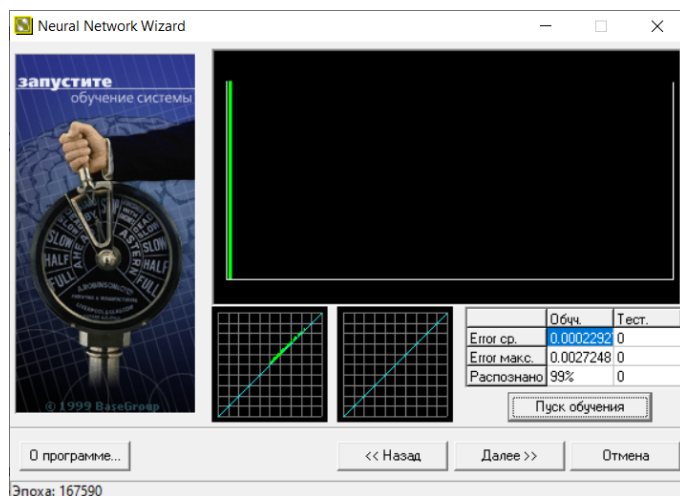


Рисунок 1 – Обучение в программе NNW

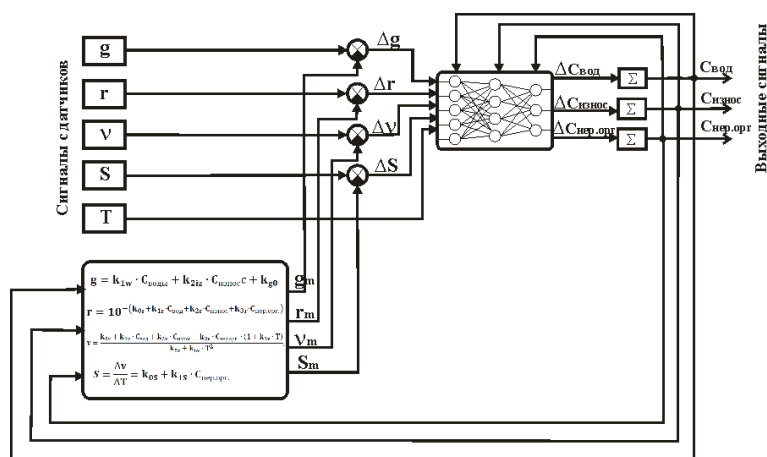


Рисунок 2 – Структурная схема предлагаемого механизма численного решения

Вначале произвольно из диапазона, определенного при исследовании, берутся значения $C_{\text{воды}}$, $C_{\text{износ}}$, $C_{\text{нер.орг}}$ и подаются на вход функциональных зависимостей для расчета следующих параметров: электрическая проводимость g_m , оптическая плотность r_m , вязкость v_m , её температурная чувствительность S_m . Далее нейросеть сравнивает высчитанные показатели с соответствующими им измеренными, и находит ошибку, которую мы допустили при произвольном подборе концентраций нежелательных примесей. Устройства суммирования корректируют значения концентраций с учетом полученной соответствующей ошибки, после чего скорректированные значения снова подаются на вход функциональных зависимостей. Цикл вычислений повторяется до тех пор, пока корректировки для значений концентраций не станут приемлемыми.

В результате проделанной работы на основе нейросети разработан и апробирован механизм численного решения системы из четырех уравнений, два из которых нелинейные. Система уравнений включает в себя функциональные зависимости, отражающие физическую связь между параметрами, характеризующими качество автомобильного масла (концентрация воды, продуктов износа и остатков продуктов горения), с параметрами, удобными для измерения (электропроводность, оптическая плотность, вязкость масла и её температурная чувствительность).

Разработана методика обучения нейросети для корректировки значений концентраций на входах функциональных зависимостей.

Нейросеть на основе экспериментальных данных параметров масла находит решение системы уравнений с точностью около 1% за 5-7 циклов корректировки значений концентраций на входах функциональных зависимостей.

Литература. 1. Большая энциклопедия транспорта. – М. : Махаон, 2012. – 192 с. **2.** Васильев А.Н. 2007 Нейросетевое моделирование в математической физике. **3.** Балтенас Р., Сафонов А.С. и др. Моторные масла. Производство. Свойства. Классификация. Применение. Москва-СПб.: Альфа-Лаб, 2000г. – 272 стр. **4.** Современные информационные технологии. Изучение принципов работы программного эмулятора нейрокомпьютера Neural Network Wizard 1.7. Учебно-методическое пособие по дисциплинам «Интеллектуальные информационные системы» и «Системы искусственного интеллекта» / С.Е. Меньшенин; М-во образования и науки РФ, Шахтинский ин-т (филиал) ЮРГТУ (НПИ). – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2006. – 64 с. – 50 экз.

Реквизиты для справок: Россия, 656038, Барнаул, проспект Ленина, д. 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», кафедра «Информационные технологии», кандидату технических наук, доценту, Кривобоккову Д.Е., тел. (385-2) 29-09-13. E-mail: dmitriikrivobokov@mail.ru.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСПРОСТРАНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ЭХО-СИГНАЛА В ОБРАЗЦЕ В АКУСТИЧЕСКОМ МИКРОСКОПЕ

К.С. ЕРМОЛИН, Ю.К. ШЕЛКОВНИКОВ, Н.И. ОСИПОВ

Контроль качества внутренней структуры металлических изделий при их производстве является трудоемкой задачей. Исследования качества внутренней структуры таких изделий обычно осуществляется с помощью их распиливания, получения шлифов с последующим изучением сформированной поверхности. Методы неразрушающего контроля позволяют производить поиск внутренних дефектов без нарушения целостности исследуемых образцов. При этом широкое распространение получила сканирующая акустическая микроскопия. Благодаря использованию акустических волн, она позволяет получать изображения внутренней структуры непрозрачных объектов, не разрушая их.

Достоверная интерпретация полученной информации от акустического микроскопа позволяет оценить состояние и качество внутренней структуры металлических изделий. Актуальность работы состоит в том, что моделирование процесса распространения эхо-сигнала от дефектов внутри объекта исследования позволит правильно интерпретировать реальные эхо-сигналы от различных образцов, полученные с помощью акустического микроскопа [1]. Целью работы является разработка математической модели распространения эхо-сигнала от дефекта через слоистую среду в акустическом микроскопе (в частности, при исследовании металлического образца в иммерсионной жидкости).

Используемые в акустическом микроскопе активные концентраторы (АК) – это фокусирующие излучатели ультразвуковых колебаний (УЗК), представляющие собой изогнутые пьезоэлектрические пластины в форме сегмента сферы или части цилиндра. Интенсивность УЗ колебаний в точке фокусировки намного выше, чем на поверхности АК [2]. Определение интенсивности УЗК в точке фокусировки АК для слоистой среды было рассмотрено в [3]. Необходимо отметить, что для рассматриваемого случая отражения УЗК от слоя с дефектом (либо «дна» образца), распространение колебаний осуществляется без их фокусировки. Составим математическую модель слоистой среды для случая отражения УЗК от слоя с дефектом (либо от «дна» образца). Для определения интенсивности эхо-сигнала введем некоторые ограничения. Рассмотрим линейную модель распространения эхо-сигнала вдоль акустической оси активного концентратора. Считаем, что угол падения при моделировании равен углу отражения (т.е. УЗ волна вернется в ту же точку, откуда была сгенерирована). При этом отраженный сигнал будет затухать аналогичным образом, как и сгенерированный сигнал. Все слои, через которые проходят УЗК, будут однородными.

Отраженные ультразвуковые колебания имеют фронт ультразвуковой волны в виде расходящейся сферы с центром в точке отражения. Амплитуда волны уменьшается обратно пропорционально расстоянию от точки отражения [2], а интенсивность убывает обратно пропорционально квадрату этого расстояния [4]:

$$I(x) = I_0 \frac{2\pi^2 a^4}{\lambda^2 x^2 \rho c}, \quad (1)$$

где I_0 – начальная интенсивность УЗК в точке отражения; $\lambda = c / f_{\text{УЗ}}$ – длина УЗ волны; $f_{\text{УЗ}}$ – частота УЗК; x – расстояние от точки отражения вдоль акустической оси активного концентратора; ρ – плотность среды, в которой распространяются УЗК; c – скорость распространения УЗК в среде.

Составим систему уравнений для слоистой среды, в которой распространяется эхо-сигнал. Согласно принципам построения системы [3], запишется уравнение распространения ультразвуковых колебаний для каждого однородного слоя среды. Коэффициенты затухания для каждого типа среды описаны в [3]. Рассмотрим систему уравнений для случая, когда УЗК отражаются от слоя с дефектом:

$$I(x) = \begin{cases} I_0 \frac{2\pi^2 a^4}{\lambda^2 x^2 \rho c} K_{обр} n_{при} - x < X_{обр}; \\ \left(I_0 \frac{2\pi^2 a^4}{\lambda^2 X_{обр}^2 \rho c} \cdot K_{вод} \cdot K_{прых} \right) \frac{2\pi^2 a^4}{\lambda^2 x^2 \rho c} \cdot K_{вод} n_{при} - x > X_{обр}; \end{cases} \quad (2)$$

$$I_0 = I_{зона} \cdot K_{отр}, \quad (3)$$

где $K_{обр}$ – коэффициент затухания ультразвука в твердой среде (металлический образец); $K_{вод}$ – коэффициент затухания в жидкой среде (иммерсионная жидкость); $I_{зона}$ – фактическая интенсивность УЗК перед слоем с дефектом, которая генерировалась активным концентратором; $K_{отр}$ – коэффициент отражения УЗК от раздела среды образец – дефект; $X_{обр}$ – расстояние от слоя с дефектом до слоя с иммерсионной жидкостью, которое проходят УЗК.

В рассматриваемом случае дефект – воздушная полость в металлическом образце (рисунок 1).

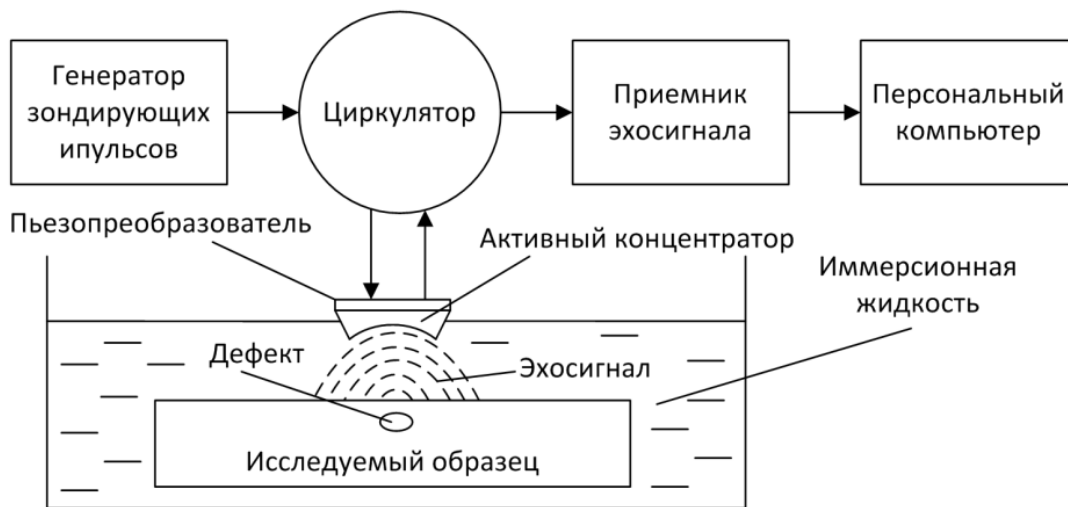


Рисунок 1 – Распространение эхо-сигнала в слоистой среде

Первое уравнение системы (2) описывает распространение эхо-сигнала внутри образца, второе – в иммерсионной жидкости до активного концентратора (рисунок 1). Выражение в скобках рассчитывается как начальная интенсивность УЗК (которая распространяется через переход образец – иммерсионная жидкость). При более сложной модели слоистой среды в систему (2) вводятся уравнения по типу (1) с учетом коэффициентов затухания и прохождения УЗК в среде.

Необходимо отметить, что специфика распространения УЗК от сферического излучателя упрощает систему уравнений по сравнению с [1]. В системе нет учета преломления сред, так как нет фокусирующего эффекта активного концентратора. Однако затухание эхо-сигнала происходит сильнее.

Система уравнений распространения эхо-сигнала от «дна» образца (по сравнению с отражением от слоя с дефектом) изменится незначительно. Отличие состоит в изменении коэффициента отражения $K_{отр}$ для нахождения I_0 . В первом (с «дном» образца) коэффициент отражения рассчитывается для слоев образца и иммерсионной жидкости, а для второго случая (с дефектом) $K_{отр}$ рассчитывается для слоя образца и дефекта.

Для того чтобы определить начальную интенсивность эхо-сигнала, с которой он распространяется в слоистой среде, необходимо рассчитать коэффициенты отражения для границ слоев образец – дефект и образец – иммерсионный слой. Используем формулы для расчета коэффициентов отражения $KO_{слой}$ и прохождения $KПp_{слой}$ УЗК [5]:

$$KO_{\text{слой}} = \left(\frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \right)^2; KPr_{\text{слой}} = \frac{4Z_2Z_1}{(Z_2 + Z_1)^2}, \quad (4)$$

где Z_1 – среда, из которой распространяются УЗК; Z_2 – среда в которую распространяются УЗК.

Подставим в формулу (2) значения параметров модели для воздушного дефекта в металлических образцах (из алюминия и стали марки Х18Н9Т). Также рассмотрим вариант образцов без дефекта. Частота УЗК выбрана 100МГц, толщина образца до дефекта – 50мкм. Моделирование осуществлялось в математическом пакете MathCad, с помощью которого возможно визуализировать сложные скрытые процессы, а также сократить материальные и временные затраты на подготовку сложных экспериментов.

На рисунке 2 представлены варианты распространения эхо-сигнала в образцах из стали (графики В, Г) и алюминия (графики А, Б) через иммерсионную жидкость к поверхности АК.

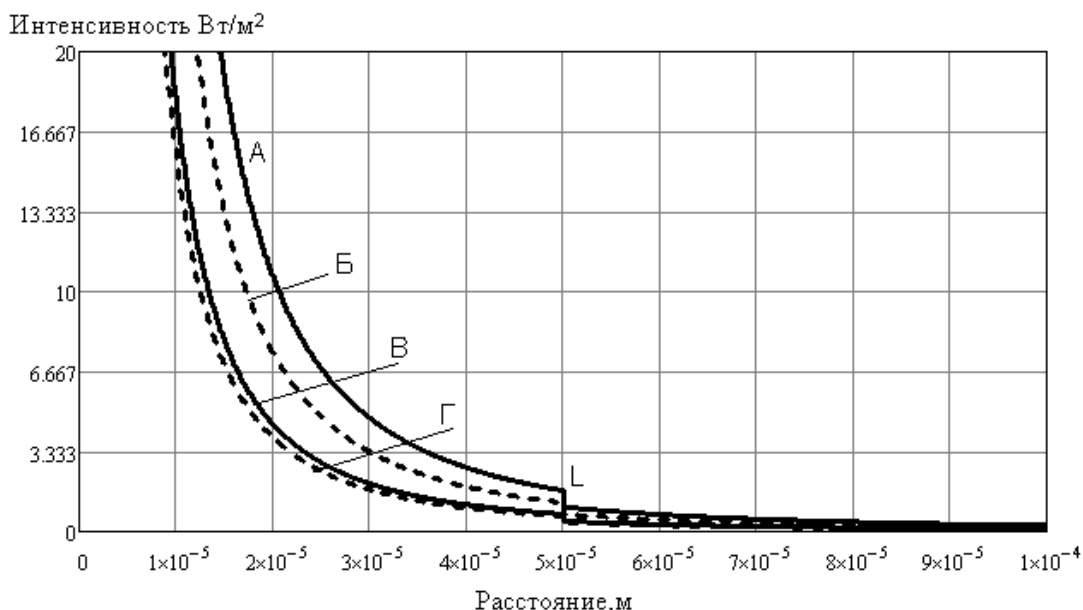


Рисунок 2 – Распространение эхо-сигнала в образцах из углеродистой стали и алюминия

Начальная часть графиков (до критической точки L) иллюстрирует распространение УЗК в образцах. В точке L происходит сильное ослабление эхо-сигнала, вызванное переходом УЗК из твердого образца в иммерсионную жидкость. Конечная часть графиков (после точки L), соответствует распространению УЗК в иммерсионной жидкости до поверхности АК. Для всех четырех графиков использовались одинаковое значение интенсивности $I_{\text{зона}}$ и одинаковое расстояние распространения эхо-сигнала. Однако, для графиков А, В применялся коэффициент отражения от дефекта, а для графиков Б и Г – коэффициент отражения от «дна» образца.

Анализ графиков (рисунок 2) показал, что интенсивность эхо-сигнала на поверхности АК (отраженного от дефекта) на ~30% больше, чем от края образца. Данная зависимость соответствует свойствам сочетаний применяемых сред и формулы (4).

Выводы. Разработана математическая модель распространения эхо-сигнала в образце вдоль акустической оси к АК. Эхо-сигнал распространяется в виде сферической волны с центром в точке отражения от конечного слоя, при этом в зависимости от количества однородных слоев (которые могут входить в состав слоистой среды) вводятся или удаляются уравнения из рассмотренной системы уравнений. Определены отличия в конечной интенсивности эхо-сигнала при различных материалах образцов (из углеродистой стали и алюминия), от воздушного дефекта и края образца. Выявлено, что интенсивность эхо-сигнала на поверхности АК от отраженного дефекта на ~30% больше, чем от края образца. Разработан-

ная модель позволяет точнее интерпретировать реальные эхо-сигналы в акустическом микроскопе и более достоверно распознавать внутренние дефекты в металлических образцах.

Литература. 1. Дементьев В. Б., Шелковников Ю. К., Осипов Н. И., Ермолин К. С. // Акустический микроскоп: пат. 2613339 Рос. Федерация - Опубл. 16.03.2017. 2. Ермолов И.Н., Алешин Н.П., Потапов А.И.. Неразрушающий контроль. В 5 кн. Кн. 2. Акустические методы контроля: Практическое пособие // М., Высш. Шк., 1991.–283с. 3. Ермолин К.С., Шелковников Ю.К., Осипов Н.И. Исследование модели распространения ультразвуковых колебаний в иммерсионной среде с образцом // Ижевск, 2019. 4. Алешин Н.П. Методы акустического контроля // М., Машиностроение, 1989. – 456с. 5. Камлач П.В., Будник А.В., Бондарик В.М. Моделирование прохождения ультразвука через структуры с различной акустической добротностью // Беларусь, Доклады БГУИР, 2008. – №3. – Том 33. – С.27-33.

Реквизиты для справок: Ермолин Кирилл Сергеевич – м.н.с. ИМ УдмФИЦ УрО РАН, e-mail: ermolin@udm.ru; Шелковников Юрий Константинович – д.т.н., г.н.с. ИМ УдмФИЦ УРО РАН, тел.: 8(3412)214583 доб. 210, e-mail: evshelk@mail.ru; Осипов Николай Иванович – к.т.н., с.н.с. ИМ УдмФИЦ УрО РАН, e-mail: niosip@mail.ru

УДК 621.3.08;621.3.001.4

ИЗМЕРЕНИЕ ЭКСЦЕНТРИЧНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ МАГНИТООПТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Ш.С. ЯРКИМБАЕВ

На сегодняшний день ассортимент кабельной продукции очень большой. Одной из ключевых областей промышленности является производство различных проводов и кабельных изделий. Широко используемыми являются медные и алюминиевые провода с изоляцией из поливинилхлорида пластиката, полиэтилена низкой плотности, полиэтилена высокой плотности, пластмассы и резины. Стабильность геометрических и электрических параметров на протяжении всей длины кабелей и проводов определяет его качество. Эти параметры нормируются государственными стандартами и техническими условиями. К геометрическим параметрам проводов относятся: диаметры жилы и изоляции, толщина нанесенной изоляции, эксцентриситет, длина электрического провода.

К электрическим параметрам проводов относятся сопротивление изоляции, электрическое сопротивление жилы, емкость, индуктивность и т.д.

Геометрические и электрические параметры взаимосвязаны. Наличие дефекта жилы или изоляции изменяет не только геометрические параметры, но и электрические параметры (сопротивление жилы и изоляции, емкость).

Эксцентрисичность – параметр, который критичен для данного вида продукции и который непосредственно определяет технические и эксплуатационные характеристики.

Целью работы является анализ и выбор оптимального метода измерителя эксцентрисичности электрического кабеля.

Существует два метода измерения эксцентриситета: контактные и бесконтактные.

В контактных измерениях используется вихретоковый метод, а в бесконтактный магнитооптический метод.

Принцип работы *вихретокового способа* основан на применении резонансных вихретоковых датчиков, которые определяют расстояние от изоляционного покрытия до токоведущей жилы. Датчики устанавливаются в паре (1-3, 2-4), по разные стороны от проверяемого кабеля и прижимаются к поверхности изоляции (рисунок 1). Когда центр жилы совпадает с центром провода, то показания датчиков одинаковы и разность равна нулю. В случае смещения центров разность сигналов, исходящих от датчиков, будет равна отклонению эксцентрисичности жилы от центра контрольной системы. Ось измерения в итоге зависит от разности сигналов.

Для определения направления смещения жилы применяются две пары индуктивных датчиков. Измерительные оси каждой пары: ось 1-3 и ось 2-4 расположены под углом 90° друг к

другу (рисунок 2). Полная величина эксцентриситета рассчитывается как векторная сумма значений, измеренная по осям 1-3 и 2-4.

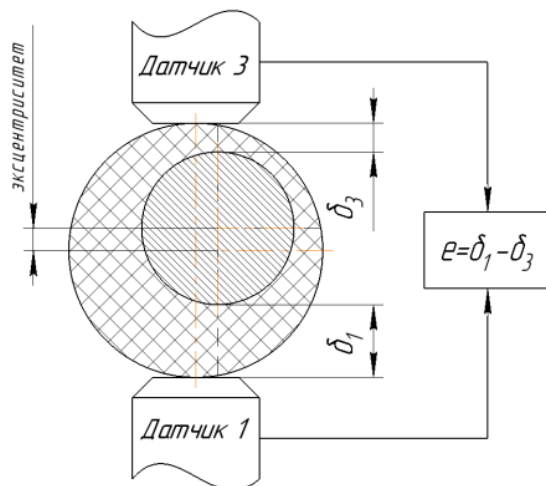


Рисунок 2 – Схема вихревого метод измерения эксцентриситети

Вихретоковую измерительную систему можно применять на экструзионных машинах после охлаждающих ванн, где изоляция выходит с необходимой жесткостью. К тому же при применении данного аппарата после охлаждения водой должна соблюдаться хорошая осушка проводника, потому что остаточная влага на поверхности влияет на точность показаний контроля качества.

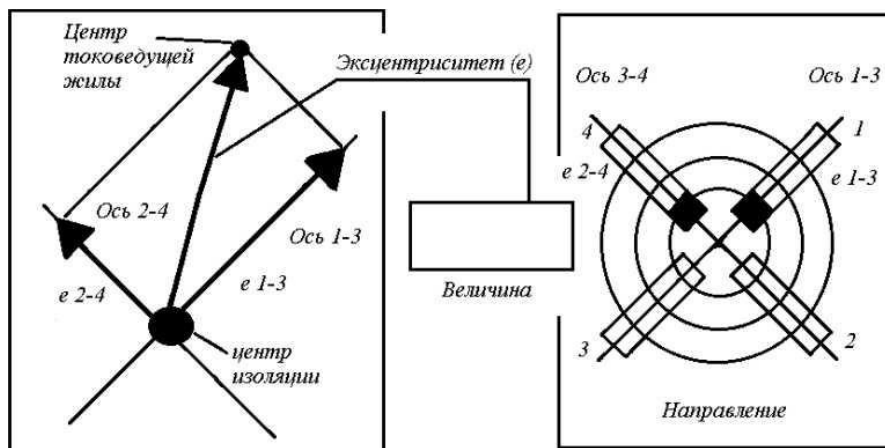


Рисунок 2 – Расположение датчиков в измерительной оси

Магнитооптический метод измерения эксцентриситета.

В основе метода лежит совместное использование оптической двухкоординатной системы для определения положения центра, диаметра внешней оболочки кабельного изделия и трансформаторного взаимоиндуктивного магнитного преобразователя для измерения смещения центра токоведущей жилы. Совместно обрабатывая данные оптического и электромагнитного каналов, можно с достаточной точностью определять эксцентricитет. На рис. 3, б, изображена схема измерителя эксцентricитети, где K1.1–K1.4 и K2.1–K2.4 – катушки магнитных преобразователей, измеряющего смещение токоведущей жилы по первому и второму каналам; Л1; П1 и Л2; П2 – лазер и приёмник излучения первого и второго каналов оптической измерительной системы.

Провод проходит через кольцо магнитопровода, по обмотке, которой протекает переменный ток. В жиле провода индуцируется переменный электрический ток, который создает вокруг провода переменное магнитное поле. В секциях измерительных обмоток наводится эдс за счет магнитного поля. Суммарные ЭДС измерительных обмоток каждой из систем

преобразователей функционально связаны со значениями поперечных смещений проводника. В результате, получаем информацию о положении центра токоведущей жилы. Эксцентриситет вычисляются как разность смещения центра токоведущей жилы относительно оптического центра провода. На рисунке 3 изображена конструкция применяемого метода индуктивно-оптического контрольного преобразователя.

Существующие приборы для измерения эксцентриситета. Мировыми лидерами по разработке приборов в отрасли кабельной промышленности являются «Sikora Industrie-elektronik» (Германия), «Zumbach Electronic Automatic» (Швейцария), НПК «Интеграл». У них бесконтактный метод измерения данного параметра реализован наиболее хорошо.

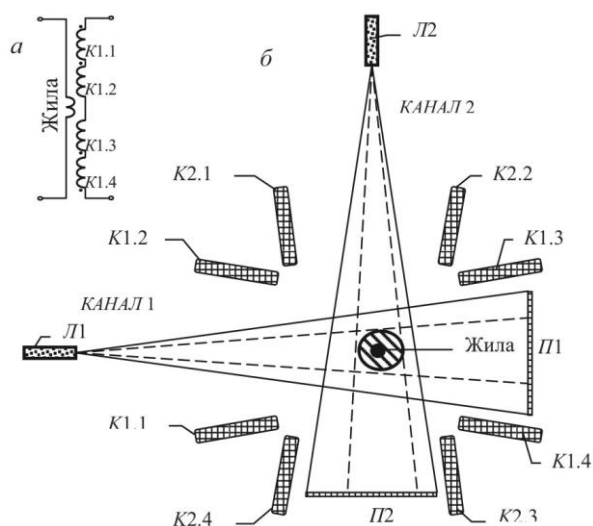


Рисунок 3 – Индуктивнооптический преобразователь: а) схема включения обмоток магнитного преобразователя одного из каналов; б) конструкция преобразователя

Таблица 1 – Приборы измерения эксцентриситета

Фирма	Наименование и метод измерения	Наружный диаметр (мм)	Диапазон измерения эксцентриситета (мм)	Точность измерения (мкм)
«Zumbach»	МЕТРЕХ А4 вихретоковый	0,3-10	0-1	–
«Sikora»	CENTERVIEW 2025 Индуктивнооптический	0,5-25	0-1	±5
НПК «Интеграл»	Е-25	0,5 – 20	0-1	±5
	Е-50	1 – 50	0-1	±7,5
	Е-80	5 – 80	0-1	±10

Таким образом, были рассмотрены основные методы измерения эксцентриситеты электрического кабеля. Наибольший потенциал представляют бесконтактные методы. Результатом работы будет являться разработка прибора на основе магнитооптического метода, который по своим метрологическим и экономическим характеристикам сможет составить конкуренцию зарубежным производителям.

Литература. 1. Sikora Industrie-elektronik. 2010. URL: <http://www.sikora.com> (дата обращения: 28.04.2020). 2. Contactless system for measuring centricity and diameter: Pat. 03085354WO. ЕС. Publ. 16.10.2003. 3. Гольдштейн А.Е., Свендровский А.Р. Трансформаторный двухкоординатный измерительный преобразователь поперечных перемещений прямолинейного проводника // Известия Томского политехнического университета. – 2005. – № 2. – С. 71–77. URL: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/624> (дата обращения 28.04.2020) 4. Фро-

лов Д.Н., Свендровский А.Р., Гольцеймер А.А., Гладышев Ю.Г. Опыт разработки устройства бесконтактного измерения диаметра кабельных изделий // Электротехника. – 1991. – № 3. – С. 26–28. 5. Свендровский А.Р., Рябов Е.В., Фёдоров Е.М. Двухкоординатный лазерный измеритель диаметра «Цикада-2.72» // Научно-технические проблемы приборостроения и машиностроения: Сб. трудов I Всеросс. конф. – Томск, 2005. – С. 40–42. 6. Свендровский А.Р. Расчёт диаметра в бесконтактных двухкоординатных измерителях // Научно-технические проблемы приборостроения и машиностроения: Сб. трудов I Всеросс. конф. – Томск, 2005. – С. 31–33. 7. Фёдоров Е.М., Эдличко А.А. Вычисление геометрических параметров двухкоординатных измерителей диаметра протяженных изделий // Известия Томского политехнического университета. – 2008. – № 2. – С. 18–21.

УДК 681.5.08:004.42

РАЗРАБОТКА 3D-МОДЕЛИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ НА ОСНОВЕ CO₂ ЛАЗЕРА

С. С. ГУБАРЕВ, А.Г.ЗРЮМОВА

В наше время лазерные станки набирают большую популярность в малом и среднем бизнесе. В основном их используют для создания сувенирной и рекламной продукции.

Лазерные станки с числовым программным управлением универсальны. Управляющие программы, построенные на базе обычных графических эскизов, дают возможность создавать весьма сложные программы обработки, а возможности лазерного станка (даже базовые модели имеют три степени свободы движения «инструмента» - лазера) позволяют превращать заготовку в изделие, на 100% соответствующее своей виртуальной модели [1].

Преимуществом использования лазерного станка (особенно ценным для малых предприятий) является низкая себестоимость производства изделий. Во многом это связано с особенностями конструкции лазерной системы и типом применяемого лазера.

Компании, производящие лазерные станки, в основном находятся за рубежом, из-за этого стоимость таких станков в России довольно высока, из этого следует актуальность проектирования, а в дальнейшем и создания станка.

Цель работы – разработать функциональную схему и модель устройства для автоматизированной обработки древесины на основе CO₂ лазера.

Анализ рынка станков показал, что разрабатываемый станок должен соответствовать следующим характеристикам:

- 1) рабочее поле не менее 1000х600 мм;
- 2) скорость обработки материала от 200 мм/с;
- 3) лазерную трубку мощностью от 80 Вт;
- 4) отвод продуктов горения;
- 5) автофокус лазерного излучения;
- 6) автоматический подъем стола;
- 7) возможность размещения материала большего длинны рабочего стола.

Анализ рынка режущих станков также позволил сформировать оптимальный для решения поставленной задачи набор комплектующих. Разрабатываемый лазерный станок состоит из лазерной трубки CO₂ RECI W2, контроллера управления RuiDa RDC6442, механических концевых датчиков, датчика протока, шаговых двигателей 57HS8430D8 и драйвера шаговых двигателей JMC 2M542-06, блоков питания контроллера Jeton D100-q 24, лазерной трубки RECI P12, шаговых двигателей MEANWELLSP-500-48, воздушного компрессора ACO-009D, чиллера S&A CW-5000AG.

На рисунке 1 представлена функциональная схема устройства для автоматизированной обработки древесины на основе CO₂ лазера.

На функциональной схеме управления станка изображены связи компонентов станка. Связи питания имеют красный цвет, а связи управления синий. При включении станка вы-

ключателем, напряжение 220В подается на блоки питания станка и реле. При этом начинают работать блок питания контроллера и блок питания драйверов, они преобразуют напряжение до нужных значений и подают его на потребителей, тем самым запуская контроллер управления и панель управления, а блок питания лазерной трубки, реле и драйвера ждут управляющего сигнала с контроллера.

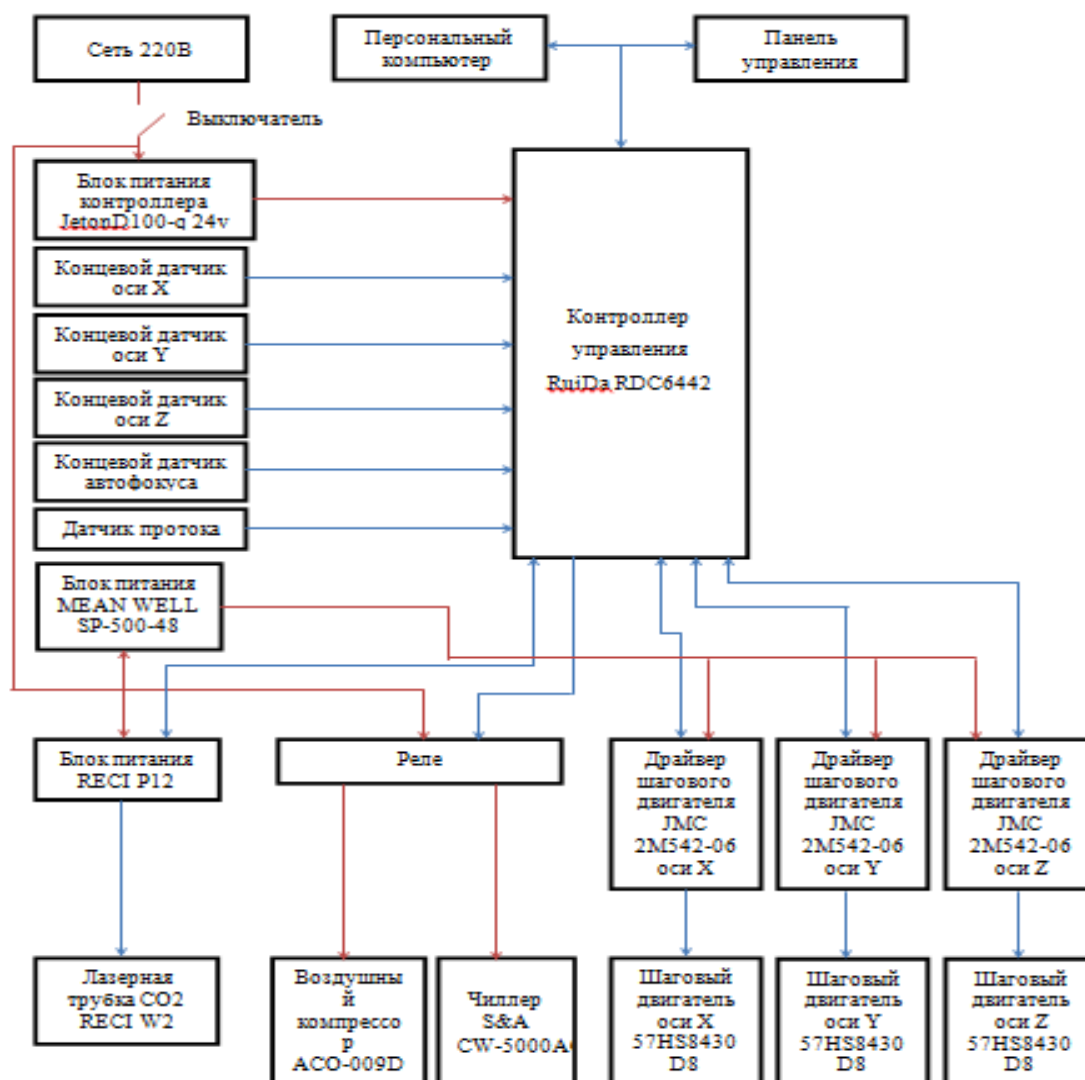


Рисунок 1 – Функциональная схема устройства для автоматизированной обработки древесины на основе CO₂ лазера

Работа станка начнется после того, как он получит команды с персонального компьютера либо с панели управления. Во время работы драйвера шаговых двигателей получают сигналы от контроллера управления и в соответствии с сигналами меняют ток в обмотках шагового двигателя, тем самым поворачивая вал шагового двигателя на заданный угол, в заданном направлении [2]. Шаговые двигатели передают крутящий момент через шкив на зубчатый ремень, тем самым приводя в движение какую-либо часть станка.

Блок питания лазерной трубки получает логический сигнал и в соответствии с сигналом подает заданное напряжение и ток на лазерную трубку, при этом при обрыве сигнала от контроллера подача на лазерную трубку прекращается. Также при начале работы станка контроллер посылает сигнал на реле, тем самым включая чиллер и воздушный компрессор.

Концевые датчики осей и датчик автофокуса при срабатывании подают управляющие сигналы на контроллер, после чего контроллер выполняет то или иное действие. Датчик протока работает наоборот, при отсутствии сигнала с датчика протока контроллер прекращает

подачу управляющего сигнала на блок питания лазерной трубки, тем самым останавливая ее работу.

Учитывая данные функциональной схемы, в программе Autodesk Fusion 360 была разработана трехмерная модель корпуса устройства и его компонентов, представленная на рисунке 2 [3].

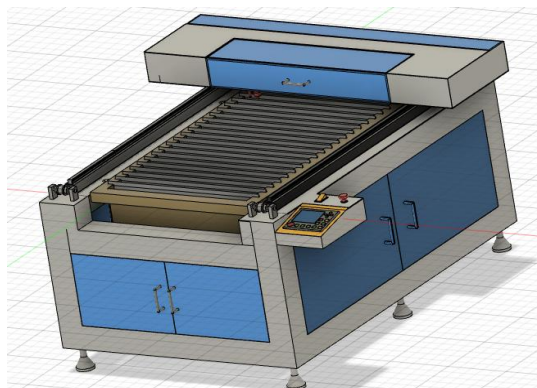


Рисунок 2 – 3D модель корпуса устройства и его компонентов в программе Autodesk Fusion 360

Разработанная модель имеет ось Z, что позволяет поднимать и опускать рабочее поле, глубина опускания стола составляет 100мм. С помощью оси Z производится автофокусировка лазерного излучения.

Трехмерная модель разработана по принципу широкоформатного станка, благодаря чему лазерное излучение проходит минимальное расстояние, что способствует меньшему падению мощности излучения в точке обработки материала. Скорость обработки материала составляет не менее 200мм/с, т.к. установленные шаговые двигатели и драйвера к ним применяются в широкоформатных станках, с большим рабочим полем и при этом имеют скорость обработки материала до 400мм/с.

Вывод. Разработанную модель можно назвать гибридом широкоформатных и среднеформатных станков. Основными преимуществами разработанной модели является минимальное расстояние прохождения лазерного излучения, что способствует меньшим потерям мощности излучения по сравнению со среднеформатными станками. Также одним из преимуществ является автофокусировка излучения и подъёмный рабочий стол, эти функции обычно отсутствуют в широкоформатных станках. Таким образом, разработанная модель сочетает в себе лучшие функции широкоформатных и среднеформатных станков.

Литература. 1. Утенков В.М. Проектирование автоматизированных станков и комплексов : учеб. пособие / В.М. Утенков, П.М. Чернятский и др.- Москва : МГТУ. 2012, - 325 с. **2.** Емельянов А.В. Шаговые двигатели: учеб. пособие / А.В. Емельянов, А.Н. Шилин; ВолгГТУ. – Волгоград, 2005. 48с. **3.** Гузенков В.Н. Трехмерное моделирование деталей и создание чертежей в Autodesk Inventor: учеб пособие / В.Н. Гузенков, П.А. Журбенко. – Москва. ДМК Пресс, 2013. – 120 с/

Реквизиты для справок: Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, к. т. н., доцент Зрюмова Анастасия Геннадьевна, тел. (385-2) 29-09-13. E-mail: a.zrumova@mail.ru

6 ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 004.052.42

ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЯДРА LINUX МЕТОДОМ ФАЗЗИНГА

С.М. ПОНОМАРЬКОВ, П.А. ТЕПЛЮК, Е.В. ШАРЛАЕВ

Повсеместное использование операционных систем, построенных на базе ядра Linux, в облачных технологиях, устройствах интернета вещей, мобильных девайсах приводит к большим проблемам безопасности в случае обнаружения уязвимостей в стабильных ветках ядра. Однако поиск недостатков осложнен большим объемом исходного кода, которого по мере активного развития технологий становится с каждым годом больше [1]. В связи с этим необходимо выполнять различные проверки кода для повышения надежности и безопасности. Одним из таких весьма эффективных методов считается фаззинг – метод тестирования, который предполагает подачу сгенерированных специальным образом данных на вход исследуемой программы.

Программное обеспечение, осуществляющее фаззинг, т.н. фаззер, автоматически запускает целевую программу с различными наборами входных данных. Таким образом данные, на которых программа вошла в бесконечный цикл или аварийно завершилась, сохраняются для последующего исследования и выявления дефекта. Такой недостаток может привести в дальнейшем к обнаружению определенной уязвимости.

Область применения фаззеров постепенно растет, и она уже достаточно широкая: начиная от тестирования компиляторов, парсеров и заканчивая операционными системами, виртуальными машинами и гипервизорами.

Несмотря на широкую популярность Linux, систематических исследований по фаззингу ядра этой операционной системы проводилось немного. Многие фаззеры ядра имеют открытый исходный код, однако отсутствие в большинстве случаев хотя бы краткой документации алгоритма работы затрудняет их изучение.

Целью работы является экспериментальное обнаружение аварийных завершений работы ядра Linux с использованием фаззера с открытым исходным кодом Syzkaller.

Архитектура Syzkaller. Схема компонентов и их взаимодействия инструмента Syzkaller представлена на рисунке 1.

Остановимся на схеме взаимодействия компонентов более подробно. Процесс sys-manager запускает, отслеживает и перезапускает несколько экземпляров виртуальных машин. В каждом экземпляре порождается процесс sys-fuzzer. Sys-manager хранит различные корпуса входных данных и информацию об аварийных завершениях, обнаруженных в ходе анализа ядер внутри виртуальных машин.

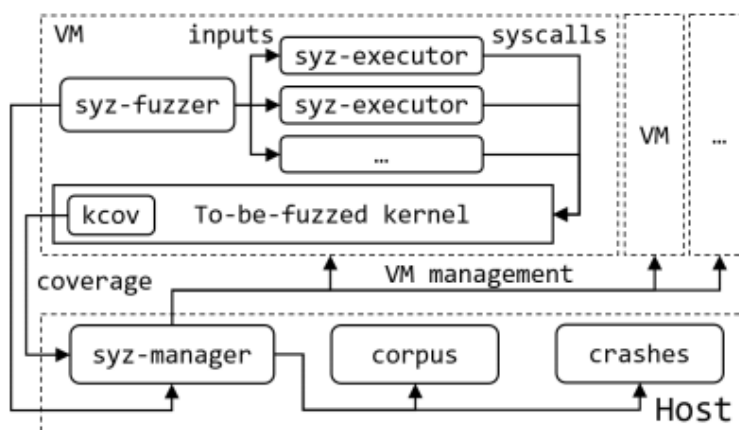


Рисунок 1 – Архитектура фаззера Syzkaller [2]

Этот процесс работает на стабильном ядре, которое изолировано от процессов sys-fuzzer. Процесс sys-fuzzer запускается внутри нестабильной виртуальной машины и осуществляет фаззинг, при этом отправляя входные наборы данных, вызывающие прирост покрытия по базовым блокам, в процесс sys-manager с использованием RPC (механизм удаленного вызова процедур). Sys-fuzzer запускает временный процесс sys-executor, каждый экземпляр которого исполняет единственный вход в виде последовательности системных вызовов, после чего возвращает результат в sys-fuzzer с использованием разделяемой памяти [3].

Способы конфигурирования Syzkaller. Фаззинг ядра необходимо осуществлять в режиме debug с включенными детекторами возникновения внештатных ситуаций таких как: санитайзеры и специализированные опции, включенные в ядро. Санитайзеры помогают фаззеру распознать критические ситуации и получить подробную информацию при возникновении kernel crash, т.е. аварийного завершения ядра. Без дополнительных средств отладки, таких как KASAN, UBSAN, KMSAN, KTSAN, процесс фаззинга становится неэффективным.

UBSAN – санитайзер, выявляющий неопределенное поведение во время исполнения. В основе использует инструмент времени компиляции, чтобы обнаружить неопределенное поведение (UB). Компилятор вставляет код, который выполняет определенные виды проверок перед операциями, которые могут вызвать UB. Если проверка не удалась, вызывается функция `__ubsan_handle_*` для вывода сообщения об ошибке.

KASAN на этапе компиляции вставляет проверки легитимности перед каждым обращением к памяти, поэтому для успешного функционирования требуется версия компилятора, которая это поддерживает.

KMSAN – детектирует использование неинициализированной памяти для ядра Linux.

KTSAN – детектирует гонки данных. В основе лежит TSAN средство выявления состояний гонки потоков в пользовательском пространстве (TSAN) Включается на этапе сборки ядра.

CONFIG_HARDENED_USERCOPY – опция в ядре, которая включает набор дополнительных проверок при копировании памяти из пользовательского пространства в пространство ядра (и наоборот) [4].

Для автоматизированного поиска недостатков ядра был развернут тестовый стенд с конфигурацией, описание которой представлено на рисунке 2.

```
{
  "target": "linux/amd64",
  "http": "127.0.0.1:56741",
  "workdir": "/home/user/syzkalls/workdir",
  "kernel_obj": "/linux/",
  "image": "/home/user/wheezy.img",
  "sshkey": "/home/user/wheezy.img.key",
  "syzkaller": "/home/user/syzkalls/src/github.com/google/syzkaller",
  "disable_syscalls": ["keyctl", "add_key", "request_key"],
  "suppressions": ["some known bug"],
  "procs": 1,
  "type": "qemu",
  "vm": {
    "count": 2,
    "cpu": 1,
    "mem": 1024,
    "kernel": "/home/user/bzImage_4.19"
  }
}
```

Рисунок 2 – Конфигурация процесса syz-manager

Для исследования была выбрана ветка ядра Linux 4.13. Виртуальные машины (ВМ) были развернуты на базе программной платформы аппаратной эмуляции QEMU. Команда для запуска виртуальной машины с заданной версией ядра Linux приведена на рисунке 3.

В процессе фаззинга, выполняющего на основе конфигураций используемых инструментов, представленных на рисунках 2 и 3, были обнаружены различные типы аварийного завершения системы (crashes). Наиболее встречающиеся из них приведены в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, в рамках проведенного тестирования с помощью санитайзера KASAN была найден недостаток безопасности ядра - уязвимость use-after-free.

Use-after-free (UAF) – уязвимость, связанная с некорректным использованием динамической работы программы: при освобождении ячейки памяти указатель на нее не обнуляется, что позволяет злоумышленникам эксплуатировать ее в своих целях.

```
qemu-system-x86_64 \  
-m 1024 -smp 1 -net nic,model=e1000 \  
-net user,host=10.0.2.10,hostfwd=tcp::11747-:22 \  
-display none -serial stdio -no-reboot \  
-enable-kvm -cpu host,migratable=off \  
-hda /home/usario/wheezy.img -snapshot \  
-kernel /home/usario/bzImage_4.19 \  
-append earlyprintk=serial oops=panic nmi_watchdog=panic \  
panic_on_warn=1 panic=1 ftrace_dump_on_oops=orig_cpu \  
rodata=n vsyscall=native net.ifnames=0 biosdevname=0 \  
root=/dev/sda console=ttyS0 kvm-intel.nested=1 \  

```

Рисунок 3 – QEMU-команда для запуска ВМ на базе образа исследуемой версии ядра Linux

Таблица 1 – Обнаруженные недостатки ядра с наибольшим количеством вхождений

№	Наименование проблемы	Количество
1	WARNING in loop_clr_fd	78
2	possible deadlock in rtnl_lock	32
3	general protection fault in sidtab_search_core	14
4	KASAN: use-after-free Read in ucma_close	14

Возможные последствия эксплуатации UAF:

- разрушение данных;
- аварийное завершение системы;
- выполнение произвольного кода.

Результаты работы позволяют приступить к исследованию безопасности ядра Linux с целью обнаружения других известных уязвимостей различного типа, а также уязвимостей «нулевого дня». В качестве тестируемой версии ядра планируется использовать 5-ю ветку как наиболее актуальную, но и наименее исследованную на данный момент.

Литература. 1. Безопасность ядра ОС Unix [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.opennet.ru/base/sec/kernelsecure.txt.html> (дата обращения 25.01.2020). 2. Heyuan S. Industry Practice of Coverage-Guided Enterprise Linux Kernel Fuzzing / S. Heyuan, W. Runzhe, F. Ying // Proceedings of the 2019 27th ACM Joint Meeting on European Software Engineering Conference and Symposium on the Foundations of Software Engineering. – 2019. – P. 986–995. 3. Мишечкин М. В. Обзор различных средств фаззинга как инструментов динамического анализа программного обеспечения // Молодой ученый. – 2017. – №52. – С. 28-31. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/186/47575/> (дата обращения: 02.02.2020). 4. Syzkaller – kernel fuzzer [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/google/syzkaller> (дата обращения: 27.01.2020)

ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АЛГОРИТМА СИММЕТРИЧНОГО ШИФРОВАНИЯ, ПОСТРОЕННОГО НА ОСНОВЕ РЕКУРРЕНТНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Д.В. РОЕНКО

Сегодня алгоритмы с использованием искусственных нейронных сетей находят всё большее применение для решения прикладных задач, часто конкурируя со стандартными алгоритмическими решениями. Стохастическое или управляемое псевдослучайное поведение, самообучение и взаимное обучение нейронных сетей позволяют решать проблемы криптографии с открытым ключом, симметричного шифрования, хеширования и генерации псевдослучайных чисел. С этим также связано появление нейрокриптографии – раздела криптографии, изучающего применение нейронных сетей для шифрования и криптоанализа [1].

Целью данной статьи является описание основных принципов работы симметричного шифра, выполненного на основе рекуррентной нейронной сети и реализованного с применением языка программирования Python, а также фреймворка машинного обучения TensorFlow.

В основу алгоритма симметричного шифрования положена нейронная сеть, топология которой была предложена Н.И. Червяковым в монографии «Применение искусственных нейронных сетей и системы остаточных классов в криптографии» [2].

Рекуррентная нейронная сеть, показанная на рисунке 1, состоит из одного входного, двух скрытых, одного выходного слоя и обратной связи. На вход нейронной сети поступают блоки из двух байт открытого текста, объединённые с двумя выходными значениями сети с предыдущего шага. На основании входных значений, путём матричного перемножения с весами, добавлением смещений и нелинейного преобразования вычисляются следующие слои сети вплоть до выходного (рисунок 2). Значения, полученные в выходном слое сети объединяются на следующей итерации с двумя новыми байтами открытого текста.

Использование рекуррентной нейронной сети в качестве основы симметричного блочного алгоритма шифрования фактически приводит его к шифру, работающему в режиме сцепления блоков по шифротексту (СВС). Кроме того, вычисление значения единственного нейрона во втором скрытом слое приводит к перемешиванию данных, а применение нелинейной функции активации подобно эффекту замены.

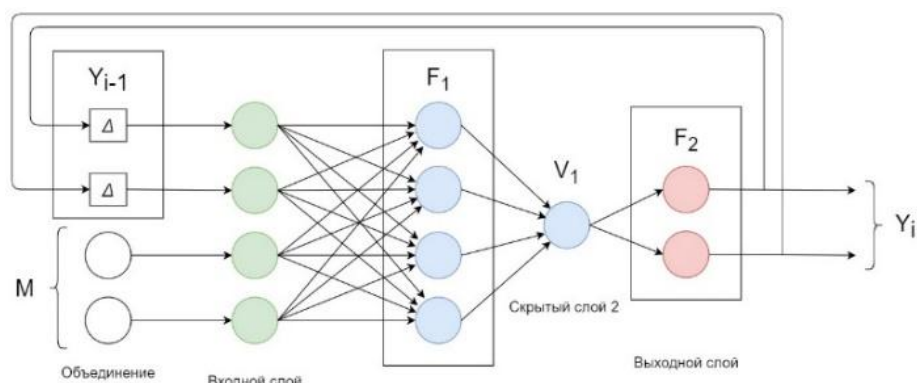


Рисунок 1 – Архитектура рекуррентной нейронной сети, лежащей в основе конструкции шифра

```
def Network(self, X):
    F1 = tf.sigmoid(tf.matmul(X, self.weights['h1']) + self.biases['b1'])
    V = tf.sigmoid(tf.matmul(F1, self.weights['h2']) + self.biases['b2'])
    F2 = tf.sigmoid(tf.matmul(V, self.weights['out']) + self.biases['out'])
    return F2
```

Рисунок 2 – Код вычислительного графа нейронной сети, реализованного средствами Python и TensorFlow

Перед началом обмена зашифрованными сообщениями двум пользователям необходимо пройти процедуру синхронизации весовых коэффициентов нейронных сетей путём использования общей обучающей выборки. Обучающая выборка представляет собой наборы векторов X и Y соответствующих входным и ожидаемым на выходе байтам. Она может быть безопасно передана по открытому каналу связи с использованием асимметричной криптографии.

После получения обучающей выборки каждый из пользователей проводит процесс обучения со своей копией нейронной сети для получения весовых коэффициентов, которые и станут общим секретным ключом для дальнейшего шифрования и расшифровки. Последний фактический выход сети M_0 генерации общего ключа становится инициализационным вектором для процесса шифрования [2].

Необходимо отметить, что процесс обучения проводится с заранее определённой алгоритмом функцией потерь (средняя квадратичная ошибка) и оптимизатором (градиентный спуск). Для объединения с вектором X_1 на первой итерации синхронизации можно использовать нулевой вектор Y_0 . Ещё одним очень важным моментом является то, что начальные значения весов и смещений также должны быть заданы алгоритмом и быть одинаковыми перед началом процесса синхронизации на обеих сторонах.

Шифрование данных (рисунок 3) начинается с конкатенации инициализационного вектора M_0 с первым блоком открытого текста M_1 . Полученный вектор X_1 подаётся на вход нейронной сети для создания выходного сигнала промежуточного нейрона V_1 в скрытом слое и выхода Y_1 . Далее вычисляется разность между открытым текстом и полученным на выходе нейронной сети значением $E_1 = M_1 - Y_1$. Значения V_1 и E_1 являются первым блоком зашифрованного текста $C_1 [V_1, E_1]$. На рисунке 4 показана программная реализация описанной процедуры шифрования.



Рисунок 3 – Схема процесса шифрования

```

ciphertext_blocks = []
encrypt_block = self.EncryptBlock(self.X)
Y = self.session.run(self.M0)[0]

for block in plaintext_blocks:
    x = np.array(np.concatenate((Y, block), axis=None), dtype=np.float32)
    x_batch = np.array(np.reshape(x, [1, self.input_size]), dtype=np.float32)

    V, Y = self.session.run(encrypt_block, feed_dict={self.X: x_batch})
    E = block - Y

    ciphertext_blocks.append((V, E))

return ciphertext_blocks

```

Рисунок 4 – Программная реализация процедуры шифрования

Для шифрования следующего блока на вход сети подаётся конкатенация значений Y_1 и M_2 . В более общем виде процесс шифрования можно представить следующими уравнениями:

$$\begin{aligned} V_i &= F_1(X_i), \\ Y_i &= F_2(V_i), \\ E_i &= M_i - Y_i. \end{aligned}$$

Кроме того, после шифрования каждого блока открытого текста возможно проведение одной итерации обучения с использованием X_i в качестве входного вектора и M_i – цели обучения [2]. В таком случае весовые коэффициенты будут также меняться и при шифровании данных.

Процедура расшифровки (рисунок 5, 6) начинается с получения пользователем на другой стороне канала связи блоков шифрованного текста $C_i [V_i, E_i]$. Используя значение V_i , можно вычислить выход сети:

$$Y_i = F_2(V_i).$$

А зная выходные значения нейронной сети и E_i , легко получить блок открытого текста:

$$M_i = Y_i + E_i.$$

После восстановления блока открытого текста M_i с использованием значения предыдущего выхода нейронной сети Y_{i-1} проводится одна итерация обучения нейронной сети аналогично тому, как эта операция была выполнена на шифрующей стороне.

Безопасность описанного алгоритма шифрования основывается на том, что злоумышленнику без знания обучающей выборки, с использованием которой происходила синхронизация нейронных сетей, будет сложно вычислить множество параметров синаптических весов и смещений нейронов. Важным преимуществом данного шифра является возможность достаточно лёгкого регулирования уровня безопасности путём увеличения или уменьшения нейронов в скрытых слоях. Аналогично, изменяя размерности входного и выходного слоёв, можно настраивать длину блока.

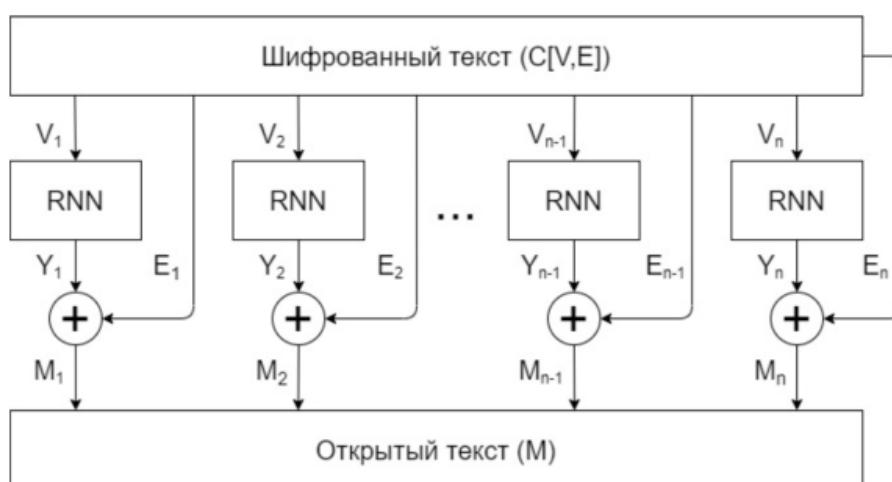


Рисунок 5 – Схема процесса расшифрования

```

plaintext_blocks = []
decrypt_block = self.DecryptBlock(self.V)

for block in ciphertext_blocks:
    Y = self.session.run(decrypt_block, feed_dict={self.V: block[0]})
    M = Y + block[1]
    plaintext_blocks.append(M[0])

return plaintext_blocks

```

Рисунок 6 – Программная реализация процедуры расшифровки

Однако безопасность алгоритма может быть нарушена, если нейронная сеть придёт к статическому состоянию, когда секретные параметры прекратят своё псевдослучайное изменение из-за затухающего градиента. Эта проблема, а также вопросы производительности и устойчивости к известным атакам на криптографические алгоритмы подлежат дальнейшему исследованию.

Литература. 1. Aspects of Neural Cryptography [Электронный ресурс] / medium.com. – Режим доступа: <https://medium.com/@alexmoltzau/neural-cryptography-31f4a204206>. – Загл. с экрана. **2.** Применение искусственных нейронных сетей и системы остаточных классов в криптографии / Н.И. Червяков [и др.]. - Москва: Физматлит, 2012. – 279 с.

Реквизиты для справок: *Роенко Д.В., тел. +7 (906) 969-68-34, e-mail: roenko.dv@gmail.com.*

УДК 004.056.53

АНАЛИЗ УГРОЗ И РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ГКБУЗ «ГОРОДСКАЯ КЛИНИЧЕСКАЯ БОЛЬНИЦА №11»

М.А. ТУРСУНОВ, В.А. КЕМПФ

Одним из основополагающих моментов при построении эффективной системы информационной безопасности, а также для определения материальных и нематериальных масштабов ущерба и в последующем определения мер защиты является анализ угроз.

Цель работы является анализ угроз и разработка рекомендаций по обеспечению безопасности информации для «ГКБУЗ №11».

Актуальность выбранной темы заключается в необходимости анализа угроз информационной безопасности во избежание возникновения проблем и инцидентов, связанных с несанкционированным доступом, утечкой конфиденциальной информации и повреждением данных в медицинских информационных системах.

Для проведения анализа угроз информационной безопасности применяются следующие методы:

1. Прямая экспертная оценка;
2. Статистический анализ;
3. Факторный анализ.

Метод прямой экспертной оценки реализован на задании специалистами параметров угроз. Определяются параметры, характеризующие угрозы и коэффициенты значимости для каждого параметра.

Статистический анализ основан на анализе накопленных данных об инцидентах информационной системы, таких как периодичность возникновения угроз конкретного вида, их источников и основание успеха или неудачи реализации угрозы. Основное преимущество этого метода заключается в том, что, когда специалист в курсе периодичности появления угрозы, он может рассчитать вероятность ее возникновения в будущем за конкретный временной период. Для получения максимального эффекта от этого метода нужна обширная информационная база об происшествиях.

Реализация факторного метода заключается в определении условий и причин, который в свою очередь могут привести к реализации злоумышленником угроз и появления последствий. Основными факторами, которые демонстрируют уязвимость информационной системы являются: наличие информационных активов, способных привлечь потенциального злоумышленника, уязвимость информационной системы, вирусная активность во внутренней и наружной среде и т.д. Так как на современные информационные системы оказывают влияние целое множество факторов, необходимо становится многомерный анализ. Для получение четкой оценки информационной безопасности используется набор аналитических методов [1].

Также элементом анализа угроз информационной безопасности является конфиденциальность информации в медицинских информационных системах. Конфиденциальность информации может быть нарушена рисками утечки информации [2]. В сравнении с жизненным циклом информации, условно выделяются следующие процессы, протекающие в медицинских информационных системах и подверженные наибольшему риску утечки:

1. Процедура хранения информации;
2. Обработка данных в системе, которая включает в себя деятельность по их вводу, а также последующее обновление;
3. Канальный обмен сведениями в рамках нескольких лечебно-профилактических учреждений;
4. Применение внешних носителей данных, включая съемные жесткие диски и USB-флэш карты [3].

С целью повышения устойчивости системы к воздействию извне необходимо ввести дополнительный уровень защиты для серверов, коммутаторов, рабочих станций. Это может проявляться в установлении прямого контроля над ними, внедрением многоступенчатой защиты в лице антивирусов и программного обеспечения [4]. Исходя из вышеизложенного определяются следующие задачи:

1. Анализ и описание объекта информатизации;
2. Определение информационных ресурсов объекта, подлежащих защите;
3. Определение угроз и уязвимостей объекта;
4. Рассмотрение системы технической защиты информации;
5. Определение требований к защищаемым ресурсам на основании нормативно-правовых документов;
6. Разработка рекомендаций по организационно-правовому обеспечению безопасности информации;
7. Разработка рекомендаций по реализации технических мер.

Литература. 1. Аверченков В.И. Организационная защита информации [Текст]: учеб. пособие / В.И. Аверченков, М.Ю. Рытов. - Брянск: БГТУ, 2005. - 184 с. 2. Федеральный закон от 21.11.2011 N 323-ФЗ (ред. от 01.04.2020) "Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации" [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <https://base.garant.ru/12191967/>. 3. Обеспечение информационной безопасности в медицинских организациях [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/obespechenie-informatsionnoy-bezopasnosti-v-meditsinskih-organizatsiyah/viewer>. 4. Астахова, Л.В. Теория информационной безопасности и методология защиты информации: Конспект лекций. - Челябинск, 2006. - 361 с.

Реквизиты для справок: Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина 46, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, бакалавр кафедры ИВТ и ИБ, Турсунов М. А., тел. +79994762720. E-mail: turrunov.mai@yandex.ru. 2. Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина 46, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, кафедра информатика, вычислительная техника и информационная безопасность, кандидат технических наук, доцент, Кемпф В.А. E-mail: kempf_v_a@mail.ru

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ АКТУАЛЬНОСТИ УГРОЗ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИИ

Е.В. РАЗМЫСЛОВ, А.Г. ЯКУНИН

Существует множество методик и стандартов для оценки угроз и рисков информационной безопасности. Разные методики подразумевают разные подходы к оценке угроз и рисков. Существуют методики, вводящие как количественные, так и качественные показатели. **Целью** данной работы является создание метода оценки актуальности угроз безопасности информации на основе одного из таких стандартов, а именно Стандарта США "NIST Special Publication 800-30. Risk Management Guide for Information Technology Systems" [1].

Данный стандарт, несмотря на давний срок создания (2002 год), не потерял своей актуальности и в наше время. Достаточно заметить, что большинство руководящих документов, в соответствии с которыми проводятся все работы по защите информации в Российской Федерации, разработаны в 90-х годах прошлого столетия [2].

Возможность использования зарубежного стандарта обусловлена тем, что в существующей методике определения актуальных угроз безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных [3], разработанной ФСТЭК России, присутствует ряд недостаточно проработанных мест, таких как отсутствие действующего принятого исходного перечня угроз безопасности информации, а также расчёт многих исходных показателей на основании экспертной оценки, что исключает возможность автоматизации методики. С целью облегчения применения и дополнения уже существующей методики определения актуальных угроз безопасности была предпринята попытка разработки собственного метода оценки актуальности угроз безопасности информации на основе NIST 800-30, так как США – один из признанных международных лидеров в вопросах защиты информации. А NIST - National Institute of Standards and Technology – серьёзная организация, на счету которой невероятное количество публикаций по самым разным тематикам, в том числе и по вопросам информационной безопасности.

Согласно стандарту NIST 800-30 существует 9 стадий управления рисками (рисунок 1) [4]. Для того, чтобы получить методику оценки актуальности угроз безопасности информации, которую в дальнейшем будет возможно преобразовать в код программы, необходимо выделить и описать ключевые этапы оценки угроз безопасности информации стандарта оценки рисков NIST SP 800-30.

Первым этапом согласно стандарту является описание системы. Под системой понимается информационная система, то есть совокупность всех информационных ресурсов организации, связанных между собой. На практике в соответствии с различными нормативными документами под этим можно понимать совокупность программного обеспечения, которое обрабатывается на базе автоматизированных рабочих мест и их комплектующих, работающих в единой локальной сети.

Следующий этап – это идентификация угроз. В отличие от США и Европы, в России данный вопрос недостаточно проработан, и не существует официального объективно полного перечня угроз. Перечень угроз безопасности информации (далее - УБИ) существует в различных методических документах регуляторов, локальных нормативных правовых актах, но их недостатками является отсутствие постоянного обновления списка актуальных УБИ. Компромиссным решением вопроса определения исходного перечня угроз безопасности информации можно считать банк данных угроз безопасности информации ФСТЭК, так как он своевременно обновляется и является наиболее полным перечнем УБИ, используемым на территории РФ [4].

Собой формирование списка уязвимостей, присущих рассматриваемой информационной системе (далее – ИС). По аналогии со списком угроз, единого списка уязвимостей, принятого на территории России, не существует. В дальнейшем для работы метода будет использоваться список уязвимостей из банка данных угроз безопасности информации [5], в котором со-

держится более 25500 различных уязвимостей ИС, так как по аналогии с банком УБИ он своевременно обновляется и является наиболее полным перечнем уязвимостей.

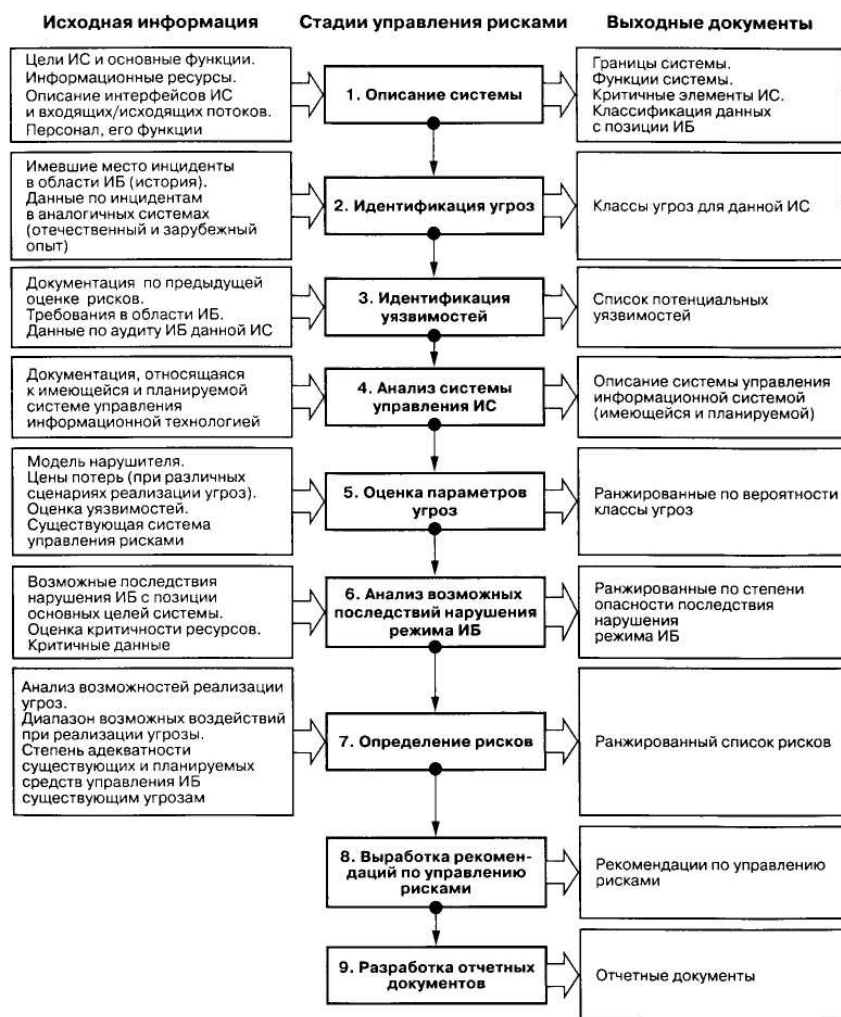


Рисунок 1 – Технология управления рисками NIST SP 800-30

Далее идёт идентификация уязвимостей. Данный этап представляет Следующий этап заключается в оценке параметров угроз. Согласно стандарту NIST SP 800-30 оценка производится экспертом с учетом ряда объективных факторов. Таким образом, оценка зависит от выбранной методики оценки угроз и субъективной оценки эксперта. В разрабатываемом методе перечень угроз берется из банка данных угроз, в котором эксперты уже оценили влияние последствий реализации угрозы на информационные активы организации. Оценка параметров угроз состоит из двух шагов. Суть первого шага заключается в определении уровня опасности от реализации УБИ, который зависит от возможных нарушений свойств информации (конфиденциальность, целостность, доступность) в результате реализации угрозы, а также от потенциала нарушителя (внутренний и внешний нарушитель с низким, средним, высоким потенциалом).

На втором шаге производится расчёт итогового уровня опасности УБИ для информационных систем (далее – ИС). На данном этапе подсчитывается уровень опасности каждой угрозы безопасности информации для найденных в ИС уязвимостей. Также на этом этапе учитывается наличие средств защиты информации. Результатом такой оценки является перечень УБИ, в котором для каждой угрозы подсчитан её уровень опасности.

После подсчёта уровня опасности угрозы проводится анализ возможных последствий нарушения режима информационной безопасности. Экспертом выбирается уровень тяжести последствий нарушения режима информационной безопасности в случае реализации угрозы (высокий, средний, низкий). При этом для каждой рассматриваемой угрозы учитывается по-

тенциал нарушителя, а также способность угрозы в случае её реализации нарушить свойства информации. Для адекватности оценки тяжести последствий нарушения режима информационной безопасности, соответствующей реальному положению дел на предприятии, оценка проводится на основании анкетирования его представителей, эксплуатирующих защищаемую ИС.

На заключительном этапе определяется актуальность угрозы, которая зависит от уровня ее опасности и рассчитанной цены возможных последствий в случае реализации. В результате на выходе данного этапа будет сформирован перечень актуальных УБИ для конкретной ИС.

Таким образом, путём адаптации исходного стандарта "NIST Special Publication 800-30" и выделения только ключевых стадий управления рисками, был разработан метод оценки актуальности угроз безопасности информации. В дальнейшем, после замены процесса экспертной оценки уровня тяжести последствий нарушения режима ИБ формализованным подходом, основанном, например, на оценке категоричности и финансово - экономических показателей предприятия, разработанный метод можно будет полностью автоматизировать, и преобразовать в алгоритм, который можно воплотить в программной реализации.

Литература. 1. Стандарт NIST Special Publication 800-30, [Электронный ресурс]. – Режим доступа

<https://www.hhs.gov/sites/default/files/ocr/privacy/hipaa/administrative/securityrule/nist800-30.pdf>

2. Сборник руководящих документов по защите информации от несанкционированного доступа (Утверждены решением Гостехкомиссии) // справочная правовая система «Консультант Плюс» [Электронный ресурс] / Консультант Плюс. **3.** Методика определения актуальных угроз безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных. ФСТЭК России, 2008. – 10 с. // справочная правовая система «Консультант Плюс» [Электронный ресурс] / Консультант Плюс. **4.** Управление информационными рисками. Экономически оправданная безопасность / Петренко С. А., Симонов С. В. - М.: Компания АйТи; ДМК Пресс, 2004. - 384 с.: ил. - (Информационные технологии для инженеров). **5.** Банк данных угроз безопасности информации. Список уязвимостей. [Электронный ресурс]. Режим доступа <https://bdu.fstec.ru/>

Реквизиты для справок: Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина, 46, АлтГТУ, ФИТ, д.т.н., проф. Якунину А.Г., магистранту Размыслову Е.В.

УДК 004.052.42

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА МОНИТОРИНГА ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ

С.А. КУДРИН, Е.В. ШАРЛАЕВ

Инфраструктура современного мира представляет из себя соединение разномасштабных и разнородных сетей. Для стабильной работы этих сетей нужно отслеживать различные параметры оборудования, такие как: температура, утилизация трафика на интерфейсах, наличие электропитания на узлах связи, нагрузка CPU, доступность устройств, ошибки на интерфейсах, потери пакетов и т.п. Инженеры не способны отслеживать все вышеуказанные параметры на всем оборудовании. Это может сделать система мониторинга, которая в круглосуточном режиме будет анализировать состояние локальной вычислительной сети.

Из-за расширений сети увеличивается количество составляющих, нуждающихся в мониторинге, следовательно, растет нагрузка на систему мониторинга. Такая ситуация приводит к замедленной реакции на аварийные события и к деградации сетевых служб. Для предотвращения данной ситуации требуется тщательный выбор системы мониторинга. В работе рассматриваются системы: Sacti, PRTG, Zabbix.

Целью работы является разработка системы мониторинга по сбору статистики серверов и сетевого оборудования, позволяющая вести отчеты и выполнять пользовательские скрипты.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- Проанализировать рынок существующих решений;
- сбор аналитической информации с сетевого оборудования;
- разработка системы мониторинга;
- настройка оповещений и создание отчетов.

Sacti - простой инструмент для мониторинга сети. Sacti позволяет опросить службы с заданным интервалом и изобразить полученные данные в виде графиков. Его удобно использовать, когда в организации присутствует небольшое количество оборудования без веб-серверов. Т.е. если нужен мониторинг утилизации трафика на интерфейсах, доступность оборудования, то эта система подойдет (рисунок 1).

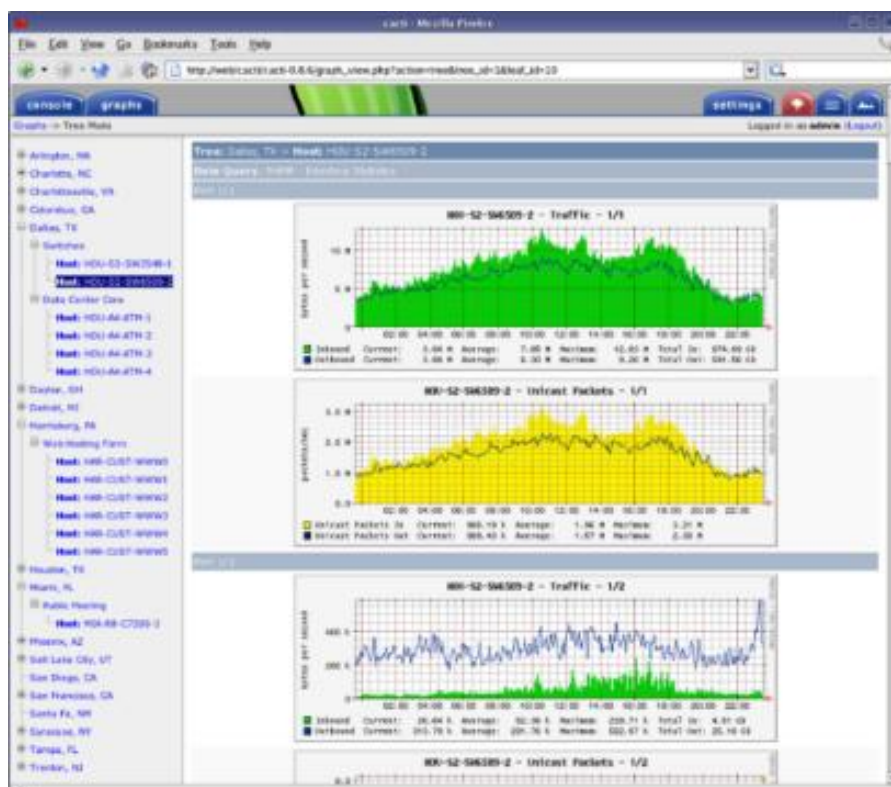


Рисунок 1 – Вывод утилизации трафика на интерфейсах в Sacti

Основной недостаток Sacti состоит в том, что в нем используется база данных RRD (Round-Robin Database). Данная база данных усредняет полученные значения за длительный период времени. Если потребуется узнать точное значение какого-либо параметра (например, утилизация трафика на интерфейсе 20.01.2020 в 14:30), то мы не сможем этого сделать. График будет сглажен. Один из самых главных недостатков – отсутствие оповещений. Если в организации требуется незамедлительная реакция на аварийные события, то данная система не подойдет.

PRTG (или Paessler Router Traffic Grapher) – одна из лучших систем мониторинга. Позволяет проводить мониторинг множества сервисов ЛВС. Может проанализировать трафик пакетов, выполнить фильтрацию по ip-адресам, отследить утилизацию трафика, статус межсетевого экрана (рисунок 2). Если из строя выйдет какое-либо оборудования, то администратор мгновенно получит смс уведомление или сообщений по электронной почте. Характерные черты - самая понятная система мониторинга, полностью интуитивный интерфейс, лег-

кая и быстрая установка, автоматическое обнаружение узлов сети, готова к работе сразу после установки, присутствует мобильное приложение.

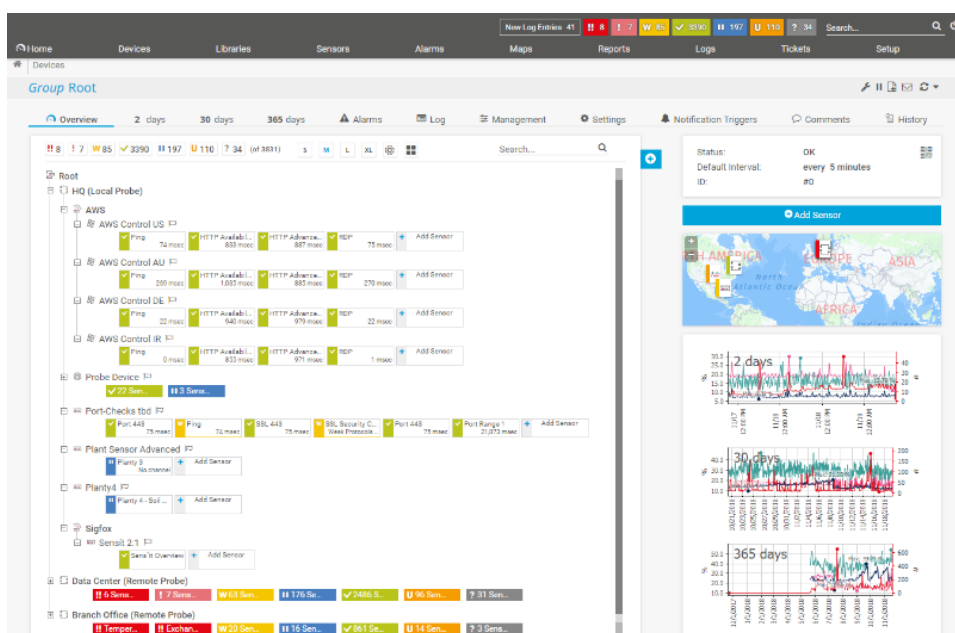


Рисунок 2 – Главная страница PRTG

Данная система платная, в отличие от Sacti и Zabbix, которые распространяются по лицензии GPL. Например, на 3000 сенсоров (600 устройств) стоимость будет 10500\$, что в переводе по курсу на 25.04 будет равняться 784479 рублей. Также эта система работает только на windows-сервере, а он также не бесплатен. В остальном же, если требуется мониторинг небольшого количества оборудования, то система вполне может подойти.

Zabbix – открытое программное обеспечение распределенного мониторинга корпоративного класса. Для хранения данных используется MySQL, PostgreSQL, SQLite или Oracle. Веб-интерфейс написан на PHP (рисунок 3). Zabbix может проверять доступность и реакцию стандартных сервисов, таких как ICMP, SMTP или HTTP без установки какого-либо программного обеспечения на наблюдаемом хосте. Zabbix-agent может быть установлен на UNIX-подобных или Windows хостах для получения данных о нагрузке CPU, использовании сети, дисковом пространстве и т.п.

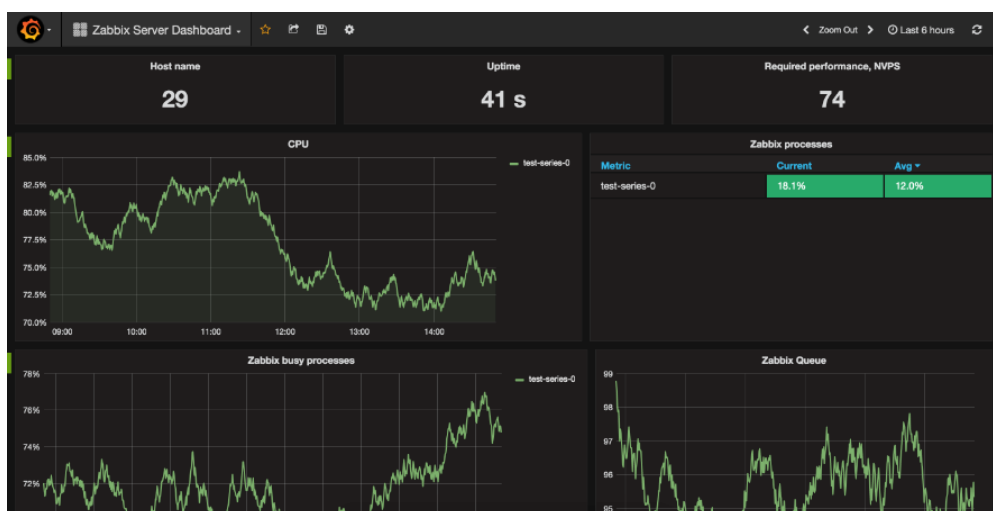


Рисунок 3 – Интерфейс Zabbix с использованием Grafana

За счет распределенной архитектуры и использования прокси – легко масштабируется, поскольку база данных может храниться на одном сервере, сервер приложения – на втором, а frontend – на третьем.

Из недостатков стоит отметить ограниченный функционал для работы с визуализацией данных и большую задержку при отображении большого количества графиков на одном экране.

Из всего вышесказанного становится понятно, что PRTG может не подойти из-за ограниченности бюджета. В Састі отсутствует система оповещений, Zabbix имеет менее критичные недостатки, связанные с визуализацией данных.

Реализация. Система будет установлена в среде виртуализации Docker. Docker – программное обеспечение для автоматизации развертывания и управления приложениями в средах с поддержкой контейнеризации.

Изначально нужно создать и собрать 4 Docker-контейнера, которые будут содержать: web-интерфейс, Zabbix-сервер, базу данных и Grafana (рисунок 4). Для запуска потребуется использование Docker-compose. Grafana потребуется для визуализации данных.

Добавляем на мониторинг маршрутизатор Mikrotik RouterBOARD 941-2nD. Включаем SNMP на роутере, далее добавляем Community (рисунок 5).

```

stepan# docker ps -a
CONTAINER ID   IMAGE                                PORTS          COMMAND          CREATED
STATUS        NAMES
d50083df1835   grafana/grafana:latest              "/run.sh"      2 days ago
Restarting (1) 11 seconds ago
zabbix-grafana
0b3be5cc1e91   zabbix/zabbix-web-nginx-mysql:late  8080/tcp, 0.0.0.0:80->80/tcp, 8443/tcp  2 days ago
Up 44 hours    zabbix-web
bb957cfaa804   zabbix/zabbix-server-mysql:latest   "/sbin/tini -- /usr/..."  2 days ago
Up 44 hours    zabbix-server
7a4065504bee   mysql:5.7                            3306/tcp, 33060/tcp  2 days ago
Up 44 hours    zabbix-mysql
  
```

Рисунок 4 – Вывод собранных Docker-контейнеров



Рисунок 5 – Вывод графика с wlan

Разработанная система функционирует и может быть использована в организациях. Т.к. в реализации использовался Docker, данную систему можно будет установить на любом сервере с поддержкой контейнеризации.

В дальнейшем будет реализовано выполнение различных скриптов при срабатывании триггера Zabbix, а также система оповещений.

Литература. 1. Основы мониторинга и сбора метрик [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.8host.com/blog/osnovy-monitoringa-i-sbora-metrik/>. 2. Владышев А. Zabbix и миллионы метрик: наилучший опыт масштабного мониторинга [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.highload.ru/2015/abstracts/1965.html/>. 3. Тестирование PRTG Network Monitor и сравнение с Zabbix [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/softline/blog/433414/>.

УДК 004.056.55

СИСТЕМА ОБМЕНА ИНФОРМАЦИЕЙ С ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕМ ПО ОТКРЫТЫМ КАНАЛАМ СВЯЗИ С ЗАЩИТОЙ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Д.В. КАЙСТ, А.Г. ЯКУНИН

На сегодняшний день информационные технологии и Интернет развиваются стремительно. Они занимают все большее место в жизни людей.

Персональные данные пользователей, ранее хранившиеся в архивах, теперь перекочевали в сеть. От поликлиник и государственных информационных систем по типу Госуслуг до интернет-магазинов и сайтов-конференций – везде обрабатываются и хранятся персональные данные пользователей.

Для защиты таких данных, согласно законодательству, должны использоваться криптографические средства, сертифицированные Федеральной службой безопасности России. Однако не все организации могут позволить себе использование этих средств. Поэтому для вывода данных из категории персональных эти организации могут использовать их обезличивание.

Для обезличивания и защиты персональных данных пользователей при передаче их по открытым каналам и хранения в базе данных наиболее предпочтительно применение одновременно симметричного и асимметричного криптоалгоритмов и соответствующих им ключей.

Обезличивание в таком случае происходит на клиентских машинах, сервер лишь осуществляет запись уже обезличенных данных в базу и их извлечение оттуда. Это ограничивает возможность сервера стать уязвимым звеном в данной системе.

Пользователи обезличивают собственные персональные данные личным криптографическим ключом шифрования (например, согласно стандарту ГОСТ 34.12-2015), а затем шифруют этот ключ полученным от администратора системы (например, через почтовый сервер) открытым криптографическим ключом асимметричного шифрования (например, RSA). И обезличенные данные, и зашифрованный ключ передаются на сервер по открытому каналу связи без риска их компрометации.

Пользователи могут получить собственные обезличенные данные с сервера и деобезличить их, используя свой криптографический ключ.

Администратор может запросить у сервера данные пользователей для деобезличивания и обработки, используя свой закрытый ключ, дешифровав им личный ключ каждого пользователя, и только затем дешифровав этим личным ключом персональные данные. Схема работы такой системы приведена на рисунке 1.

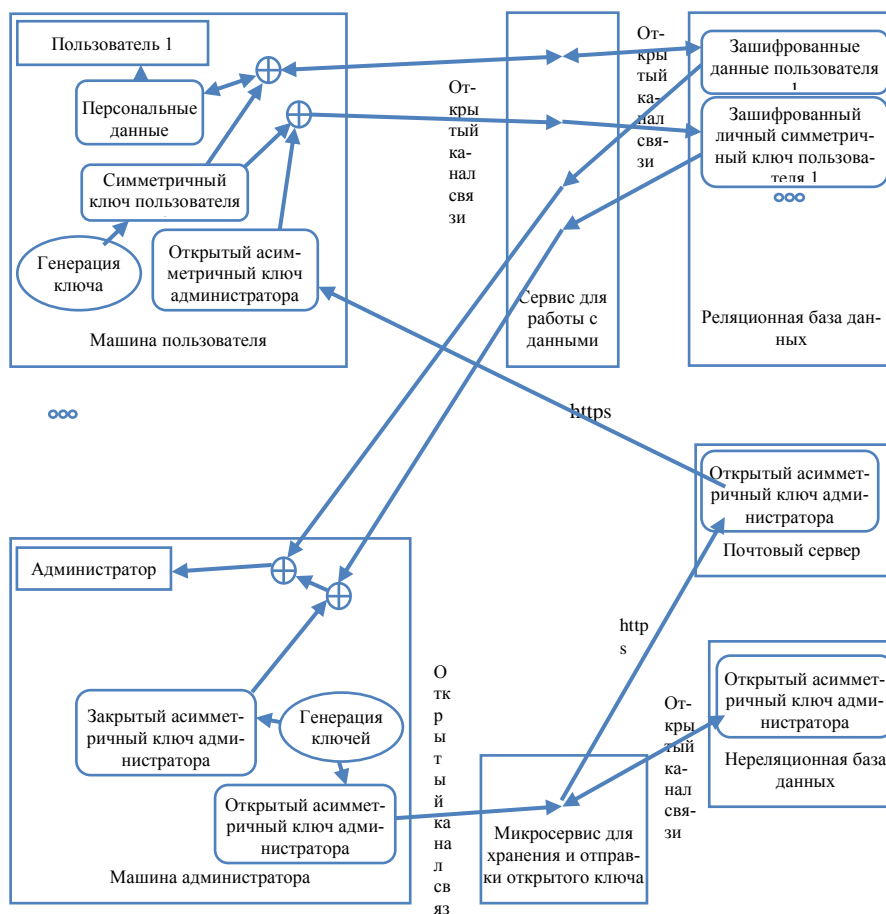


Рисунок 1 – Схема работы системы обезличивания ПДН

В базе данных сервера обезличенные данные и зашифрованный ключ хранятся в открытом виде, опять же без риска их компрометации, так как единственный способ их деобезличивания – это дешифрование симметричного ключа закрытым асимметричным ключом администратора, который находится только у администратора на клиентской машине.

Предполагается, что клиентские машины, особенно машина администратора, защищены, иначе компрометация ключей может произойти на этих локальных машинах. Однако, в случае недостаточной защиты машины пользователя может произойти лишь компрометация симметричного ключа, что повлечет за собой компрометацию персональных данных лишь этого пользователя в системе. Таким образом, самое уязвимое место в системе – это машина администратора и на ней лежит наибольшая ответственность по защите информации. Ни сервер, ни база данных, ни канал связи уязвимыми не считаются.

Литература. 1. Кайст Д.В., Якунин А.Г. Разработка Системы обмена информацией с веб-приложением по открытым каналам связи с защитой персональных данных: // выпускная квалификационная работа. / Кайст Д.В., Якунин А.Г. – Барнаул, 2018. – 68 с.

СПИСОК АВТОРОВ

Андреева А.А., студент, АлтГТУ
Барышев Д.Д., ст. преподаватель, АлтГТУ
Барышева Н.Н., к.т.н., доцент, АлтГТУ
Бедарев А.М., студент, НИ ТПУ
Бедин А.С., студент, АлтГТУ
Блем А.Г., к.э.н., доцент, АлтГТУ
Брютова Е.А., магистрант, АлтГТУ
Быков Д.Ю., магистрант, АлтГТУ
Вавилова Г.В., к.т.н., доцент, ТПУ
Варзанова О.О., магистрант, АлтГТУ.
Вдовенко А.В., студент, АлтГТУ
Вострова М.А., магистрант, АлтГТУ
Ганжа А.В., студент, КГМУ имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого МЗ РФ
Ганжа В.А., д.т.н., доцент, ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», институт нефти и газа.
Губарев С.С., студент, АлтГТУ
Емельянова Е.Я., студент, ИжГТУ имени М.Т. Калашникова
Ермолин К.С., м.н.с., УДМФИЦ УРО РАН
Зрюмова А.Г., к.т.н., доцент, АлтГТУ
Кайст Д.В., магистрант, АлтГТУ
Карелин Е.Н., зам.начальника кафедры. ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России
Кемпф В.А., к.т.н., доцент, АлтГТУ
Кизнерцев С.Р., к.т.н., с.н.с. УДМФИЦ УРО РАН
Кириллов А.И., м.н.с., УДМФИЦ УРО РАН
Кондуров И.В., студент, АлтГТУ
Кривобоков Д.Е., к.т.н., доцент, АлтГТУ
Кривобоков К.Д., учащийся Центра «Наследники Ползунова»
Кудрин С.А., студент, АлтГТУ
Кузнецова В.В., магистр АлтГТУ
Лерке В.В., студент, АлтГТУ
Макеев Д.В., бакалавр, АлтГТУ
Мамонтов А.И., доцент, к. т. н., НИУ «МЭИ»
Мелкомуков С.В., магистрант, АлтГТУ
Метелева А.А., студент, ИжГТУ имени М.Т. Калашникова
Мирошниченко И.П. зав. кафедрой ОКМ, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»
Надвоцкая В.В., доцент, к.п.н., АлтГТУ
Новиков М.О., студент, АлтГТУ
Осипов Н.И., к.т.н., с.н.с. УДМФИЦ УРО РАН
Островский В.Ю., магистрант, АлтГТУ,
Пивнев К.В. студент, АлтГТУ
Пономарьков С.М., магистрант, АлтГТУ
Пронин С.П., д.т.н., профессор, АлтГТУ
Размыслов Е.В., магистрант, АлтГТУ
Роечко Д.В., студент, АлтГТУ
Соловьев В.А., ст. преподаватель, АлтГТУ
Сучкова Л.И., д.т.н., профессор, АлтГТУ
Теплюк П.А., аспирант, АлтГТУ
Турсунов М А, студент, АлтГТУ
Тушев А.Н., доцент, к.т.н., АлтГТУ

Чегров В.В., магистрант, АлтГТУ
Чеснокова А.К., магистрант, ТПУ
Шапоренко А.Г., студент, АлтГТУ
Шарлаев Е.В., к.т.н., доцент, АлтГТУ
Шелковников Е.Ю., д.т.н., профессор, в.н.с. УДМФИЦ УРО РАН
Шелковников Ю.К., д.т.н., профессор, гл.н.с. УДМФИЦ УРО РАН
Шелудченко О.А., бакалавр, АлтГТУ
Шестакова А.И., магистрант кафедры ИСЭ, АлтГТУ
Шляхтин К.А., м.н.с., УДМФИЦ УРО РАН
Якунин А.Г., д.т.н., профессор, зав.кафедрой, АлтГТУ
Яркимбаев Ш.С., магистрант, ТПУ

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИЗМЕРЕНИЯ, КОНТРОЛЯ И АВТОМАТИЗАЦИИ

Блем А.Г., Брютова Е.А. Разработка имитационной модели функционирования торговой точки розничной сети.....	3
Вдовенко А.В., Быков Д.Ю., Барышева Н.Н. Описание бизнес-процессов аптеки...	8
Пивнев К.В., Кузнецова В.В., Барышев Д.Д. Автоматизация гостиничного бизнеса...	9
Варзанова О.О., Сучкова Л.И. Разработка приложения для контекстного анализа текста на естественном языке с применением нейронной сети.....	11
Мамонтов А.И. О сжатии классификаторов.....	13
Шляхтин К.А. Методика определения параметров многоканальной системы для измерения длительности наносекундных сигналов.....	15
Блем, Вострова, Шестакова Имитационная модель движения клиентской базы предприятий по оказанию санаторно-курортных и спортивно-оздоровительных услуг...	19
Бедарев А.М., Чулков А.О. Разработка методики автоматизированного контроля композитов с использованием ультразвуковой инфракрасной термографии.....	25

РАЗДЕЛ 2

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Ганжа В.А., Ганжа А.В., Карелин Е.Н. Определительные испытания твердомера для уплотненного снега на парафиновой пробе.....	28
Мирошниченко И.П. Способ и устройство для бесконтактных измерений пространственных перемещений поверхностей объектов контроля.....	30
Ганжа В.А., Карелин Е.Н., Ганжа А.В. Основные результаты анализа конструкций тензометрических элементов.....	33
Пронин С.П., Бедин А.С., Макеев Д.В., Шелудченко О.А. Оценка разрешающей способности видеокамер смартфонов.....	35
Чеснокова А.К., Вавилова Г.В. Исследование влияющих факторов технологического процесса изготовления провода на значение его электрической емкости.....	39

РАЗДЕЛ 3

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ КОМПЛЕКСЫ

Лерке В.В., Надвоцкая В.В. Настройка фотосепаратора для технического переоснащения технологической линии.....	42
Кириллов А.И., Шелковников Е.Ю., Кизнерцев С.Р. Частотный анализ пьезоактюаторной информационно-измерительной системы для изучения композитных материалов.....	44
Островский В.Ю., Якунин А.Г. Разработка методов e-learning на основе применения аппарата нечеткой темпоральной логики для оценки степени усвоения дидактических единиц.....	48
Шелковников Ю.К., Метелева А.А., Емельянова Е.Я. Информационно-измерительная система на основе мультискана для контроля непрямолинейности объектов.....	51
Новиков М.О., Якунин А.Г. Разработка системы автоматизированного полива для садовых участков.....	55

Мелкомуков С.В., Тушев А.Н. Сравнительный анализ алгоритмов, применяемых в экспертных системах.....	57
Кондуров И.В., Тушев А.Н. Структуры данных в бизнес аналитике: описание и применение.....	60

РАЗДЕЛ 4 ИЗМЕРЕНИЕ, КОНТРОЛЬ, АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАТИЗАЦИЯ В МЕДИЦИНЕ, ЭКОЛОГИИ И ОБРАЗОВАНИИ

Андреева А.А., Шапоренко А.Г., Надвоцкая В.В. Использование состояния снежного покрова как показателя загрязнения бенз(а)пиреном при исследовании методом ВЭЖХ.....	63
Пронин С.П., Чегров В.В., Барышева Н.Н. Реакция зерен пшеницы на воздействие переменного напряжения.....	65
Андреева А.А., Шапоренко А.Г., Надвоцкая В.В. Обработка измерительной информации для определения массовой концентрации бенз(а)пирена в пробах талой воды.....	67

РАЗДЕЛ 5

ЭЛЕМЕНТЫ, УСТРОЙСТВА И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ, КОНТРОЛЯ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ

Кривобоков Д.Е., Соловьев В.А., Кривобоков К.Д. Использование искусственных нейронных сетей для решения измерительных задач (на примере исследования свойств автомобильных масел).....	71
Ермолин К.С., Шелковников Ю.К., Осипов Н.И. Моделирование процесса распространения ультразвукового эхо-сигнала в образце в акустическом микроскопе.....	75
Яркимбаев Ш.С. Измерение эксцентricности электрического кабеля магнитооптическим методом.....	78
Губарев С.С., Зрюмова А.Г. Разработка 3D модели устройства для автоматизированной обработки древесины на основе CO ₂ лазера.....	81

РАЗДЕЛ 6

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Пономарьков С.М., Теплюк П.А., Шарлаев Е.В. Исследование надежности и безопасности ядра Linux методом фаззинга.....	84
Роечко Д.В. Принципы функционирования алгоритма симметричного шифрования, построенного на основе рекуррентной нейронной сети.....	87
Турсунов М.А., Кемпф В.А. Анализ угроз и разработка рекомендаций по обеспечению безопасности информации для ГКБУЗ «Городская клиническая больница №11».....	90
Размыслов Е.В., Якунин А.Г. Разработка алгоритма оценки актуальности угроз безопасности информации.....	92
Кудрин С.А., Шарлаев Е.В. Программные средства мониторинга информационных ресурсов.....	94
Кайст Д.В., Якунин А.Г. Система обмена информацией с веб-приложением по открытым каналам связи с защитой персональных данных.....	98

Contents & Annotations

1. General questions of analysis and design of software and hardware to solve problems of measurement, control and automation

- Blem A.G., Brutova E.A. **Development of a simulation model of the retail outlet functioning** 3-8
* For any retail chain, one of the most pressing issues is the organization of work of employees of retail outlets: determining the number of personnel, their employment in direct customer service and internal work. In addition, in the context of the Covid-19 pandemic, customer safety issues come first. The development of a simulation model that allows modeling the work of an outlet in various conditions is a solution to this problem
- Vdovenko A.V., Bykov D.Yu., Barysheva N.N. **Description of business pharmacy processes** * 8-9
The activities of the pharmacy are quite specific, it is important to effectively manage the following data - lists of medicines whose prices are regulated by the state, data on registration of drugs, information on defective series and other data. Therefore, it is necessary to develop an automated information system for the collection, processing, and control of data
- Pivnev K.V., V.V. Kuznetsova, D.D. **Baryshev Automation of hotel business** * Management 9-11
of the hotel business, using innovative technologies and software, leads to a new level of service. The implementation of the information system in the enterprise allows not only to reduce the time for customer service, but also to eliminate errors in the work. The system developed on the 1C: Enterprise platform will allow you to automate the operation of the reservation and accommodation service, configure the administration process, and manage mutual settlements.
- Varzanova O.O., Suchkova L.I. **The development of an application for contextual analysis of the natural language text using a neural network.** * The article sets the task of creating a text processing tool for the subsequent experimental determination of the authorship of a document or an excerpt of a work of art. To solve this problem, it was decided to use a neural network as a classifier, which included three layers: input, hidden and output. Also, the authors of the article considered a method for compiling a dictionary based on the construction of n-grams. The developed application allows analyzing the source document and classifying the text with any set of characteristics with a certain accuracy. 11-13
- Mamontov A.I. **About classifiers compression** * Compression of integer classifiers, which are obtained from classifiers with real parameters using rounding or integer programming, is considered 13-15
- Shlyahin K.A. **Technique for determining the parameters of a multichannel system for measuring the nanosecond signal duration** * The paper proposes a method for determining the parameters of a multi-channel system for measuring the duration of nanosecond signals: the number of systems on a chip (SoC), the number of buses and time-digital converters. The application of this method is considered on the example of calculating the parameters of the developed information-measuring system based on SoC of the Cyclone V SE family and time-digital converters TDC-GPX 15-19
- Blem, Vostrova, Shestakova **Imitation model of motion of the client base of enterprises on the provision of sanatorium-resort and sports and health-improving services** * Altai Krai is one of the leading regions of Russia for the development of the health resort sector. The paper presents a simulation model of the movement of the client base of the resort and health sector enterprises of the economy, which allows to predict changes in the client base, as well as analyze the effectiveness of solutions for managing the client base 19-25
- Bedarev A.M. **Development of a technique for automated control of composites using ultrasonic infrared thermography.** * The paper describes the results of active thermal control of a carbon fiber image with various types of latent defects. A description is given of a robotic installation for combining thermal stimulation methods based on optical and ultrasonic sources 25-27

2. Methods and means of measurement

- Ganzha V.A., Ganzha A.V., Karelin E.N. **Determination tests of solid meter for compacted snow on paraffin sample.** * The article presents the main results of the determination tests of the new instrument - solid meter on the paraffin sample. The purpose of the tests is to work out the main methods of application of the aircraft as intended, to develop a control code with its use, strength (bearing strength) of the compacted snow cover of ground airfields and roads, 28-30

- complete preparation of the solid meter in summer for its natural tests in winter
- Miroshnichenko I.P. **Method and device for non-contact measurements of spatial movements on the surfaces of control objects** * The results of the development and justification of a promising method and device for non-contact measurements of spatial movements of the surfaces of control objects based on the method of highlighting the surface of the object of control by laser radiation are presented 30-33
- Ganzha V.A., Karelin E.N., Ganzha A.V. **Basic results of analysis of structures of tencometric elements.** * The article presents the main results of the analysis of literature and patent sources in the field of tensometric force measurements. The purpose of the analytical work is to determine the geometric shape and preliminary dimensions of the strain gauge element, the choice of material for its manufacture, the preliminary selection of surface sections of the elastic element to accommodate the blocks of strain gauges. 33-35
- Pronin S.P., Bedin A.S., Makeev D.V., Sheludchenko O.A. **Assessment of the resolution of camcorders smartphones** * A technique has been developed for measuring the resolution of a smartphone's camcorder. The structural scheme for measuring resolution includes a illuminator, a test object with black-and-white and color strokes. Studies on the resolution of three models of smartphones have been performed. It was found that the resolution for all models is the same. It is 1.3 mm. The resolution for color strokes is different. The best resolution is observed with the Honor 8X 2019 35-38
- Chesnokova A. K., Vavilova G.V. **Investigation of the influencing factors of the technological process of wire manufacturing on the value of its electrical capacitance.** * The article is devoted to the study of influencing factors of the technological process of wire manufacturing on the value of its electrical capacitance. In the course of the study, an experiment was conducted in which coefficients for the conversion function for each wire were obtained. The obtained data allow us to increase the accuracy of measuring the electrical capacitance of a single-core wire in the process. 39-41
- 3. Information systems, the measuring and operating complexes**
- Jerke V.V., Nadvot'skaya V. V **Setting up a photo separator for technical re-equipment of the production line.*** This article describes the features of setting up a photoseparator for technical re-equipment of a technological line for processing buckwheat. A new program for a specific type of processed products was proposed and lighting, sensitivity, and pneumatic settings of the photoseparator were adjusted 42-44
- Kirillov A.I. , Shelkovnikov E.Yu., Kiznertsev S.R. **Frequency analysis of piezoactuator information-measuring system for studying composite materials** * The paper deals with the issues of frequency analysis of a piezoactuator information and measuring system for studying composite materials. Its electromechanical model was developed, and the model was studied in the Micro-Cap environment. It is shown that the theoretical operating frequency range of the power plant is within 1÷1000 Hz, the number of resonance frequencies depends on the number of circuit elements, and the first resonance frequency depends only on the design of the installation 44-48
- Ostrovski V.Yu., Yakunin A.G. **Development of e-learning methods based on the use of fuzzy temporal logic to assess the degree of assimilation of didactic units** * A software package designed to implement e-learning technology has been developed, which uses fuzzy temporal logic to assess the degree of learning of didactic units. This allows you to provide the student with material depending on the level of assimilation of previously studied didactic units 48-51
- Shelkovnikov Yu. K., Meteleva A. A., Emelyanova E. Ya. **Information-measuring system based on multiscan for monitoring non-linearity of objects** * The article deals with the use of lasers to create reference directions for the control of non-linearity of objects. A laser information-measuring system based on a single-line multiscan for measuring the non-linearity of stem pipes has been developed. Expressions for simultaneous determination of pipe non-linearity along two axes (vertical and horizontal) are obtained based on measuring the time position of video signals from three light zones formed on a single-line multiscan using a mask with three slits 51-54
- Novikov M.O., Yakunin A.G. **Development of an automated watering system for garden plots.** * The possibilities of using Arduino microcontrollers in the field of automation of agricul-

tural processes are demonstrated. A structural scheme of the developed hardware and software system is designed. A mobile application based on the Android OS using Bluetooth wireless technology has been developed

Melkomukov S. V., Tushev A. N. **Comparative analysis of algorithms used in expert systems.*** This paper discusses the main approaches and algorithms used in the design of expert systems. Flowcharts of algorithms are given and individual stages of their operation are described. The advantages and disadvantages of using each algorithm are analyzed. The expediency of choosing an algorithm for a specific task is clarified. The article considers the importance of expert systems today, despite the popularity and use of artificial intelligence technologies 57-59

Kondurov I. V., Tushev A. N. **Data Structures in Business Intelligence: Description and Application** * This paper discusses the basic data structures used in the design of business requirements for a software product. Images of data structures are provided along with their descriptions. The advantages and disadvantages of using data structures when writing requirements are analyzed. The expediency of choosing a structure for a specific task is explained. Considered the importance of designing business intelligence, data structures 60-62

4. Measurement, control, automation and informatization in medicine, ecology and education

Andreeva A., Shaporenko A., Nadvotskaya V. **Using the snow cover state as an indicator of Benz(a)pyrene contamination in the HPLC study.** * This article presents the experience of using the state of snow cover as an indicator of Benz(a)pyrene contamination in the HPLC study. An ecological map of Barnaul was developed, the process of sampling snow cover and obtaining a chromatogram of a sample prepared from snow cover was described 63-65

Pronin S.P., Chegrov V.V., Barysheva N.N. **The reaction of wheat grains to the effects of alternating voltage** * The work is devoted to the study of the electrophysical properties of wheat grains. As a physical model, an equivalent electrical circuit of parallel connection of a capacitor and resistance is adopted. Based on the experimental dependence of the change in the amplitude of the output voltage on the frequency, it was concluded that the shell is a low-pass filter. Thus, in the equivalent electrical circuit of the grain shell, the main role is played by the capacitor, and the resistance is very high 65-67

Andreeva A., Shaporenko A., Nadvotskaya V. **Processing of measurement information for determining the mass concentration of Benz (a) pyrene in meltwater samples** * This article presents the results of an experimental study of meltwater for the presence and mass concentration of Benz (a) pyrene. Six districts of Barnaul were investigated for the presence and excess of the maximum permissible concentration of Benz (a) pyrene. The calculation of the concentration of Benz (a) pyrene in the volume of each sample showed that the environmental situation in Barnaul is not completely safe, there are prerequisites for detecting excess MPC when the snow cover melts in several districts of the city. 67-70

5. Elements, devices and software for measurement, control and informatization

Krivobokov D.E., Solov'ev V.A., Krivobokov K.D. **Use of artificial neural networks to solve measurement problems (on the example of research of properties of automobile oils).** * The report proposes a mechanism for the numerical solution of a system of complex equations. As a result of the studies carried out, simplified functional dependencies were obtained to determine the concentration of unnecessary impurities contained in automobile oil (water, wear products and residue of combustion products) using physical parameters convenient for measurement, such as electrical conductivity, viscosity, optical density and temperature sensitivity of oil viscosity. Structure of simple neural network for its application in microprocessor engineering is proposed. The method of neural network training for correction of concentration values at inputs of functional dependencies has been developed 71-74

Ermolin K. S., Shelkovnikov Yu. K., Osipov N. I. **Modeling the propagation of an ultrasonic echo-signal in a sample in an acoustic microscope.** * The paper considers the features of propagation of ultrasonic echo signal from defects in objects studied using an acoustic microscope. A mathematical model of the behavior of this echo signal in a layered environment has been developed and studied in MATHCAD. This model allows correct interpretation of real echo signals in various samples. The results of studies of the propagation of echo signals from defects 75-78

in steel and aluminum samples are presented

Yarkimbaev Sh. S **Measuring the eccentricity of an electric cable by the magneto-optical method.** * A magneto-optical converter is described for monitoring the eccentricity of a single-core electric cable per passage directly during its production on the production line 78-81

Gubarev S. S., Zryumova A. G **Development of a 3d model of a device for automated wood processing based on a CO2 laser** * The article is devoted to the development of a 3D model of a device for automated wood processing on the basis of a CO2 laser, in the Autodesk Fusion 360 program, with a minimum distance of laser radiation, autofocusing of radiation and a lifting work table 81-83

6. Information security

Ponomarev S.M., Teplyuk P.A., Sharlaev E.V. **Research of the reliability and security of the Linux kernel by fuzzing.** * The widespread use of the Linux family of operating systems leads to major security problems if vulnerabilities are detected in stable kernel branches. In this regard, it is necessary to perform various security checks of the source code. The aim of the work is to experimentally detect Linux kernel crashes, including leading to vulnerabilities by fuzzing. 84-86

Roenko D.V. **Functioning principles of symmetric encryption algorithm based on recurrent neural network.** * Article considers the functioning principles of symmetric encryption algorithm based on recurrent neural network, also the substantiation of its main security aspect is given, further research prospects are noted 87-90

Tursunov M.A., Kempf V.A **Threat analysis and development of recommendations to ensure information security for the city clinical hospital №11».** * This article discusses the threat analysis and development of recommendations to ensure the security of information for the GKBUZ "City clinical hospital N11". Methods of analysis that identify potential risks and threats to information security are described. The paper highlights the processes that occur in medical information systems and are subject to the greatest risk of leakage 90-91

Razmyslov E.V., Yakunin A.G. **Development of an algorithm for assessing the relevance of information security threats** * The standard of information security risk assessment NIST SP 800-30 is considered. The key stages of the standard are highlighted. A method has been developed for assessing the relevance of information security threats adapted for the Russian market, this method can be fully automated through further refinement and converted into an algorithm that can be implemented in software implementation 92-94

Kudrin S.A., Sharlaev E.V. **Software tools for monitoring information resources** * The purpose of this work is to develop an isolated monitoring system for collecting statistics of servers and network equipment, which allows you to keep reports and execute user scripts. This article also discusses the most common monitoring systems, such as: PRTG, Cacti, Zabbix. Their similarities and differences are revealed, and critical shortcomings are noted. Demonstrated the build of Docker containers for the monitoring system. In conclusion, an example of monitoring the Mikrotik router is given 94-98

Kaist D.V., Yakunin A.G. **Information exchange system with web application on open channels for communication with the protection of personal data** * An alternative to the usual certified means of protecting personal data, which not all organizations can afford to use, is considered. The system of information exchange through open communication channels using anonymization with cryptographic algorithms is described 98-99