Министерство образования и науки РФ

Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере

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

Краевое государственное научно-исследовательское учреждение «Алтайский научно-образовательный комплекс»

Кафедра информатики, вычислительной техники и информационной безопасности

ИЗМЕРЕНИЕ, КОНТРОЛЬ, ИНФОРМАТИЗАЦИЯ

Материалы XVII международной научно-технической конференции

19 мая 2016 г., г. Барнаул

Изд-во АлтГТУ
Барнаул - 2016

УДК 681.2: 62-50:65,05
И 37

И 37 Измерение, контроль, информатизация: материалы XVII международной научно-технической конференции. /под ред. Л.И. Сучковой. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2016. – 287 с.

ISBN 978-5-7568-1187-2

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

В сборнике публикуются материалы XVII международной научно-технической конференции «ИКИ-2016» (доклады и/или их тезисы), проходившей в г. Барнауле в Алтайском государственном техническом университете 19 мая 2016 года. 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 978-5-7568-1187-2

© Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, 2016
© Лаборатория информационно-измерительных систем АлтГТУ, 2016
© Кафедра информатики, вычислительной техники и информационной безопасности АлтГТУ, 2016

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

ИНТЕРВАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ЛИНЕЙНОЙ МОДЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ КОНТРОЛИРУЕМОГО ПРОЦЕССА ПРИ ФИКСАЦИИ ПЕРИОДА НАБЛЮДЕНИЯ

СУЧКОВА Л.И.

Основу анализа информационных процессов в системах мониторинга составляет обработка текущих реализаций сигналов и принятие решений о наличии или отсутствии на объекте контроля нештатных ситуаций (НС). В общем случае сигналы, обрабатываемые современными информационно-измерительными системами, представляет собой квазидетерминированную функцию пространственно-временных координат $r^T=\{x,y,z,t\}$ и вектора параметров $\boldsymbol{\lambda}$ [1].

Предположим, что сигнал наблюдается в пространственно-временной области, состоящей из множества доменов $DM=\{dm_q\}$. В каждом домене модель сигнала имеет вид:

$$Y(r,\lambda)=E_{mq}(r,\lambda)+\Phi_q(r), \qquad (1)$$

где $Y(r,\lambda)$ - реализация сигнала, $E_{mq}(r,\lambda)$ - модельная функция типа m, принадлежащая группе функций $\{E_m(r,\lambda)\}, m\in\{0,1,...,N\}$, $\Phi_q(r)$ - функция сопровождения. Примерами модельных функций являются $E_0(r,\lambda)=\lambda_0$ и линейная функция $E_1(r,\lambda)=\lambda_1\cdot r+\lambda_0$. Реализации функции сопровождения формируют слой неопределенности сигнала [2].

Для принятия решения о состоянии контролируемого объекта с целью выработки управляющего воздействия необходимо осуществлять оценку параметров сигнала, причем для учета случайных возмущений перспективна работа именно с интервальными оценками текущих значений параметров. Рассмотрим метод вычисления границ области Λ интервальных значений параметров $\boldsymbol{\lambda}$ модельной функции, причем для упрощения изложения будем считать, что вектор $\boldsymbol{r}$ представлен только временной компонентой t.

Если интервал наблюдений имеет фиксированную длину, то в зависимости от типа модельной функции для нахождения интервальных оценок параметров необходимо определенное число точек наблюдения. Пусть число точек наблюдения не менее чем n_r. Область Λ в общем случае представляет собой гиперпараллелепипед, и интервалы возможных значений одного параметра могут являться функцией допустимых значений, заданных для других параметров. Будем считать, что требуемые точки принадлежат скользящему окну наблюдения W ширины n_r, первую на-

блюдаемую точку окна W обозначим P_{first}, последнюю - P_{last}. Рассмотрим общий алгоритм интервального оценивания параметров сигнала во времени при фиксации пространственных координат без конкретизации метода оценивания области Λ, задающей интервалы возможных значений параметров λ, который будет приведен далее:

1. Определяем номер домена q, которому принадлежит точка P_{first}.
2. Определяем область Λ допустимых текущих интервальных значений параметров λ модельной функции $E_{mq}(r,\lambda)$, исходя из поведения функции сопровождения $\Phi_q(r)$.
3. Если область Λ пуста, что может свидетельствовать о несоответствующем домену выбранной модели поведения контролируемого процесса, то, если P_{first} или P_{last} принадлежат интервалу неопределенности для левой или правой границы q-того домена $[r_q(r)-\delta_q^-(r);r_q(r)+\delta_q^+(r)]$, то переходим к пункту 4, иначе – к пункту 6.
4. Выполняем попытку повторного определения Λ, для чего:

а) вычисляем величину n_{r1} - количество точек из W, принадлежащих домену q, но не принадлежащих интервалу неопределенности для границы домена;

б) вычисляем величину n_{r2} как разность между n_r и n_{r1};

в) если $n_{r2}>n_{r1}$, то повторно определяем Λ для модельной функции и функции сопровождения соседнего домена.

5. Анализируем область Λ согласно целям интервального оценивания (например, сопоставляем ее с областями параметров модельной функции, соответствующих НС).
6. Сдвигаем окно W на величину τ и возвращаемся к п.1. Величина сдвига окна зависит от требований к точности локализации текущей ситуации на объекте контроля, в простейшем случае τ равно 1, что соответствует следующему значению координаты r.

Отметим, что вышеприведенный алгоритм целесообразно применять в случае отсутствия в граничной области, разделяющей домены, переходных процессов с малой постоянной времени и существенным изменением характера поведения модельной функции. В противном случае потребуется либо выделение граничных областей в домены специального типа, либо, что упростит интервальное оценивание, сдвиг начальной точки окна в точку наблюдения, соответствующую окончанию переходного процесса.

Нахождение области Λ возможных значений интервальных оценок вектора параметров λ на фиксированном интервале $[r_{n1},\ldots,r_{nk}]$ из k отсчетов будем производить по результатам наблюдений $Y(r_i,\lambda)$ на этом интервале, причем необходимая для вычислений ширина интервала наблюдения $wid[r_{n1},\ldots,r_{nk}]$ зависит от физики наблюдаемого процесса, шага

дискретизации, типа модельной функции, и требуемой точности оценки вектора параметров.

Область значений функции сопровождения ограничена амплитудой реального сигнала. Рассмотрим случай, когда область значений функции сопровождения принадлежит интервалу $[-\varepsilon_0^-, \varepsilon_0^+]$, где $\varepsilon_0^-, \varepsilon_0^+$ - неотрицательные величины. Тогда для всех точек r_i интервала наблюдения $[r_{n1},\ldots,r_{nk}]$ верхняя и нижняя границы оценки модельной функции вычисляются по формулам:

$$\hat{E}_1^+(r_i,\lambda) = Y(r_i,\lambda) + \varepsilon_0^-,\ \hat{E}_1^-(r_i,\lambda) = Y(r_i,\lambda) - \varepsilon_0^+, \quad (2)$$

Пусть модельная функция линейна и описывается $E_1(r,\lambda) = \lambda_1 \cdot r + \lambda_0$, а ε=const. Если λ_1=0, то функция $E_1(r,\lambda)$ переходит в функцию $E_0(r,\lambda) = \lambda_0$, и верхняя и нижняя оценки границ интервала $[\hat{\lambda}_0^-, \hat{\lambda}_0^+]$ для параметра λ_0, согласно (2), вычисляются как верхняя и нижняя границы интервала Ip, являющегося пересечением интервалов неопределенности для всех наблюдаемых точек:

$$\hat{\lambda}_0^+ = up \bigcap_{i=n_1}^{n_k} \left[Y(r_i,\lambda_0) - \varepsilon_0^+, Y(r_i,\lambda_0) + \varepsilon_0^- \right], \quad (3)$$

$$\hat{\lambda}_0^- = down \bigcap_{i=n_1}^{n_k} \left[Y(r_i,\lambda_0) - \varepsilon_0^+, Y(r_i,\lambda_0) + \varepsilon_0^- \right], \quad (4)$$

где операции *up* и *down* соответствуют взятию верхней и нижней границы интервала.

Интервальная оценка, вычисляемая по (3) и (4), согласуется с результатами исследований Родионовой О.Е., Померанцева А.Л. [3], предложивших метод простого интервального оценивания, примененного в области хемометрии.

Введем меру адекватности $M_{a\partial}^0$ интервальной оценки параметра λ_0 как выраженное в процентах отношение количества k' интервалов вида $[Y(r_i,\lambda_0) - \varepsilon_0^+, Y(r_i,\lambda_0) + \varepsilon_0^-]$ для i, изменяющегося от n_1 до n_k, имеющих непустые пересечения с интервалом $[\hat{\lambda}_0^-, \hat{\lambda}_0^+]$, к общему количеству интервалов неопределенности, равному n_k-n_1:

$$M_{a\partial}^0 = \frac{k'}{n_k - n_1} \cdot 100\% . \quad (5)$$

Рассмотрим определение границ области возможных значений оцениваемых интервальных параметров модельной функции в предположении, что $\lambda_1 \neq 0$. Сначала по формулам (6) и (7) вычислим верхнюю $\lambda_1^{\max}$ и нижнюю $\lambda_1^{\min}$ границы области допустимых значений интервальной оценки параметра λ_1, полагая, что интервал наблюдения разбит на n_k-n_1 участков размера dr:

$$\hat{\lambda}_1^{\min} = \frac{Y(r_{n_k},\lambda) - Y(r_{n_1},\lambda) - wid[\varepsilon_0^-, \varepsilon_0^+]}{(n_k - n_1)\cdot dr}, \tag{6}$$

$$\hat{\lambda}_1^{\max} = \frac{Y(r_{n_k},\lambda) - Y(r_{n_1},\lambda) + wid[\varepsilon_0^-, \varepsilon_0^+]}{(n_k - n_1)\cdot dr}. \tag{7}$$

Мера адекватности $M_{a\partial}^1$ определения верхней и нижней границ области допустимых значений интервальной оценки параметра λ_1 вычисляется как выраженное в процентах отношение суммы количеств k' и k'' непустых пересечений прямых $E_1(r,\hat{\lambda}_1^{\min}) = \hat{\lambda}_1^{\min}\cdot r$ и $E_1(r,\hat{\lambda}_1^{\max}) = \hat{\lambda}_1^{\max}\cdot r$ с интервалами $[Y(r_i,\lambda) - \varepsilon_0^+, Y(r_i,\lambda) + \varepsilon_0^-]$ для i, изменяющегося от n_1 до n_k, к удвоенному количеству интервалов неопределенности, равному $2(n_k\text{-}n_1)$:

$$M_{a\partial}^1 = \frac{k' + k''}{2\cdot(n_k - n_1)}\cdot 100\%\cdot \tag{8}$$

Если мера адекватности определения границ области допустимых значений интервальной оценки параметра λ_1 равна 100%, то вычисляем границы области допустимых значений интервальной оценки параметра λ_0, исходя из следующих соображений. Для модельной функции $E_1(r,\lambda)$ справедливы соотношения (9) и (10):

$$E_1(r,\lambda) = [\hat{\lambda}_1^-, \hat{\lambda}_1^+]\cdot r + [\hat{\lambda}_0^-, \hat{\lambda}_0^+], \tag{9}$$

$$E_1(r,\lambda) = Y(r,\lambda) - \Phi(r) = Y(r,\lambda) - [-\varepsilon_0^-, \varepsilon_0^+], \tag{10}$$

которые позволяют получить $n_k\text{-}n_1$ интервальных уравнений вида:

$$[\hat{\lambda}_1^-, \hat{\lambda}_1^+]\cdot r_i + [\lambda_0^-, \lambda_0^+] = [Y(r_i,\lambda) - \varepsilon_0^+, Y(r_i,\lambda) + \varepsilon_0^-], i = n_1,...,n_k. \tag{11}$$

Из (11), согласно формулам вычитания интервальных величин классического интервального анализа [3], найдем разность между интервальными величинами $[Y(r_i,\lambda) - \varepsilon_0^+, Y(r_i,\lambda) + \varepsilon_0^-]$ и $[\hat{\lambda}_1^-\cdot r_i, \hat{\lambda}_1^+\cdot r_i]$ для $i = n_1,...,n_k$. Результатами операции интервального вычитания для точек r_i являются интервалы $[Y(r_i,\lambda) - \varepsilon_0^+ - \hat{\lambda}_1^+\cdot r_i, Y(r_i,\lambda) + \varepsilon_0^- - \hat{\lambda}_1^-\cdot r_i]$, из пересечения которых по формулам (12) и (13) вычисляются верхняя и нижняя границы области допустимых значений, которая содержит интервальную оценку параметра λ_0:

$$\hat{\lambda}_0^{\max} = up\bigcap_{i=n_1}^{n_k}\left[Y(r_i,\lambda) - \varepsilon_0^+ - \hat{\lambda}_1^{\max}\cdot r_i, Y(r_i,\lambda_0) + \varepsilon_0^- - \hat{\lambda}_1^{\min}\cdot r_i\right], \tag{12}$$

$$\hat{\lambda}_0^{\min} = down\bigcap_{i=n_1}^{n_k}\left[Y(r_i,\lambda) - \varepsilon_0^+ - \hat{\lambda}_1^{\max}\cdot r_i, Y(r_i,\lambda) + \varepsilon_0^- - \lambda_1^{\min}\cdot r_i\right]. \tag{13}$$

Вычисление меры адекватности оценки границ допустимой области для интервальной оценки λ_0 осуществляется по формуле, аналогичной (5) с учетом зависимости наблюдаемых значений от вектора параметров λ, а не от единственного параметра λ_0.

Таким образом, по формулам (6), (7), (12), (13) для каждого нового r осуществляется определение и анализ области допустимых интервальных оценок параметров модельной функции.

Литература. 1. Сучкова, Л.И. Развитие метода ε-слоя для нахождения интервальных оценок параметров квазидетерминированных процессов [Текст] / Л.И. Сучкова, А.Г. Якунин // Вестник Самарского ГУ (Естественнонаучная серия). № 9/2 (110)/2013. – С. 25-30. 2. Suchkova, L.I. Estimation of Parametres of a Signal Modelling Function in its Linear Approximation by ε-Areas Method /L.I. Suchkova // Fundamental Science and Technology – Promising Developments III, Proceedings, Vol.1.North Charleston, USA, April 2014, p. 116-119. 3. Шарый С.П. Конечномерный интервальный анализ. – XYZ, 2012. http://www.nsc.ru/interval/Library/ InteBooks/SharyBook.pdf.

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова», кафедра ИВТиИБ, Сучковой Л.И., E-mail: lara8370@yandex.ru*

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗРЕШЕНИЯ 4К В СИСТЕМАХ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

ДУБРОВИН Ю.В., ЮДЕНКОВ А.В.

На сегодняшний день в телевидении и кино все большее распространение получает стандарт 4К. В системах видеонаблюдения так же начинают следовать тенденциям рынка и появляются видеокамеры, использующие этот стандарт. Однако использование стандарта 4К в нынешних системах сталкивается с определенными трудностями.

Возможности стандарта 4К. Стандарт 4К представляет собой удвоенное разрешение изображения по сравнение со стандартом FullHD, при соотношении сторон 16:9 имеет 3840 точек по горизонтали и 2160 точек по вертикали. Суммарное количество пикселей, по сравнению с FullHD, увеличилось в 4 раза. Помимо разрешения изображения Ассоциация потребительской электроники указала в стандарте разрешение сенсора не менее 8 МПикс и скорость обновления от 24 до 120 кадров в секунду.

При стремлении всей микроэлектроники к уменьшению размеров, использование 8Мпикс сенсоров приводит к тому, что на одной и той же площади приходится умещать гораздо большее количество светочувствительных пикселей. Это приводит к тому, что на каждый пиксель падает меньше света, из-за чего падает общая чувствительность сенсора. В сумерках и плохом освещении появляется большое количество шумов, для их уменьшения используются фильтры шумоподавления, которые устраняют шумы, однако делает изображение более размытым, что фактически понижает разрешение изображения. В таких условиях из изображения размером 4К полезной информации останется на уровне разрешения FullHD или меньше. Решить проблему низкой чувствительности при та-

ких разрешениях сенсора, можно увеличением физических размеров самого сенсора, например, использовать матрицы размером 1/2" или 1".

Помимо матрицы, для получения изображения 4К, требуется подходящая оптика, которая должна иметь оптическое разрешение не менее 8 Мпикс. Оптика развивается значительно медленнее микроэлектроники, и поэтому оптические системы такого разрешения весьма редки и дорогостоящи. Помимо этого объективы для видеокамер 4К имеют большие габариты по сравнению с обычными объективами. Так же отсутствуют вариофокальная и трансфокаторная оптика такого разрешения.

Кроме матрицы и оптики, для камер разрешения 4К, важным является точность сборки, а именно соосность матрицы и оптические качества линз. Точность сборки стала важна еще при появлении FullHD камер, для 4К требуется большая точность, несмотря на большие габариты самой камеры, т.к. неточности в сборке влияют на выходное разрешение камеры. На сегодняшний день из-за увеличившихся габаритов такие камеры нельзя использовать в компактных купольных камерах.

Проблемы перехода на стандарт 4К. Помимо получения изображения стандарта 4К есть определенные проблемы передачи, обработки и хранения. В 4 раза большее количество пикселей генерирует в 4 раза больше информации, и для передачи этой информации требуются более широкие каналы связи. Видеопоток 4К сжатый кодеком H.264 имеет битрейт по меньшей мере 12 Мбит/с, что уже ограничивает возможность передачи видеоизображения, особенно посредством сотовой связи. Вследствие большего потока информации, пропорционально уменьшается время архива, а также возрастают требования к скоростным характеристикам системы хранения данных. Все это потребует использования большего количества жестких дисков и/или более скоростные модели. Нивелировать проблему большого потока информации можно применив новый кодек сжатия видеоизображения H.265, который является более эффективным относительно H.264, однако на сегодняшний день распространение аппаратных кодеров/декодеров H.265 не велико.

Для отображения видеоизображения формата 4К требуется соответствующий монитор, а также видеокарта, способная выводить несколько таких видеопотоков. При использовании H.264 основная нагрузка будет на видеокарту, так как современные видеокарты имеют встроенный декодер этого формата. При использовании H.265 вся нагрузка по декодированию ляжет на центральный процессор, что сильно ограничит возможность просмотра нескольких видеопотоков на одном мониторе.

Использование альтернативных систем. Некоторые системы видеонаблюдения до сих пор остаются аналоговыми, даже появились так называемые аналоговые системы высокого разрешения, однако они предъявляют высокие требования к линиям передачи видеосигнала из-за широкой полосы аналогового сигнала. При создании цифровой системы оптимальным будет использовать формат FullHD, а в особых условиях

простой HD. FullHD - это стандарт видеоизображения, предшествующий 4К. При соотношении сторон 16:9 он имеет разрешение 1920 пикселей по горизонтали и 1080 пикселей по вертикали, поэтому сенсор, требуемый для получения такого разрешения, должен быть не менее 2 Мпикс. Минимальный поток, сжатый кодеком H.264, будет порядка 4 Мбит/с, а в при хорошем соотношении сигнал/шум достаточно будет и 3 Мбит/с. Естественным образом снижаются требования к записи, к количеству дисков в системе и их скоростным характеристикам. С точки зрения затрат меньшее количество дисков пропорционально снижает затраты на техническое обслуживание системы хранения видеофайлов, замену вышедших из строя дисков, а так же расходы на электропитание, что немаловажно для оборудования, работающего круглосуточно. Справедливо заметить, что данные характеристики соответствуют использованию кодеку H.264, при использовании других, более легких кодеков, характеристики могут сильно отличаться. В телевидении и кино стандарт FullHD появился несколько лет назад, поэтому и аппаратные кодеры/декодеры H.264 получили широкое распространение, а проблем с его использованием на сегодняшний день практически не возникает.

Видеокамеры, использующие матрицы формата FullHD, не имеют таких больших проблем как камеры 4К. Та же оптика для этих камер не имеет проблем с оптическим разрешением, не требует больших габаритов. Существуют вариофокальные объективы и трансфокаторы для этого разрешения. Это все позволяет использовать FullHD камеры в разнообразных и привычных корпусах, управлять фокусным расстоянием и оптическим приближением. Так же без проблем найдутся на рынке ИК-объективы для работы камеры в режиме «Ночь» с ИК-подсветкой. Не требуется ставить большую по физическому размеру с разрешением FullHD, что значительно снижает цену, и чувствительность остается на должном уровне. Исключением остается использование FullHD в ультракомпактных корпусах, куда предпочтительнее поставить HD матрицу небольшого физического размера.

Выводы. Видеонаблюдение формата 4К со временем решит свои проблемы, станет доступной большинству, так же было и с форматом FullHD несколько лет назад. Сейчас же видеонаблюдение в формате 4К рентабельно использовать там, где нужно наблюдать за большой территорией, например стадион или площадь, а так же в тех местах, где активно используется машинное зрение, например для идентификации.

Литература. 1. «Потянет» ли ваша система видеонаблюдения камеры формата 4К? [Электронный ресурс]: SecurityNews: Информационно-аналитическое издание по техническим средствам и системам безопасности. – Режим доступа: http://www.secnews.ru/articles/21552.htm. – Загл. с экрана. 2. 4К: есть ли перспективы на рынке безопасности? [Электронный ресурс]: Актив-СБ: видеонаблюдение и системы безопасности. – Режим доступа:http://www.aktivsb.ru/info2097.html. – Загл. с экрана.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СИГНАЛОВ ZIGBEE И NFC В СЛОЖНЫХ ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ

БОБИН А.Ю., НИКОЛАЕВА В.К., БОРИСОВ А.П.

Интернет вещей (InternetofThings, IoT) – концепция вычислительной сети физических объектов («вещей»), оснащённых встроенными технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой, рассматривающая организацию таких сетей как явление, способное перестроить экономические и общественные процессы, исключающее из части действий и операций необходимость участия человека.

Спектр возможных технологий передачи данных в IoT охватывает все возможные средства беспроводных и проводных сетей. Поэтому для организации IoT необходимо знать распространение сигналов различных технологий беспроводной передачи данных в сложных городских условиях.

Одной из перспективных технологий передачи данных является технология NFC. NFC (NearFieldCommunnication) – это технология беспроводной высокочастотной связи малого радиуса действия, которая дает возможность обмена данными между устройствами, находящимися на расстоянии около 10 сантиметров. Эта технология — простое расширение стандарта бесконтактных карт (ISO 14443) [1].

Технология NFC добавляет достаточно многообещающий функционал к технологии RFID. Наиболее значительным из них является формат обмена данными NFC(NDEF), который предоставляет возможность форматировать обычные данные в одну из четырех технологий меток NFC. NDEF может быть использован как для обмена данными между устройством и меткой, так и для обмена между устройствами. Это делает NFC пригодным не только как способ идентификации, но и как средство обмена короткими блоками данных. Метод, которым NFC устройства и метки взаимодействуют в одно касание, позволяет пользователям спонтанно взаимодействовать [2].

Одним из самых простых способов реализации данной технологии является сборка установки из микроконтроллера Arduino и модуля NFC. Поэтому был выбран модуль PN532, который заметно дешевле других модулей и широко распространен. Данный модуль имеет следующие характеристики: микросхема - PN532; логика - КМОП, 3.3В; напряжение питания - 3.3-5В; максимальный потребляемый ток - 150 мА; потребляемый ток в режиме ожидания - 100 мА; потребляемый ток в режиме считывания - 120 мА; потребляемый ток в режиме записи - 120 мА; дальность считывания - 5 - 7 см; антенна - встроенная, на плате; размеры - 42.7x40.4 мм.

Упрощенная схема распространения сигнала представлена на рисунке 1, где стрелками обозначен сигнал. Преграда поглощает часть сигнала, в зависимости от толщины преграды или ее материала, сигнал может дойти со значительными потерями или вообще не дойти до приемника.

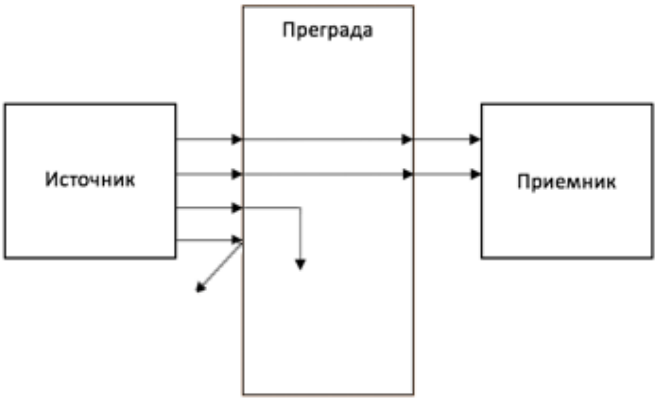


Рис. 1. Распространение сигнала в среде, где есть преграда

После сборки установки был проведен эксперимент по распространению сигналов в пространстве. Производителем заявлено, что максимально данный модуль может устанавливать связь на 7 сантиметрах без каких-либо преград. На практике же это число чуть меньше и составляет 6 сантиметров, что дает стабильный обмен данными между устройствами, хотя увеличить расстояние до 7 см возможно, что приведет к нестабильному обмену данных – в 7 случаях из 10 будет происходить установление связи, а отправка данных в четырех случаях из семи. Данные сведения наглядно отражены на рисунке 2.

Затем были произведены эксперименты для различных преград: гипсокартон, дерево разной толщины, бумага, картон, стекло, стеклопакет и лист жести.

В случае с листом жести сигнал не устанавливался даже если поднести приемник вплотную к передатчику, то есть абсолютно весь сигнал был поглощен материалом, либо рассеян в пространстве. У гипсокартона, дерева толщиной 1,6 см и бумаги оказалось почти одинаковое влияние на распространение сигнала, за исключением того, что через дерево и бумагу есть еще запас в 1 см, который позволяет установить связь и переслать данные, но в 4-6 случаях из десяти. Стекло и картон сокращают максимальное расстояние до 4 см для стабильной связи, хоть и стекло дает запас в полсантиметра больше, чем картон. Деревянная дверь (3,7 см) и стеклопакет сокращают расстояние до полутора сантиметров для стабильной связи, у двери есть запас в полсантиметра.

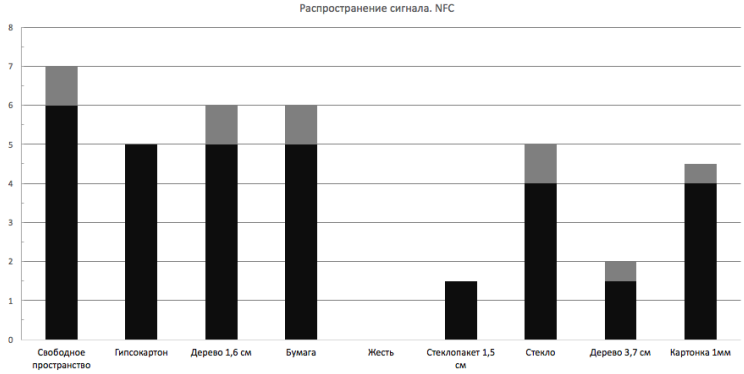


Рис. 2. Распространение сигнала с различными преградами

Беспроводные сети Zig Bee получают все большее распространение в домашней, офисной и промышленной автоматизации. Высокий уровень помехозащищенности, низкое потребление электроэнергии, простота создания сетей, возможность их оперативного развертывания, сворачивания и расширения, являются основными причинами возрастающей популярности сетевой технологии Zig Bee, являющейся программной надстройкой стандарта IEEE 802.15.4.

Показателем, на который ориентируется покупатель оборудования для организации сети любой сложности является обеспечиваемая дальность связи. Данный параметр приемо-передающих устройств замеряется в основном в идеальных лабораторных условиях и часто намеренно завышается производителем. Кроме того, важно учитывать затухание сигнала вследствие прохождения беспроводного тракта через различные препятствия. Исследование распространения сигналов Zig Bee и является целью данного исследования.

Устройство для организации беспроводной связи состоит из пары Xbee Pro S2 от компании Digi и пары Arduino Mega 2560. Микроконтроллеры с помощью USB кабелей подключены к двум ноутбукам. Первый инициирует отправку пакетов данных, второй выступает в роли принимающей стороны.

С помощью данного устройства были произведены замеры и выполнены расчеты потерь в беспроводном тракте при изменении расстояния между приемником и передатчиком, а также вследствие прохождения через различные препятствия. В учет не принимались посторонние помехи (шумы, наводки, сигналы Wi-Fi точек), погодные условия (облачность, дождь). Полученные данные представлены в таблице 1.

После проведения экспериментальных замеров и подсчетов потерь в

процентах, были выполнены расчеты потерь в свободном пространстве FSL (дБ)с учетом коэффициента ослабления X (таблица 2) и построены графики зависимости затухания радиосигнала от расстояния (рисунки 3 - 7).

Таблица 1. Результаты измерений

Условия	Расстояние, м	Потери, %	Условия	Расстояние, м	Потери, %
Отрытое пространство (помещение)	18	0	Дверь деревянная	18	0
	36	0		36	0
	54	5		54	0
	72	3		72	2
	90	91		90	79
Дверь железная	18	0	Двери железная и деревянная	18	0
	36	39		36	86
	54	100		54	100
	72	100		72	100
	90	100		90	100
Толстый бетон (~1 м)	18	0	Стеклопакет	18	9
	36	100		36	6
	54	100		54	45
	72	100		72	42
	90	100		90	97
Открытое пространство (город, прямая улица)	20	0		108	100
	40	16	Стекло	18	0
	60	6		36	1
	80	52		54	9
	100	68		72	20
	120	61		90	28
	140	90		108	42
	160	96		126	21
	180	88		144	46
	200	99		162	98

Таблица 2. Коэффициенты ослабления для различных условий

Условия	Коэффициент ослабления
Дверь железная	15
Дверь деревянная	10
Толстый бетон	23
Стеклопакет	8
Стекло	3
Открытое пространство	20

Рис. 3. График зависимости затухания от расстояния (дерево)

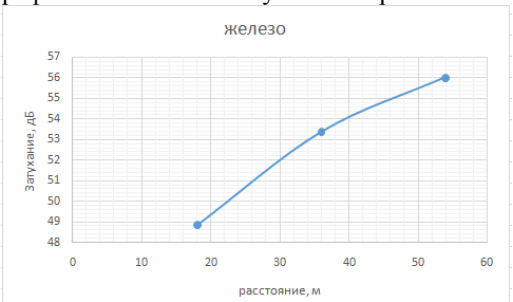


Рис. 4. График зависимости затухания от расстояния (железо)

Рис. 5. График зависимости затухания от расстояния (стеклопакет)

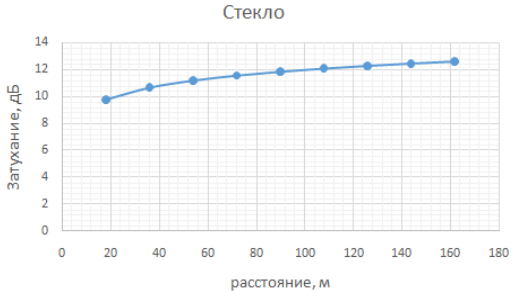


Рис. 6. График зависимости затухания от расстояния (стекло)

Рис. 7. График зависимости затухания от расстояния (открытое пространство)

Исходя из приведенных экспериментальных и расчетных данных, а также построенных по ним графикам можно с некоторой степенью точности судить о распространении сигнала ZigBee при использовании модулей XbeeProS2 в сложных городских условиях.

Максимальное расстояние, при котором пакеты еще доставлялись на приемное устройство, равно 90 метрам в помещении и 200 метрам для открытого пространства. По данным же из сопровождающей документации, радиус действия данных устройств в помещении равен 60 метрам, а в открытом пространстве до 1500 метров [3]. Можно сделать вывод о том, что дальность связи в помещении превышает заявленную, а вот на открытом пространстве меньше почти в 8 раз. Столь большая разница объясняется, вероятно, тем, что измерения производились хоть и на открытом пространстве, но в городских условиях.

Литература. 1. Nearfieldcommunication/[Электронный ресурс] : - Режим доступа : - https://en.wikipedia.org, – Загл. с экрана. 2. Beginning NFC: Near Field Communication with Arduino, Android, and PhoneGap, by Tom Igoe, Don Coleman, and Brian Jepson. Copyright Tom Igoe, Don Coleman, and Brian Jepson 2014 978-1-4493-6307-9. 3. Digi. ZigBeeRFModules. Xbee2, Xbee Pro2, Pro S2B. UserGuide. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ftp1.digi.com/support/documentation/90000976.pdf, свободный.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОТВОДА ТЕПЛОТЫ ОТ ЭЛЕМЕНТОВ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

ИСМАИЛОВ Т.А., ЕВДУЛОВ Д.В., ЕВДУЛОВ О.В., ГАБИТОВ И.А.

В настоящее время при проектировании радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) отдельной задачей является разработка соответствующей системы отвода теплоты от ее элементов [1]. Подобного рода системы позволяют обеспечить необходимый температурный режим РЭА, что по-

вышает ее надежность и продолжительность бесперебойной работы.

Для отвода теплоты от элементов РЭА, работающих в режиме повторно-кратковременных тепловых нагрузок, достаточно распространено применение систем, выполненных на базе плавящихся тепловых аккумуляторов с большой теплотой плавления и температурой плавления, лежащей в пределах 45-65° С [2]. При эксплуатации РЭА в этом случае основная часть рассеиваемой ею теплоты поглощается за счет скрытой теплоты плавления аккумулятора. После окончания работы аппаратуры происходит остывание аккумулятора и его затвердевание за счет теплообмена с окружающей средой. Непременным условием нормального функционирования указанной конструкции является превалирование длительности перерыва между включениями аппаратуры над временем работы РЭА в «пиковом» режиме.

В лаборатории полупроводниковых термоэлектрических приборов и устройств ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет» разработан прибор, позволяющий использовать описанный выше принцип отвода теплоты при незначительных промежутках времени в перерывах работы циклически работающей аппаратуры.

Конструкция прибора приведена на рис.1.

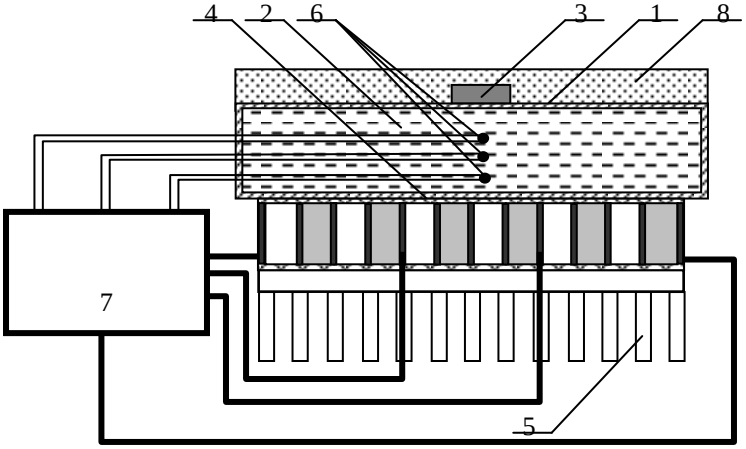


Рис.1. Система отвода теплоты от элементов РЭА, выполненная на базе ТЭБ с ее разбиением на секции ТЭ

Прибор содержит емкость 1 с рабочим веществом 2, на одной из торцевых поверхностей размещен элемент РЭА 3, а с противоположной сопряжена термоэлектрическая батарея (ТЭБ) 4, состоящая из нескольких последовательно соединенных секций термоэлементов (ТЭ). В объеме

емкости с рабочим веществом размещены датчики температуры 6, число которых равно числу секций ТЭ в ТЭБ 4. Датчики температуры электрически связанны с входом устройства управления 7, выход которого электрически связан с ТЭБ 4. Электрическая связь устройства управления 7 с ТЭБ 4 осуществляется таким образом, чтобы имелась возможность последовательного подключения или отключения каждой из секции ТЭ. Для съема теплоты с горячих спаев ТЭБ используется радиатор 5, а для снижения внешних теплопритоков к РЭА - теплоизоляция 8.

Устройство работает следующим образом. До тех пор, пока жидкая фаза расплавленного рабочего вещества 2 не переместится до места расположения первого датчика температуры 6, ТЭБ 4 не питается электрической энергией и не отводит тепло. При проплавлении рабочего вещества 2 до места расположения первого датчика температуры 6, с последнего передается электрический сигнал на устройство управления 7, которое начинает осуществлять питание электрической энергией крайней секции ТЭ в ТЭБ 4. Часть ТЭБ 4, состоящая из ТЭ крайней секции, начинает интенсивно отводить тепло от тонкостенной металлической емкости 1. При дальнейшем увеличении мощности рассеяния тепла элементом РЭА 3 и соответственно при достижении жидкой фазы расплавленного рабочего вещества 2 второго датчика температуры 6, в соответствии с поступившим с него электрическим сигналом устройство управления 7 начинает осуществлять питание электрической энергией крайней и расположенной рядом с ней секций ТЭ. При этом отвод тепла от тонкостенной металлической емкости 1 будет осуществляться уже двумя секциями ТЭБ 4. При еще большем увеличении мощности рассеяния тепла элементом РЭА 3 посредством датчиков температуры 6 и устройства управления 7 к процессу теплоотвода будут подключаться последовательно следующие секции ТЭ.

Процесс последовательного подключения секций ТЭ и, следовательно, увеличения уровня теплоотвода от тонкостенной металлической емкости 1 будет осуществляться до тех пор, пока граница раздела жидкой и твердой фазы рабочего вещества 2 не стабилизируется на определенном уровне.

При уменьшении уровня тепловыделений элемента РЭА 3 за счет отвода тепла ТЭБ 4 жидкая фаза рабочего вещества 2 будет перемещаться в обратном направлении (в направлении размещения элемента РЭА 3). При этом устройство управления 7 в зависимости от электрических сигналов с датчиков температуры 6, до которых переместилась твердая фаза рабочего вещества 2, будет последовательно отключать секции ТЭ. Процесс отключения секций будет происходить до тех пор, пока граница раздела жидкой и твердой фазы рабочего вещества 2 не стабилизируется на определенном уровне.

Рассмотренная в работе конструкция теплоотводящей системы может быть с успехом использована для обеспечения требуемых температурных

режимов работы РЭА, работающей в режиме повторно-кратковременных тепловых нагрузок и дает возможность повысить ее надежностные и эксплуатационные характеристики.

Литература. 1. Дульнев Г.И. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре. М.: Высшая школа, 1984. **2.** Алексеев В.А., Чукин В.Ф., Шишанов А.В. Прогнозирование теплового режима бортовой радиоэлектронной аппаратуры // Системотехника, 2004. №2.

Реквизиты для справок. *Россия, 367015, Махачкала, пр. Имама Шамиля 70, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», кафедра теоретической и общей электротехники, к.т.н., доцент Евдулов О.В. – ole-ole-ole@rambler.ru, тел. (8722)628269* .

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ ДЛЯ ОЦЕНИВАНИЯ НЕИЗВЕСТНОГО ВХОДА И ВЕКТОРА СОСТОЯНИЯ

ШАЛАГИН И. Е., СМАГИН В. И.

Рассматривается задача оценивания компонент вектора состояния при наличии в модели неизвестного входа. Выполнены исследования, и получены результаты моделирования обработки информации с использованием рекуррентных оценок и методов непараметрической статистики. Показано, что применение рекуррентных оценок, использующих методы непараметрической статистики, позволяет повысить точность информационных и измерительных систем.

Пусть объект описывается следующими разностными уравнениями, представленными в векторно-матричном виде:

$$X_{k+1} = A_k X_k + B_k u_k + I r_k + q_k, \; X_{k=0} = X_0, \qquad (1)$$

X_k – вектор состояния, u_k – управляющее воздействие (известный вход), r_k – неизвестное входное воздействие, q_k – случайные возмущения, I – матрица влияния неизвестного входа. Предполагается, что есть возможность контролировать либо все компоненты вектора X, либо часть, поэтому в модель системы контроля можно записать в виде:

$$y_k = H_k X_k + \eta_k, \qquad (2)$$

где $H_k - l \times n$ – матрица; η_k – гауссовская случайная последовательность ошибок измерений.

Для решения поставленной задачи можно использовать алгоритм фильтрации с оцениванием неизвестного входа на основе алгоритма Джилиуса и Мура, описанного в [1].

Целью данной работы является построение оптимальной несмещенной оценки вектора состояния системы X_k и неизвестного входа r_k, учитывая последовательность измерений $\{y_0, y_1, ..., y_k\}$. Предполагается,

что не имеется никакой априорной информации и никаких предположений о r_k. Неизвестный вход r_k может быть сигналом любого типа.

Рекурсивный алгоритм фильтрации Джилиуса и Мура имеет вид:

$$\hat{X}_{k/k-1} = A_{k-1}\hat{X}_{k-1/k-1} + B_{k-1}u_{k-1}, \quad (3)$$

$$\hat{r}_{k-1} = M_k(y_k - H_k\hat{X}_{k/k-1}), \quad (4)$$

$$\hat{X}^*_{k/k} = \hat{X}_{k/k-1} + I_{k-1}\hat{r}_{k-1}, \quad (5)$$

$$\hat{X}_{k/k} = \hat{X}^*_{k/k} + K_k(y_k - H_k\hat{X}^*_{k/k}). \quad (6)$$

Функция M_k представлена в виде:

$$M_k = \left(F_k^{\mathrm{T}}\tilde{R}_k^{-1}F_k\right)^{-1}F_k^{\mathrm{T}}\tilde{R}_k^{-1}, \quad (7)$$

где $F_k = H_kI_{k-1}$, а дисперсия $\tilde{R}_k$ представлена в виде $\tilde{R}_k = H_kP_{k/k-1}H_k^{\mathrm{T}} + R_k$, где $P_{k/k-1} = A_{k-1}P_{k-1/k-1}A_{k-1}^{\mathrm{T}} + Q_{k-1}$. Матрица усиления K_k имеет вид:

$$K_k = P_{k/k-1}H_k\tilde{R}_k^{-1}. \quad (8)$$

Рассмотрим модификацию алгоритма фильтрации (3)-(8), использующую непараметрическое оценивание. Эту модификацию можно выполнить по аналогии с работами [2, 3]. Тогда в качестве оценки неизвестного входа используется следующая формула:

$$\hat{r}_{k-1} = M_k\,\mathrm{E}[w_k], \quad (9)$$

где $w_k = (y_k - H_k\hat{X}_{k/k-1})$.

Вычислим оценку *j*-ой компоненты вектора математического ожидания $\hat{w}_k = \mathrm{E}[w_k]$, используя непараметрический метод

$$\hat{w}_{k,j} = \frac{\sum_{i=1}^{k} w_{i,j}K\left(\frac{k-i+1}{h_j}\right)}{\sum_{i=1}^{k} K\left(\frac{k-i+1}{h_j}\right)}. \quad (10)$$

где $K(\cdot)$ является функцией ядра, h_j – параметр размытости.

При моделировании сравнивалось качество фильтрации алгоритма Джилиуса и Мура и модифицированного фильтра, использующего непараметрические оценки (10). Использовалось гауссовское ядро вида:

$$K(u) = \frac{\exp\left(-u^2/2\right)}{\sqrt{2\pi}}.$$

Исходные данные следующие:

$$A_k = A = \begin{pmatrix} 0{,}99 & 1 & -1 & 1 \\ 0{,}001 & 0{,}75 & 0 & 0 \\ 0{,}01 & 0 & 0{,}75 & 0 \\ 0{,}013 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad B_k = B = \begin{pmatrix} 0 \\ 2 \\ 3 \\ 0 \end{pmatrix},$$

$$X_0 = \begin{pmatrix} 146{,}27 \\ 1{,}95 \\ 1{,}91 \\ 0{,}34 \end{pmatrix},\ \hat{X}_0 = \begin{pmatrix} 200 \\ 3 \\ 4 \\ 2 \end{pmatrix},\ \hat{r}_0 = \begin{pmatrix} 0{,}45 \\ -0{,}74 \\ 0{,}64 \\ -0{,}9 \end{pmatrix},\ u = 0{,}9.$$

Ниже, в таблицах 1, 2 приведены ошибки фильтрации для оценок вектора состояния и неизвестного входа, построенные с помощью методов имитационного моделирования.

$$\sigma_{X,i} = \sqrt{\sum_{k=1}^{N}\left(X_{k,i} - \hat{X}_{k,i}\right)^2 \Big/ N-1},$$

$$\sigma_{r,i} = \sqrt{\sum_{k=1}^{N}\left(r_{k,i} - \hat{r}_{k,i}\right)^2 \Big/ N-1},\ \ i = \overline{1,4},$$

для $N = 250$ и 10 реализаций. Сравнение качества оценивания выполнено с помощью алгоритма Мура и алгоритма, использующего метод непараметрической статистики. Для сравнения качества алгоритмов вычислим ошибку: $e_{\%} = \dfrac{e_{a\lg} - e_N}{e_{a\lg}} 100\%$, где $e_{a\lg}$ и e_N оценки погрешности алгоритма и модификации этого алгоритма, использующего непараметрическую статистику (в таблицах будем называть сокращенно НМ).

Таблица 1. Контроль ошибок фильтрации вектора состояния для алгоритмов Мура и его модификации

N	Мур, $e_{a\lg}$	НМ Мур, e_N	*e*, %
1	3,609	1,199	66,8
2	0,998	0,67	32,9
3	0,974	0,615	36,9
4	1,052	0,389	63

Таблица 2. Контроль ошибок фильтрации вектора неизвестного входа для алгоритмов Мура и его модификации

N	Мур, $e_{a\lg}$	НМ Мур, e_N	*e*, %
1	3,609	1,199	66,8
2	4,428	0,806	81,8
3	0,974	0,615	36,9
4	1,285	0,285	77,8

Эти результаты показывают, что алгоритмы оценки неизвестного входа с использованием процедуры непараметрического оценивания обеспечивают достаточно высокую точность в задаче оценивания.

Литература. 1. Gilius S., Bart de Moor «Unbiased minimum-variance input and state estimation for linear discrete-time systems»// Automatica. – 2007. – P. 111-116. 2. Koshkin G.M. and Smagin V.I. Filtering and prediction for discrete systems with unknown input using nonparametric algorithms // Proc. 10th International Conference on Digital Technologies. Žilina, Slovakia. July 9–11, pp. 120–124, 2014. 3. Smagin V.I., Koshkin G.M. Kalman Filtering and Conrol Algorithms for Systems with Unknown Disturbances and Parameters Using Nonparametric Technique. Proceedings 20th International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR 2015), 24–27 August 2015, Miedzyzdroje, Poland, pp. 247–251.

Реквизиты для справок. *Россия, 634034, Томск, пр. Ленина 36, Томский государственный университет, кафедра исследования операций, д.т.н., профессор* ***Смагин В.И.*** *– smagin.tsu@mail.ru, магистрант* ***Шалагин И.Е.*** *schalaginivan@yandex.ru, тел. 8-913-801-79-43.*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУЧЕНИЯ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКОЙ ВХОДНЫХ СИГНАЛОВ

КРАСНОСЛАБОДЦЕВ Р.А., ТУШЕВ А.Н.

В настоящее время искусственные нейронные сети получают всё большее распространение в самых различных сферах IT-технологий. Частично моделируя работу мозга, программная реализация нейронной сети способна решать нестандартные задачи, для которых практически невозможно придумать алгоритм работы. Уже сегодня реализованы сети, которые способны рисовать картины, раскрашивать черно-белые изображения, сочинять музыку.

Вместе с тем, недостаточно внимания уделено предварительной обработке двумерных входных сигналов при обучении сети. В частности, для предварительной обработки в основном используются только двумерное преобразование Фурье и вейвлет-преобразования. Ввиду недостаточной исследованности методов решения проблемы применения двумерных цифровых фильтров, необходимо исследовать возможности различных фильтров для входных данных обучающей выборки искусственной нейронной сети.

Рассмотрим нейронную сеть, способную решать задачу классификации изображений, на вход которой будем поочередно подавать исходное изображение и контуры изображения, полученные в результате работы одного из фильтров (фильтр Собеля). Следующим шагом, проследим зависимость качества обучения от итоговой ошибки распознавания.

В ходе данной работы реализована библиотека для наиболее популярных фильтров графических данных, которые, как представляется, способны ускорить процесс обучения нейронной сети и свести к минимуму итоговую ошибку распознавания. Также реализована многослойная ней-

ронная сеть обратного распространения ошибки, особенностью которой является возможность выбора активационной функции нейронов.

В качестве входных данных имеем фотографии человеческих лиц в оттенках серого, представленных в виде значений яркости каждого пикселя *n*-ой фотографии. На рисунке 1 представлена часть исходных фотографий без применения фильтров.

Рис. 1. Пример входных данных искусственной нейронной сети

Вся обучающая выборка имеет в наличии *149* фотографий лиц пяти людей. Предполагаемый результат работы сети – поиск принадлежности лица к одному из пяти имеющихся классов.

На рис. 2 приведен график обучения нейронной сети для 500 эпох обучения.

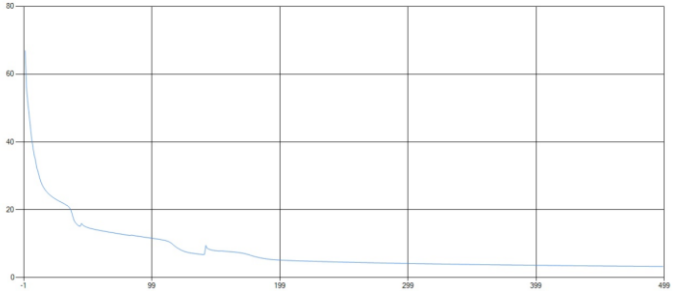


Рис. 2. График обучения нейронной сети без фильтрации входных данных

Суммарная ошибка в итоге составила 3.2 %, что является хорошим результатом для стандартных задач распознавания. Тем не менее, при требованиях высокой точности классификации, подобный результат не является приемлемым.

Следующим шагом, произведем предварительную обработку входных данных, применив один из фильтров (оператор Собеля). Полученный результат представлен на рис. 3.

Рис. 3. Пример входных данных искусственной нейронной сети после фильтрации

После применения оператора Собеля, переобучим сеть на новых фильтрованных входных данных. В результате, имеем график обучения, представленный на рисунке 4.

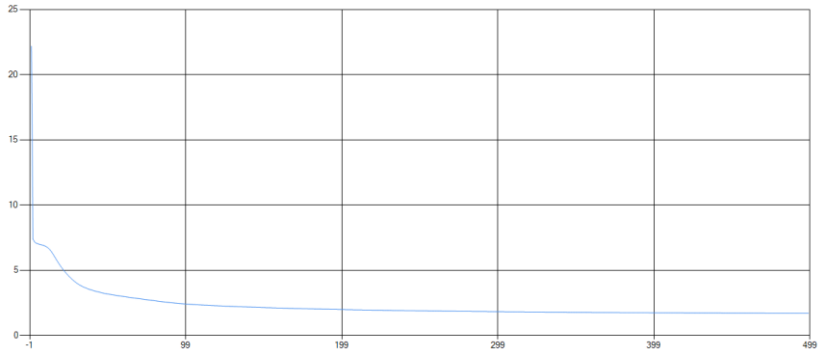


Рис. 4. График обучения нейронной сети с фильтрацией входных данных

В результате обучения, после подачи на вход контуров изображения (применение оператора Собеля), суммарная ошибка составила 1.6, что ровно в 2 раза меньше ошибки, полученной при обучении сети без фильтрации входных данных.

На основе полученных данных, можем сделать вывод об актуальности предварительной обработки входных данных в многослойных нейронных сетях обратного распространения ошибки. Процедура фильтрации уменьшает количество ошибочных активаций нейронов, тем самым увеличивая точность работы.

В дальнейшей работе планируется исследование фильтрации входных данных для сверточных нейронных сетей с применением технологии глубинного обучения.

Литература. 1. Алгоритмы выделения контуров изображений [Электронный ресурс], - Режим доступа: https://habrahabr.ru/post/114452/. 2. Нейронные сети — математический аппарат [Электронный ресурс], - Режим доступа: https://basegroup.ru/community/articles/math. 3. Valluru B. Rao, C++ Neural Networks and Fuzzy Logic:Preface; IDG Books Worldwide, Inc.- MTBooks., 1995. - 455 с.

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова», кафедра ИВТиИБ, Тушев А.Н., E-mail: tushev51@mail.ru, (3852) 29-07-18.*

ПРОГРАММНЫЙ ПРОДУКТ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОДГОТОВКИ ВНУТРЕННИХ ДОКУМЕНТОВ ОРГАНИЗАЦИИ

ЛЕВАШЕВ И.А., ЮДЕНКОВ А.В.

В настоящее время все больше организаций сталкивается с необходимостью увеличения количества подготавливаемых документов. В высших учебных заведениях (ВУЗах) для различных дисциплин разрабатываются стандарты, имеющие соответствующую установленной форме общую часть и данные, импортируемые из учебного плана. Автоматизация наполнения формы стандарта дисциплины данными из учебного плана в совокупности с копированием данных внутри формы позволят ощутимо облегчить подготовку стандарта дисциплины, уменьшить вероятность появления технических ошибок и обеспечить идентичность стандартов, подготавливаемых разными преподавателями.

Поскольку требования к содержанию и форме стандартов дисциплин периодически меняются, целесообразно выделить шаблон формы стандарта в отдельный файл и автоматизировать процесс подстановки данных. Таким образом, актуализация стандарта сведётся к замене шаблона исходной формы, в которую будет осуществлена подстановка необходимых данных.

Предполагаемый алгоритм автоматизации выглядит так: импорт данных из других форматов в шаблон, затем ввод недостающих данных с контролем полноты. Когда все требуемые данные введены, по шаблону создаётся оформленный документ офисного формата. Введённые данные сохраняются в формате, удобном для использования из различных программных сред и могут быть либо повторно открыты редактором, входящим в состав имеющегося программного продукта, либо импортированы в некую иную программную разработку, которая может появиться в дальнейшем.

Подготовка рабочего учебного плана (РУП). Для наполнения содержания стандарта дисциплины требуются данные из учебного плана профильной кафедры. Некоторое время назад рабочий учебный план формировался в специальном электронном формате. Согласно разработанному ФГБУ «Информационно–методический центр анализа (ИМЦА)» порядку, спецификация специального формата РУП и программный пакет «GosInsp», поддерживающий этот формат, размещались на сайте организации. Электронная версия РУП в этом специальном формате могла быть автоматически проверена на соответствие требованиям. Ранее существовали бинарные форматы, поддерживаемые только программным пакетом «GosInsp». Для того чтобы ВУЗы, уже имеющие развитую информационную систему, могли автоматизировать создание РУП в электронном виде, были добавлены XML версии форматов РУП, описания которых [2] были доступны на сайте ФГБУ «ИМЦА».

В настоящий момент практика автоматизированного анализа приостановлена, однако во многих ВУЗах могли остаться наработки, позволяющие выгрузить информацию из внутренней информационной системы в этот специальный формат. Кроме того, разработка программных пакетов «GosInsp» и его расширенной коммерческой версии «Планы» продолжилась Лабораторией математического моделирования и информационных систем (ММИС). В частности, в Алтайском государственном техническом университете (АлтГТУ) применяется модифицированная версия «Планов», и в качестве входных файлов принимаются созданные в этом программном пакете XML-документы.

Автоматизация работы с офисными документами. Большинство офисных продуктов имеют встроенные возможности по написанию так называемых макросов на внутреннем языке, который, как правило, является диалектом Basic. Это справедливо для Lotus Word Pro, LibreOffice, и в том числе Microsoft Office. Кроме того, офисные пакеты предоставляют возможность программного взаимодействия со стороны внешних программ. Чтобы сделать объекты офисного пакета программно доступными из макросов и для внешних программ, зачастую используется одна и та же технология компонентной модели. В случае с LibreOffice это UNO (Universal Network Objects), служащая посредником между частями программного кода LibreOffice, написанными на Java и C++, и благодаря ей же с объектами LibreOffice может работать LibreOffice Basic и внешние программы. В случае с Microsoft Office это технология OLE Automation.

Для решения задачи автоматизации заполнения текстового документа был выбран пакет Microsoft Office в режиме внешнего управления. Программное руководство для Microsoft Office рассчитано на написание макросов на встроенном языке VBA (Visual Basic for Applications [1]), однако с некоторыми оговорками возможна работа с тем же программным интерфейсом через OLE Automation, и любые приведённые в руководстве для Microsoft Office примеры возможно переписать на другой язык программирования.

Технологии Microsoft, применяемые для реализации подстановки текста. В операционной системе Windows существует несколько встроенных интерпретаторов сценарных языков программирования и предусмотрена расширяемость сторонними разработчиками [3]. Основные встроенные сценарные языки программирования - это VBScript и JavaScript. Зарегистрированные в реестре операционной системе интерпретаторы сценарных языков программирования может использовать любая программа, но есть и встроенные программы. Браузеры, встроенные в операционную систему Windows, программно доступны не только из собственно браузера, но и из других программ, одной из которых и является mshta.exe. Ключевое отличие от обычных HTML страниц в том, что сценарии, исполняющиеся внутри mshta.exe, не имеют ограничений безопасности, как у обычных HTML страниц. Из страницы, исполняющейся внутри mshta.exe, программно доступен весь спектр возможностей,

какой есть у WScript.exe и CScript.exe. Будучи специализированным браузером, mshta.exe позволяет создавать пользовательский интерфейс сравнительно богатыми средствами DHTML [4], с формами ввода произвольной сложности.

Программы из пакета Microsoft Office поддерживают OLE Automation и удалённый вызов процедур. Это означает, что можно программным способом создать невидимый экземпляр Microsoft Word, создать или открыть в нём файл, внести изменения, сохранить файл, закрыть Word, и в промежутке между открытием файла и сохранением делать любые операции, которые могли бы делать макросы, например, поиск с заменой. Благодаря технологии OLE Automation работать с невидимым экземпляром Microsoft Office можно из сценарных языков программирования, исполнение которых средствами, встроенными в OS Windows, может происходить как в режиме пакетной обработки, так и в режиме графического приложения.

Выводы. Проектируемый программный продукт сможет выполнять импорт данных из РУП, позволит редактировать данные, контролировать их полноту и осуществлять их подстановку. Для работы программного продукта необходим персональный компьютер с OS Microsoft Windows версии не ниже Windows XP и установленным пакетом Microsoft Office версии не ниже Office 2003. Совместимость с более ранними версиями указанных программных продуктов возможна, но не проверяться не будет.

Литература. 1. Водовозов В.М. Управление документами Word и Excel на VBA. СПб: [б. и.], 2003. УДК 681.3.016. **2.** Колесников А.П. Описание XML–форматов учебных планов [Электронный ресурс]. URL: http://www.imtsa.su/Default.aspx?tabid=262. **3.** Попов А.В. Windows Script Host для Windows 2000/XP. СПб: БХВ–Петербург, 2004. ISBN 5-94157-197-6. **4.** Тиге Д.К. [Teague J.C.] DHTML и CSS для Internet: пер. с англ. 3–е изд., испр. и доп. М: НТ Пресс, 2005. ISBN 5-477-00031-7.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИОРИТЕТНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЕТИ ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

ЯКУНИН А.Г., ГОПАЧЕНКО Ю.О.

Транспортная сфера является одной из важнейших составляющих экономики любого современного государства. С каждым годом число транспортных средств стремительно растет, соответственно, объем вредных выбросов в атмосферу увеличивается. В России на автотранспорт приходится приблизительно 42% загрязнений, в крупных городах эта цифра может достигать 90%. Автотранспорт является источником около 17% поступающих в атмосферу парниковых газов.[1]

Таким образом, возникает потребность решения таких проблем, как ухудшение экологической обстановки, а также существенное повышение

дефицита топливных ресурсов. На сегодняшний день эти проблемы решаются в нескольких направлениях, одним из которых является использование транспорта на электротяге.

Несмотря на низкий процент использования автомобилей, использующих в качестве топлива электричество, согласно ряду прогнозов, в будущем они способны составить конкуренцию автомобилям с альтернативными источниками энергии. Ежегодно в мире наблюдается увеличение количества электромобилей на 5-8%.

Высокое влияние на рост объема рынка электромобилей оказывает активность развития сети зарядных станций для электромобилей, что подтверждается разработкой программ Правительством Российской Федерации по поддержке производства и использования экологически чистого транспортных средств, их компонентов, соответствующей зарядной и иной инфраструктуры. В 2011 году был разработан и представлен к реализации первый проект по созданию и развитию системы зарядных станций в Москве МОЭСК-EV.[2] Летом 2015 года были разработаны универсальные электрозарядные станции «ФОРА» для экспресс-зарядки аккумуляторов электромобилей российского и зарубежного производства[3]. Разрабатывается проект по стратегии развития автомобильной промышленности и производства автокомпонентов на период до 2025 года, направленной на обеспечение импортозамещения продукции и технологий и предусматривающей, в том числе приоритетные направления научно-технологического развития российского автомобилестроения и разработки перспективных образцов автомобильной техники с учётом мировых тенденций перехода к серийному производству электромобилей [4].

Соответственно, с ростом мирового рынка электромобилей и активно развивающейся зарядной инфраструктуры возникает потребность в разработке системы, позволяющей моделировать эффективное распределение сети электрических зарядных станций (ЭЗС) для электромобилей с учетом технических характеристик зарядных устройств, электромобилей, а также параметров населенного пункта, в котором они располагаются.

Данная система удовлетворяет таким характеристикам, как наличие потока однородных (идентичных) событий (требований, заявок), которые подвергаются обслуживанию, а также дисциплины обслуживания [5]. Таким образом, наиболее приоритетной для моделирования сети электрических зарядных станций является система массового обслуживания (СМО).

Для того чтобы математически описать систему массового обслуживания, необходимо описать свойства входящего потока однородных событий, структуру исследуемой системы, дисциплину и характеристики обслуживания.

Для описания свойств входящего потока данной системы необходимо указать следующие параметры:

– количество электромобилей в населенном пункте;

– ежегодная динамика роста количества электромобилей в населенном пункте;
– средняя емкость аккумулятора электромобиля;
– средний запас хода электромобиля;
– протяженность населенного пункта;
– денежная стоимость обслуживания;
– суточная активность потока требований;
– географическое расположение зарядной станции в населенном пункте.

Структура СМО определяется числом обслуживающих пунктов и связью между ними. В данной системе многоканальная система обслуживания является наиболее приоритетной, однако следует учитывать энергетические ресурсы населенного пункта и возможность одновременной работы на одной станции нескольких зарядных устройств.

Дисциплина очереди не ограничена длиной и временем пребывания в очереди. Обслуживание производится по принципу «первый пришел-первый обслуживаешься». Анализируя характеристики обслуживания, следует учитывать такие параметры, как:
– мощность зарядной станции;
– количество зарядных станций в населенном пункте;
– среднее время обслуживания;
– количество электромобилей, которые могут быть одновременно обслужены.

Выводы. Таким образом, для разработки данного программного комплекса, необходимо выработать общий подход к решению задачи контроля процесса обслуживания электромобилей зарядными станциями; разработать систему массового обслуживания электромобилей электрических зарядный станций на основе общего подхода; разработать алгоритм расчёта оптимального распределения зарядных станций с учетом параметров/характеристик региона, населенного пункта; разработать и реализовать сервисные функции системы с последующим их интегрированием в общий программный комплекс; провести исследования с применением СМО ЭЗС; провести верификацию предлагаемой системы; разработать программный комплекс, реализующий СМО ЭЗС; апробация программного комплекса, моделирующего СМО ЭЗС.

Литература. 1. Шуркалов П.С. Исследование эффективности использования энергетических комплексов на основе возобновляемых источников энергии для зарядки электротранспорта: дис. канд. технич. наук. Нац. исслед. университет «МЭИ», Москва, 2014 **2.** О проекте МОЭСК-EV Официальный сайт ПАО «МОЭСК» [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.moesk.ru/about/proect_ev/proekt/ **3.** КРЭТ создал универсальные зарядные станции для электромобилей Официальный сайт АО «Концерн Радиоэлектронные технологии» [Электронный ресурс] Режим доступа: http://kret.com/news/3445/ **4.** О внесении в Стратегию развития

автомобильной промышленности Российской Федерации на период до 2020 года, утвержденную приказом Минпромторга России от 23 апреля 2010 г. №319: Приказ Минпромторга России от 27.12.2013 N 2155 [Электронный ресурс] Режим доступа: http://nami.ru/uploads/docs/ prognozirovanie_otrasli_docs/55a6238a 3a686S t rategy_auto_2020.pdf **5.** Ивченко Г.И., Каштанов В.А., Ковалев И.Н. Теория массового обслуживания: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. школа, 1982. – 256 с., ил.

Реквизиты для справок. *Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина 46, Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова, кафедра информатики и вычислительной техники, Д.т.н., профессор* ***Якунин А.Г.*** *- yakunin@agtu.secna.ru, студент* ***Гопаченко Ю.О.*** *Yulia.Gopachenko@yandex.ru, тел. (3852) 29-07-86.*

ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕКТА С ПРИМЕНЕНИЕМ АППАРАТА НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

СМОЛЯНИНОВ А.Ю.

Сфера техногенной безопасности объединяет три разновидности факторов риска, связанных с эксплуатацией электроустановок, внешней средой и человеком, как оператором. Совокупность этих компонентов принято называть "человек-электроустановка-среда", или Ч-ЭУ-С.

Для оценки электробезопасности системы Ч-ЭУ-С составляется перечень факторов риска по каждому из ее компонентов. Затем, опрашивая экспертов в области электробезопасности, выявляется оценка вероятности возникновения опасного события и его доля влияния на общую электробезопасность системы.

Дерево решений представляет собой формализацию данных, полученных от экспертов. Каждый компонент системы Ч-ЭУ-С представляется в виде дерева решений. Каждый компонент дерева, или ветвь дерева – это набор факторов риска, иерархически объединенный с помощью логических операций с другими факторами или ветвями дерева(рис. 1).

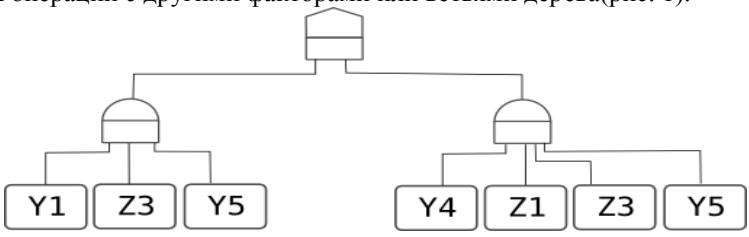


Рис. 2 - Ветвь дерева риска электроустановки объекта
Y1 – Уровень опасности возникновения аварийных режимов;
Y6 – Отказ(отсутствие) средств электрозашиты;
Y5 – Отказ технологического электрооборудования;
Z1 – Уровень деструктивных воздействий параметров микроклимата;
Z3 – Диагностика технического состояния ЭУ

Параметры X_n, Y_n, Z_n являются нормированными экспертными оценками. Каждому параметру соответствует терм-множество, содержащее возможные значения лингвистической переменной. Отмеченное значение было выявлено в результате опроса экспертов.

Формулы операций нечеткой логики, согласно определению:

нечеткое логическое И:

$$A = \min\ (X_1, X_2, \dots, X_n), \tag{2}$$

нечеткое логическое ИЛИ:

$$B = \max\ (X_1, X_2, \dots, X_n), \tag{3}$$

Значения переменных x_1, x_2 т.д., определенные экспертом, умножаются на соответствующие веса значимости. Значение каждого рискообразующего элемента вычисляется по 4.

$$X_n = x_n \cdot w_n. \tag{4}$$

Таким образом рассчитывается каждая ветвь в дереве решений и дерево в целом. Тогда интегральный риск условно можно представить как

$$R = \text{И}(\text{Ч}, \text{Э}, \text{С}) \Rightarrow$$

$$R = \text{И}\ (\text{ИЛИ}(X_3, X_4, X_7),$$

$$\text{И}\ (\text{ПРИОРИТЕТНОЕ И}(Y_3, Y_2, Y_1)Y_6,),$$

$$\text{И}\ (\text{ПРИОРИТЕТНОЕ И}\ Z_1, Z_2, Z_5), Z_4)) =$$

$$\min(\max(X_3, X_4, X_7), \min(\min((Y_3, Y_2, Y_1), Y_6,), \min(\min(Z_1, Z_2, Z_5), Z_4)), \tag{6}$$

Для вычисления риска по дереву «Электротравма с летальным исходом» используем формулу 5, а затем заменим названия операций нечеткой логики соответствующим выражениями (6).

Литература. 1. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. -

2.Вишняков, Я. Д. Общая теория рисков : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Я. Д. Вишняков, Н. Н. Радаев. – 2-е изд., испр. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 368 с. **3.** Никольский О.К. Теория и практика управления техногенными рисками [Текст]. / О.К. Никольский, Н.П. Воробьев, Т.В. Еремина, А.Ф. Костюков, А.Ф. Калинин, А.Н. Тушев – Барнаул, Изд-во АлтГТУ, 2015. – 219 с

Реквизиты для справок: *Смолянинов А.Ю. тел. (923) 6508313. E-mail:zarkone@ya.ru*

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ С НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКОЙ ДЛЯ АНАЛИЗА АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

ЮРЧЕНКОВА И.В., ТУШЕВ А.Н.

Эксплуатация различных электроустановок связана с рисками аварий, пожаров и электротравматизма, наносящих ущерб как здоровью работников, так и самой организации в целом[1].Причинами возникновения основных опасных ситуаций на элетроустановках могут являться такие факторы как:

- Отказ средств электрозащиты
- Срок эксплуатации электроустановок
- Неправильные действия работников
- Уровень дискомфортности среды для персонала

Таким образом, можно выделить следующие рискообразующие факторы:

- Человеческий фактор: неправильные действия, уровень профессионализма, умышленные отступления от норм и прочие.
- Электроустановка: степень износа изоляционных частей, срок эксплуатации электроустановок, отказ технологического оборудования (пробой изоляции).
- Среда: уровень дискомфортности рабочей среды для персонала, уровень деструктивных параметров микроклимата, частота возникновения опасных факторов и превышения параметров критических значений.

Целью данной работы является разработка подхода к оценке и управлению рисков опасности электроустановок, опирающегося на целостную методологию анализа человеко-машинных систем.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Создать программный модуль, реализующий алгоритм обучения многослойной нейронной сети методом обратного распространения ошибки.
2. Реализовать программный модуль для работы с нечеткими множествами и операциями над ними.
3. Обучение многослойной нейронной сети сделать размытым.

В настоящее время для работы с нечеткими множествами и нейронными сетями существуют различные среды, например, MatLab, SciLab. Но в имеющихся системах отсутствуют важные модификации нейронных сетей, которые появились в последние годы, в частности смещение (bias) нейронов, замена сигмоидальной функции и декомпозиция нейронной сети. Для нечетких множеств отсутствует ряд важных операций, в частности «приоритетное И», а также не реализована возможность применения нечеткой логики в нейронных сетях.

Программный комплекс для оценки рисков электроустановок разработан в среде VisualStudio на языке C#.

Программный модуль для работы с нечеткими множествами осуществляет предварительную обработку входных данных, то есть преобразует данные в нечеткие данные для применения их в нейронной сети (рисунок 1).

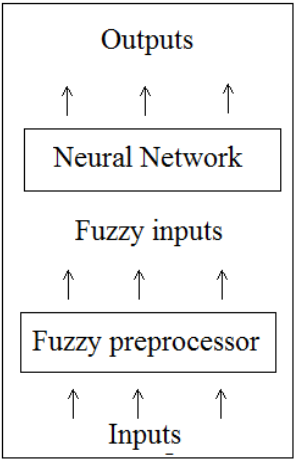


Рис.1. Нейронная сеть с нечеткими данными

В данном программном модуле реализуются необходимые операции над нечеткими множествами: пересечение, объединение, приоритетное И, дополнение, симметрическая разность. Также реализованы необходимые функции принадлежности: кусочно-линейные функции принадлежности, Z - образные и S - образные функции, П – образные функции [3].

На рисунке 2 представлен пример определения правил нечеткого вывода.

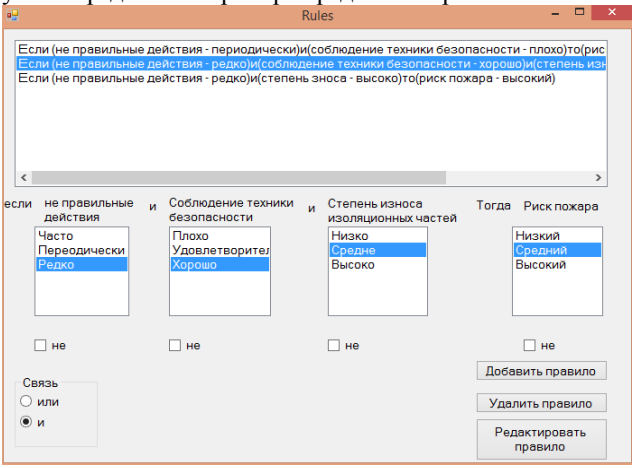


Рис. 2. Определение правил нечеткого вывода

Окно программы для определения правил отражает заданные лингвистические переменные – определенный рискообразующий фактор, которым присваивается лингвистическое значение из заданных термножеств. Каждый терм определяет степень принадлежности рискообразующего фактора к вероятности риска (терму присваивается определенное число из интервала[0,1]).

На выходе данного программного модуля получаем обучающую выборку для нейронной сети, то есть совокупность числовых значений, каждое из которых соответствует определенному рискообразующему фактору. Данная совокупность соответствует возникновению определенного риска.

Программный модуль, реализующий алгоритм обучения многослойной нейронной сети методом обратного распространения ошибки, предполагает два прохода по всем слоям сети: прямой и обратный [2]. Интерфейс данного программного модуля представлен на рисунке 3.

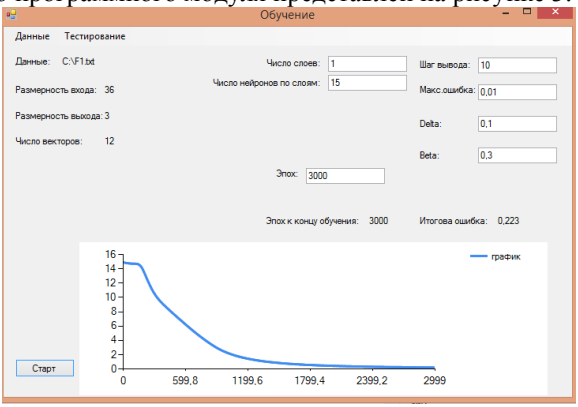


Рис. 3. Обучение нейронной сети

Прямой ход заключается в том, что на вход сети подается обучающая выборка, каждый входной нейрон широковещательно транслирует данные каждому из скрытых нейронов, которые, в свою очередь, суммируют полученные взвешенные сигналы (каждый сигнал умножается на синоптические веса), затем вычисляется функция активации (сигмоидальная функция). Подобным образом получаем на выходе сигналы, которые сравниваются с предоставленным учителем.

Обратный ход представляет собой вычисление ошибок входов и выходов каждого слоя сети и корректировка весов, что позволяет минимизировать суммарную накапливаемую ошибку.

Таким образом, используя нейронную сеть и нечеткие множества, получим степень возникновения рисков для определенных входных данных.

Литература. 1. Вишняков Я. Д. Общая теория рисков : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений [Текст]. / Я. Д. Вишняков, Н. Н. Радаев. – 2-е изд., испр. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 368 с. 2.

Хайкин С. Нейронный сети: полный курс, 2-е изд.: Пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.: ил. – Парал. тит. англ. 3. Зак Ю.А. Принятие решений в условиях нечетких и размытых данных: Fuzzy – технологии. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. – 352 с.

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова», кафедра ИВТиИБ, Тушев А.Н., к.т.н., доцент, E-mail: tushev51@mail.ru, (3852) 29-07-18.*

STORAGE SPACE SAVING FOR DATABASE IN WEATHER MONITORING SYSTEM USING DATA DIFFERENCE TECHNIQUES

HUSSEIN H.M., YAKUNIN A.G., SUCHKOVA L.I.

This work aims to optimize the storage space for database that stores the measured data for weather parameter. The database is a part from a complete project that monitors the weather parameters for long period and stores a hung amount of data in the database. With the time, the size of the database grows up. After a long time, the database size will be very big, which needs a large storage space and takes a long time for processing.

Our method saves more than 78% of storage space, increases the data transfer rate and enhances the system resources usage. To store the measured data, the proposed method stores the differences between the actual measured data. Storing the difference instead of the actual data saves the storage space by the half.

Introduction. Weather predictions (forecasts) are made by collecting a huge amount of data for the current weather state. The prediction accuracy depends on the collected data amount. The collected data can be analyzed using one of the weather forecast methods [1-3].

As the amount of measured data grows up, the size of the database increases. After a long time, the size of database will be too large, which will absorb the system storage space. To overcome this problem, many compression algorithms were studied [4-10].However, these algorithms are general-purpose algorithms and they are not the desired for our case.

Our proposed method saves the half of the storage space without extra costs from time or other system resources.

Method description. The system database contains table that stores the measured values for weather parameters.

For simplicity, only one parameter has been observed and analyzed, which is temperature. The experimental project has 6 temperature sensors (S1,S2,……,S6). Two of them measure the outdoor temperature and the others have been distributed in different places in the lab. Every 30s,these sensors measure temperature valuesin the range -55^{o} c and 125 ^{o} cand send it to the server. Users can explore these values with GUI website interface. Snapshots for website interface are shown in Fig.1 for the indoor and Fig. 2 for the outdoor measured temperature.

It is noted that the temperature does not change suddenly unless there areanomalies or hazard problems.

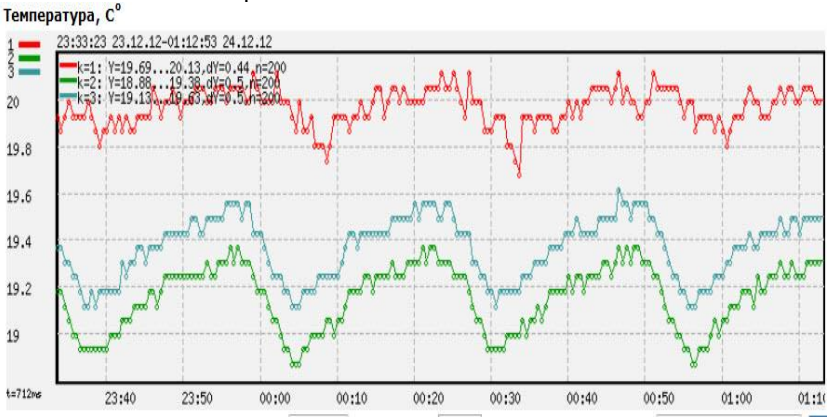


Fig.1. Indoor temperature measurements.

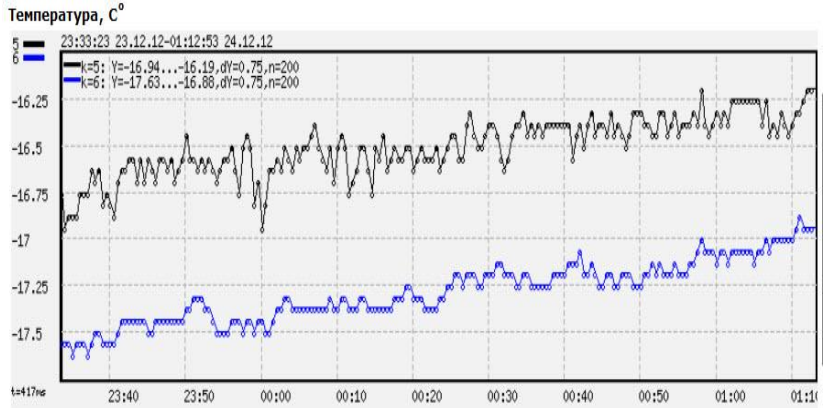


Fig.2. Outdoor temperature measurements.

As shown in theprevious figures, the rates of temperature changes are very small. In addition, the differences between measured values from different sensors are small.

For statistics analysis, two sensors; one outside (S1) and the other inside (S3), have been observed carefully along one day.Their measured valueswere plotted in Fig.3.

To analysis the measured values, the average andstandard deviation values were calculated.

Table 1 summarizes calculations results, which indicates that the standard deviation of the measured values is small. Therefore, it is better keeping the difference between successive temperatures, whichwill save storage space.

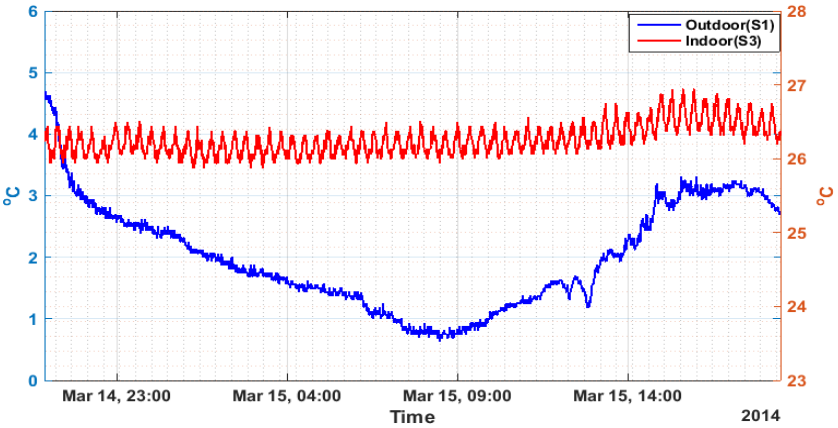


Fig.3. Measured values from sensors S1 and S3

Table 1.Statistic results for measured temperature values

	S1	S2
Max. value	-12.56	21.00
Min. value	-18.63	19.69
Average	-15.26	20.52
SD	1.42	0.25
dT_{max}	0.44	0.06
dT_{min}	-0.38	-0.13
$dT_{=0}$	23.1%	73.55%
$dT_{<0.1}$	83 %	100%
$dT_{average}$	0.00	0.00
dT_{SD}	0.11	0.03

Where: SD: standard deviation;
dT_{max}: The maximum value of the differences;
dT_{min}:The minimum value of the differences;
$dT_{=0}$: Difference values which are equals zeros;
$dT_{<0.1}$: Difference values which are less than 0.1;
$dT_{average}$: Average of difference values;
dT_{SD}: standard deviation of difference values.

Method procedure. The following algorithm summarizes the proposed method steps:

- The measured values at the day beginning will be chosen as reference value (T_r) for the outside and inside temperature sensors.
- The difference (dT) between the current measured values and the previous value will be calculated using equation 1.
- If the difference values greater than maximum tolerance value (dT_m) then it will be stored in the database, otherwise it will be neglected.

$$dT_n = T_n - T_{n-1}, \quad (1)$$

- Equation 2 can be used to retrieve the actual value from stored value

$$T_n = T_r + \sum_{i=1}^{n} dT_i \quad (2)$$

Method evaluation. To evaluate the compression method, the compression ratio and the compression saving will be calculated.

Compression Ratio (CR): It is the ratiobetween the size of compressed file and the size of the source file [4].

It can be calculated from the equation:

$$CR=\frac{\text{Size after compression}}{\text{Size before compression}}, \quad (3)$$

The compression saving (CS) can be calculated using the following equation:

$$CS=\frac{\text{Size before compression} - \text{Size after compression}}{\text{Size before compression}}, \quad (4)$$

For each temperature value, two bytesare needed for regular method. However, when the differences values are stored instead the actual values, only one byte will be needed, because the difference values vary in the range $\pm 0.5^{o}$c (as shown in table 1).

Then, $CR=\frac{1\ byte}{2\ byte}$ = 50%.Also CS = 50%.

In addition, the difference values that equal zeros will not be stored. As shown in table 1, nearly 23% of outside sensors difference values equal zeros, and more than73% for inside difference values.

Then:$CR_{outside}$= 23% *50% +50%=61.5%

CR_{inside}= 73% *50% +50%=86.5%

There are two outside sensors and four inside then:

$CR_{average}=\frac{2*61.5\%+4*86.5\%}{6}$ =78.17%.

Therefore, the investigated method will saves nearly 78% of the storage space.

Benefits and drawbacks of the method. The proposed compression method has many advantages as:

- It will save approximately 78% of the storage space for the system database.
- The database data transfer will be faster.
- Making a comparison between different temperature values will be easier.
- This method may be used in data errors detection and correction.
- In addition, it may be used for detecting the hazards of sensors operations or turbulence cases if the difference value exceeds the acceptable tolerance.

The only drawback to this method is the additional calculation, which is needed when retrieving the actual temperature values.

Conclusion and future work. An optimized method for storing weathermonitoringdata in the database has been investigated and evaluated. The method saves more than 78% of the storage space.

It may be also used for data errors detection and correction. For that, an algorithm may be investigated. The method has been applied for temperature

measurements and it can be extended for other weather parameters with small modification.

References. 1. GlahnH., Lowry D. The Use of Model Output Statistics (MOS) in Objective Weather Forecasting//Journal of Applied Meteorology. 1972 - Vol. 11- Issue 8 - P. 1203-1211.**2.** GringortenI., "Methods of Objective Weather Forecasting// Advances in Geophysics.1955 – Vol. 2- P. 57–92.**3.** LeithC.Objective Methods for Weather Prediction// Annual Review of Fluid Mechanics. 1978 - Vol. 10 – P. 107-128.**4.**SalomanD.Data Compression the Complete Reference (3rd ed.)/D.Saloman // Springer. 2004.**5.**Zhen Ch., RenB. Design and Realization of Data Compression in Real-Time Database// IEEE International Conference on Computational Intelligence and Software Engineering. China, 11 – 13 Dec. 2009 -P. 340-243.**6.**YangH. On the performance of data compression algorithms based upon string matching// IEEE Transactions on Information Theory. 1998 - Vol. 44 - Issue 1 - P.47- 65.**7.**Lin M.,Yi ChangY. A New Architecture of a Two-Stage Lossless Data Compression and Decompression Algorithm// IEEE transactions on VLSI.2009 - Vol. 17 -Issue 9 - P. 1297- 1303.**8.**RayG.Data Compression in Databases/G. Ray//Master's ThesisDept. of Computer Science and Automation.Indian Institute of Science.1995.**9.** TamrakarA.,Nanda V. A Compression Algorithm for Optimization of Storage Consumption of Non Oracle Database// A Compression Algorithm for Optimization of Storage Consumption of Non Oracle Database. 2012 - Vol. 1 - Issue 5 -P. 39-43.**9.**www.compression.ru , last visit on 28-12-2015.

Реквизиты для справок. *Россия 656038, г. Барнаул, пр-т. Ленина, 46, АлтГТУ, ФИТ, ИВТиИБ,* ***Якунину А. Г.****, yakunin@agtu.secna.ru/ almpas@list.ru, Тел.+7-3852-290-786.*

2 МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОСЛАБЛЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ГАЗОДИСПЕРСНОЙ СИСТЕМЕ «УГОЛЬНАЯ ПЫЛЬ-ВОЗДУХ»

ЛИСАКОВ С.А., ПАВЛОВ А.Н., СЫПИН Е.В., ЛЕОНОВ Г. В.

Введение. Автоматические системы противопожарной защиты и взрывоподавления, используемые для обеспечения безопасности угольных шахт, как правило, строятся на основе быстродействующих оптико-электронных датчиков (ОЭД) [1]. Излучение от очага возгорания приходит на ОЭД ослабленным за счет влияния промежуточной среды, представляющей газодисперсную систему «угольная пыль-воздух».

В работе [2] приведены данные о поглощательной способности газодисперсной системы, полученные на базе компьютерного моделирования. Дальнейшая работа направлена на проведение экспериментального исследования ослабления оптического излучения в газодисперсной системе «угольная пыль-воздух», что позволит проверить адекватность результатов моделирования.

Подготовка угольной пыли заданного дисперсного состава.

Предварительная подготовка угольной пыли заданного дисперсного состава заключается в перемалывании угля в ступке и контроле дисперсного состава перемолотой пыли с помощью микроскопического анализа.

В результате подготовки угольной пыли и ее микроскопического анализа была определена дифференциальная функция счетного распределения частиц по размерам, которая описывается гамма распределением [3]:

$$f(x) = \frac{a}{x} \cdot e^{-bx}, \qquad (1)$$

где x – диаметр частиц угольной пыли, мкм; a=0.377 и b=0.144 – параметры распределения. Значения параметров распределения a и b получены в результате аппроксимации функцией (1) по методу наименьших квадратов данных о количестве частиц в зависимости от их размера (от 1,5 до 20 мкм), полученных в результате микроскопного анализа.

Полученная в результате предварительной подготовки угольная пыль близка по дисперсному составу к угольной пыли, витающей в шахтах – основная доля частиц в распределении соответствует частицам с размерами от 1,5 до 10 мкм [2].

Лабораторная установка для проведения исследования. Структурная схема лабораторной установки для проведения исследования приведена на рис. 1.

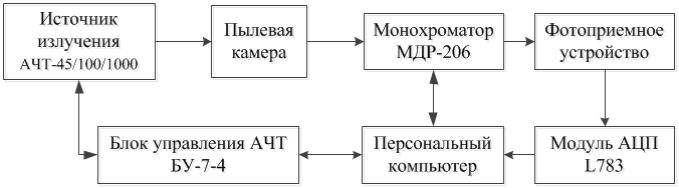


Рис.1. Структурная схема лабораторной установки

Поток излучения от источника (модель абсолютно-черного тела АЧТ-45/100/1000) поступает в пылевую камеру и ослабляется запыленной средой. Ослабленное излучение через монохроматор (МДР-206), выделяющий монохроматическое излучение на заданной длине волны, поступает на фотоприемное устройство. Фотоприемное устройство состоит из приемника излучения (фотодиода) и преобразователя ток-напряжение. Далее выходной сигнал с усилителя поступает на аналого-цифровой преобразователь, данные с которого передаются на персональный компьютер.

Пылевая камера представляет закрытый объем с размерами 0,3×0,3×0,3 м. Стенки пылевой камеры выполнены из оптического стекла с полосой пропускания в спектральном диапазоне от 0,33 до 4,5 мкм. В нижней части пылевой камеры установлен вентилятор, с помощью которого пыль взвешивается в воздухе для создания запыленной среды. Экспериментальное исследование проводится при нормальных условиях. Взятие требуемой навески угольной пыли для создания в пылевой камере заданной концентрации пыли выполняется с помощью лабораторных весов ВК-300.

Для приема излучения в спектральном диапазоне от 0,7 до 5 мкм используются фотоприемные устройства на основе инфракрасных фотодиодов.

Методика проведения исследования. Методика проведения исследования заключается в выполнении следующих операций:

а) собирается лабораторная установка в соответствии со схемой на рис. 1;

б) образцовый излучатель АЧТ выводится на значение температуры 1050 °С;

в) монохроматор последовательно настраивается на длины волн λ: 1, 2, 3, 4 мкм. На каждой длине волны в пылевую камеру помещается угольная пыль, концентрация, которой устанавливается последовательно μ: 1, 5, 10 г/м^3. Для соответствующих длины волны и концентрации выполняется серия из 20 измерений интенсивности зондирующего излучения $I_0(\lambda)$ и интенсивности прошедшего через запыленную среду излучения $I(\lambda)$ [3, 4]. Рассчитывается коэффициент пропускания запыленной среды:

$$\tau_{ik}(\lambda) = I_{ik}(\lambda)/I_{0ik}(\lambda), \qquad (2)$$

где i – номер измерения; k – серия измерения.

Измерение коэффициента пропускания относится к косвенным многократным измерениям. Искомое значение коэффициента пропускания

запыленной среды рассчитывается как отношение аргументов $I_{ik}(\lambda)/I_{0ik}(\lambda)$. В данном случае для определения результатов измерений и оценивания их погрешностей применяется метод приближения [4-6]. Метод основан на приведении ряда отдельных значений косвенно измеряемой величины к ряду прямых измерений. При этом коэффициент пропускания $\tau_{ik}(\lambda)$ является воспроизводимой величиной. Получаемые сочетания отдельных результатов измерений аргументов подставляют в формулу (2) и вычисляют отдельные значения измеряемой величины $\tau_{ik}(\lambda)$ [6]. Дальнейшая обработка вычисленных значений $\tau_{ik}(\lambda)$ выполняется, как обработка прямых измерений с многократными наблюдениями по ГОСТ 8.207-76 [4, 6].

Результаты экспериментального исследования. В результате экспериментального исследования получены данные о коэффициенте пропускания оптического излучения в газодисперсной системе «угольная пыль-воздух» (доверительная вероятность P=0,95). На основе данных о коэффициенте пропускания рассчитана поглощательная способность (рис. 2, 3):

$$a(\lambda) = 1 - \tau(\lambda) \cdot$$

Толщина поглощающего слоя равна 0,3 м и определяется длиной пылевой камеры.

Данные, полученные при экспериментальном исследовании, были сопоставлены с данными моделирования на базе теории Ми (алгоритм BHMIE) [2]. Моделирование выполнено с использованием исходных данных, соответствующих параметрам экспериментально исследуемой газодисперсной системы (табл. 1).

Таблица 1. Исходные данные для проведения моделирования

Параметр	Значение
Диапазон длин волн излучения λ, мкм	1 – 4
Диаметр частиц пыли x, мкм	1,5 – 20
Плотность распределения $f(x)$ частиц угля марки Т (тощий уголь) по диаметрам частиц x	Гамма распределение $f(x) = \left(\frac{a}{x}\right) \cdot e^{(-bx)}$, с коэффициентами a=0,377 и b=0,144
Спектральный комплексный показатель преломления $m(\lambda) = n(\lambda) - i\chi(\lambda)$ частиц пыли каменного угля марки Т (тощий уголь) [2]	$n(\lambda) = 1{,}84 + 0{,}045\lambda^{0.5}$ $\chi(\lambda) = 0{,}44 - 0{,}047\lambda^{0.5} - 0{,}002(\lambda - 1)^2$
Концентрация частиц угольной пыли, г/м^3	1 – 10

Зависимости поглощательной способности газодисперсной системы «угольная пыль–воздух» от длины волны и концентрации угольной пыли, полученные в результате моделирования (в виде линий) и в результа-

те экспериментальных исследований (в виде маркерных точек), приведены на рис. 2 и 3 соответственно.

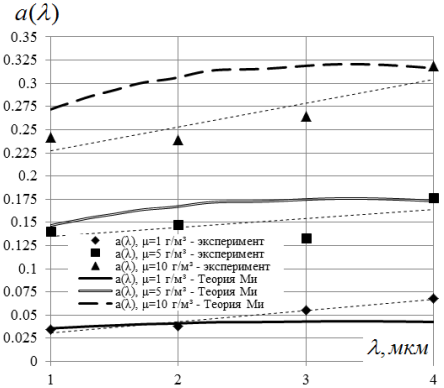


Рис.2. Зависимость поглощательной способности газодисперсной системы «угольная пыль–воздух» от длины волны при различных концентрациях угольной пыли

Из данных, представленных на рис. 2, видно, что поглощательная способность газодисперсной системы a(λ), полученная при экспериментальном исследовании, слабо зависит от длины волны падающего излучения. Для всех концентраций пыли в диапазоне длин волн от 1 до 4 мкм происходит увеличение поглощательной способности с ростом длины волны. Для различных концентраций характер зависимости поглощательной способности от длины волны сохраняется.

Значения теоретической поглощательной способности для концентраций 5 и 10 г/м^3 превышают значения экспериментальной поглощательной способности по всему диапазону длин волн.

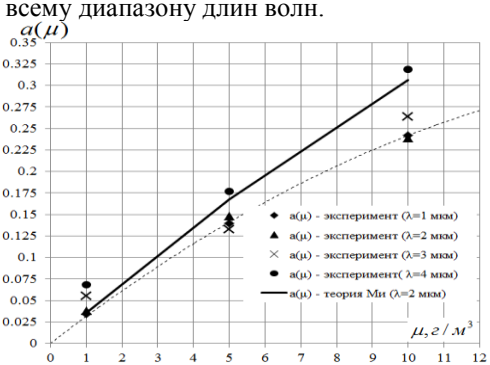


Рис.3. Зависимость поглощательной способности газодисперсной системы «угольная пыль–воздух» от концентрации угольной пыли

Поглощательная способность рассматриваемой газодисперсной системы в значительной мере зависит от концентрации угольной пыли (рис.

3). Например, при концентрации 5 г/м^3 пыли и толщине поглощающего слоя 0,3 м поглощательная способность в рассматриваемом диапазоне длин волн изменяется от 0,13 до 0,175. Значения теоретической поглощательной способности превышают значения экспериментальной поглощательной способности. Теоретическая и экспериментальная зависимости расходятся с увеличением концентрации угольной пыли.

Данные о поглощательной способности, полученные при экспериментальном исследовании, и результаты теоретических расчетов хорошо согласуются друг с другом, что подтверждает адекватность компьютерной модели, построенной на базе теории Ми [2].

Расхождения зависимостей обусловлены следующими факторами:

– наличие небольшой доли крупных частиц пыли (с размерами более 20 мкм), которая не учитывается при задании счетной функции распределения частиц по размерам в исследуемой газодисперсной системе. Значения экспериментальной поглощательной способности вследствие этого ниже значений расчетной поглощающей способности.

– форма частиц, используемых при проведении эксперимента, является неправильной. При теоретических расчетах (теория Ми) принимается сферическая форма частиц;

– значения спектрального комплексного показателя преломления частиц пыли, использованных при эксперименте, отличаются от табличных данных, принятых в расчете.

Можно сделать вывод о том, что разработанная компьютерная модель на базе теории Ми применима для расчета ослабления оптического излучения в газодисперсной системе «угольная пыль–воздух».

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 15-08-06719 а.

Литература. 1. Pavlov A.N., Terentiev S.A., Povernov E.S., Sypin E.V. Optoelectronic system for determination of ignition center three-dimensional coordinates at initial stage. International conference and seminar on micro/nanotechnologies and electron devices EDM’2010: Conference proceedings, Novosibirsk, 2010, pp. 417–419. **2.** Моделирование ослабления оптического излучения в газодисперсной системе «угольная пыль-воздух» / С.А. Лисаков, А.Н. Павлов, Е.В. Сыпин, Г. В. Леонов // Фундаментальные исследования. – 2015. № 12 С. 288-296. **3.** Архипов В.А., Усанина А.С. Движение частиц дисперсной фазы в несущей среде: учеб. пособие. – Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2014. – 252 с. **4.** ГОСТ 8.207-76. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. М.: Изд-во стандартов, 1986. **5.** МИ 2083-90 (ГСИ. Измерения косвенные). Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей. М.: Изд-во стандартов, 1991. **6.** Пронкин Н.С. Основы метрологии: практикум по метрологии и измерениям: учеб. пособие для вузов. – М.: Логос; Университетская книга, 2007. – 392 с.

Реквизиты для справок. *Россия, 659305, Бийск, ул.Трофимова, 27, Бийский технологический институт АлтГТУ (БТИ АлтГТУ), кафедра методов средств измерений и автоматизации, инженер Лисаков С.А., тел. (3854) 432450. foxlsa@mail.ru; канд. техн. наук доцент кафедры Павлов А.Н. pan@bti.secna.ru; канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры Сыпин Е.В. sev@bti.secna.ru; доктор техн. наук, профессор Леонов Г.В. leonov@bti.secna.ru.*

ИЗМЕРЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ И РАЗМЕРОВ ЧАСТИЦ ВЗВЕСИ В ПРЕСНОВОДНЫХ ВОДОЁМАХ МЕТОДОМ ОПТИЧЕСКОЙ МИКРОСКОПИИ

БУКАТЫЙ В.И., ЛИТВИХ М.Е., ЭККЕРДТ К.Ю.

Изучение частиц водной взвеси как дисперсной системы является важной задачей, требующей комплексного учёта гидрооптических, биофизических и геохимических параметров природных вод. Находящиеся в воде во взвешенном состоянии частицы взвеси играют важную роль в формировании качества вод и биопродуктивности водоёмов. Они определяют режим освещённости водных масс, механически воздействуют на гидробионты, служат объектами адсорбции многих микроэлементов, обеспечивают формирование комплекса донных отложений и т.д. Оптические характеристики взвеси определяются концентрацией, размерами, показателем преломления, формой и ориентацией частиц [1–4]. С этой точки зрения изучению взвеси уделяется очень большое значение.

Целью работы является экспериментальное определение среднего размера и концентрации частиц водной взвеси в поверхностном слое пресноводных водоёмов Алтайского края в различные сезоны года 2012–2016 гг. с помощью метода оптической микроскопии.

В качестве водных объектов для исследований были выбраны три разнотипных озера: пойменное оз. Лапа, надпойменное оз. Красиловское и эрозионное оз. Большое Островное. Разнотипность озёр обусловлена гидрологическими особенностями экосистем, литологией пород, составом вод питающего бассейна, трофностью и различной степенью антропогенной нагрузки.

В общем случае водная взвесь включает в себя частицы разнообразного происхождения размером от 0,5 мкм до 1 мм, находящиеся во взвешенном состоянии в воде. Содержащаяся в озерной воде взвесь необычайно разнообразна по своему составу и происхождению – это терригенные частицы (продукты размыва горных пород суши), биогенные частицы (фитопланктон, фрагменты тел и экскременты пресноводных организмов), вулканогенные частицы (обломочный материал вулканических извержений), хемогенные частицы (продукты химических реакций), космогенные частицы (космическая пыль), газовые пузырьки [5].

Исследования частиц водной взвеси осуществлялись с помощью метода оптической микроскопии, позволяющего получать изображение частиц, которое можно проанализировать как вручную, так и автоматически. Измерения размера частиц проводят с помощью окуляр-микрометра, хотя можно применять и объект-микрометр, либо по фотографиям после микрофотографирования и увеличения изображения объектов. Однако для определения размера частица должна быть не менее 0,6 мкм, т.к. только в этом случае возможно точное воспроизведение её формы.

Количество и размеры частиц взвеси определялись с использованием счётной камеры Нажотта и светового микроскопа NikonEclipse 80i. Для того, чтобы можно было определить размер и концентрацию всех частиц взвеси, необходимо время, когда частицы с малым радиусом осядут в счётной камере Нажотта. Для более крупных частиц с радиусом 10 мкм ситуация обстоит иначе. Время осаждения частиц с таким радиусом находится в пределах 2,25–190 с, после прохождения которого все они будут зафиксированы в поле зрения микроскопа.

В период 2012–2016 гг. было обработано 38 проб озёрной воды, обработано 310 микрофотографий с общим количеством частиц 24262 штуки, что обеспечивало хорошую статистику и свидетельствовало о высокой достоверности полученных результатов.

Особенностью в распределении частиц по размерам является увеличение их счётной концентрации с уменьшением радиуса. Распределение частиц по размерам может быть описано функцией типа Юнге

$$N=Ar^{-\gamma}, \quad (1)$$

где A – нормировочный множитель, N – концентрация частиц, γ – константа, которая по данным разных исследователей для океанов и морей варьирует от 0,7 до 6 [6].

Результаты измерений распределения частиц по размерам в поверхностном слое озёр в период 2012–2016 гг. представлены на рисунках 1–3.

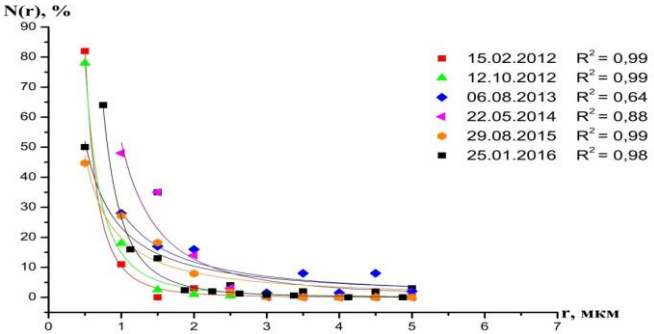


Рис. 1. Распределение частиц взвеси по радиусу в оз. Лапа

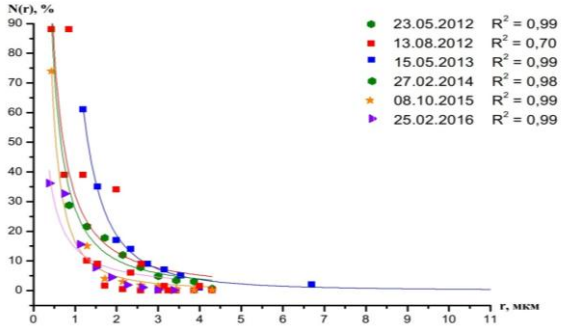


Рис. 2. Распределение частиц взвеси по радиусу в оз. Красиловское

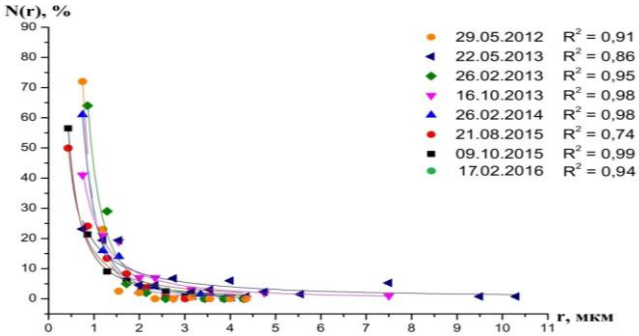


Рис. 3. Распределение частиц взвеси по радиусу в оз. Большое Островное

Здесь N(r) – относительное содержание частиц с радиусом r в единице объёма, находящихся в интервале [r, r ± Δr], R^2– коэффициент детерминации. По данным сезонных измерений методом оптической микроскопии размеры частиц в пробах озёр находились преимущественно в пределах 0,5−10 мкм по радиусу. Было получено, что для частиц с диаметром 1−20 мкм погрешность измерения составила 10−18%. При этом коэффициент детерминации находился в диапазоне от 0,64 до 0,99, что говорит об удовлетворительной аппроксимации. В результате получено, что средневзвешенный радиус частиц в поверхностном слое оз. Лапа за исследуемый период составил 1,1 мкм, в озёрах Красиловское и Большое Островное – 1,4 и 1,3 мкм, соответственно. Среднее значение счётной концентрации частиц взвеси в исследуемых озерах за период наблюдений изменялось в пределах от $0{,}2 \times 10^6$ $см^{-3}$ до $9{,}7 \times 10^6$ $см^{-3}$ и составило порядка $2{,}3 \times 10^6$ $см^{-3}$ для оз. Лапа, $2{,}9 \times 10^6$ $см^{-3}$– для оз. Красиловское и $3{,}8 \times 10^6$ $см^{-3}$– для оз. Большое Островное. Результаты измерений размерного состава частиц взвеси исследуемых трёх разнотипных озёр Алтайского края показали, что экспериментальное распределение частиц по размерам

можно аппроксимировать функцией типа Юнге, константа γ варьировала в пределах от 1 до 2.

По результатам работы можно сделать следующие выводы. Были проведены экспериментальные исследования размеров и счётной концентрации частиц водной взвеси в различные сезоны 2012–2016 гг. методом оптической микроскопии. Результаты измерений параметров частиц водной взвеси исследуемых разнотипных озер Алтайского края удовлетворительно аппроксимируются распределением типа Юнге. Также можно отметить, что наибольшее значение средневзвешенного радиуса наблюдается в летний период, наименьшее – зимой, до вскрытия льда.

Авторы выражают благодарность проф. И.А. Суторихину за помощь в работе, к.т.н. О.Б. Акуловой за предоставленные данные измерений в 2012–2014 гг.

Литература. 1.Витюк Д.М. Взвешенное вещество и его биогенные компоненты. Киев: Наукова Думка, − 1983. − 212 с.**2**. Поздняков Ш.Р. Наносы в реках, озёрах и водохранилищах в расширенном диапазоне размера частиц / Дисс. … док. г. н. СПб.: − 2011. − 399 с.**3**. Кравчишна М.Д. Вещественный состав водной взвеси Белого моря // Автореф. Дис. … канд. геол.-мин. наук. – М.: − 2007. – 35с.**4**. Лисицын А.П. Гидрооптика и взвесь арктических морей / А.П. Лисицын, В.П. Шевченко // Оптика атмосферы и океана. – 2000. – Т. 13. – № 1. – С. 70–79.**5.** Шифрин К.С. Введение в оптику океана. − Л., 1983.**6.**Ерлов Н.Г. Оптика моря. Л.: Гидрометеоиздат, − 1980. − 248 с.

Реквизиты для справок.*Россия, 656038, Барнаул, ул. Молодёжная 1, Институт водных и экологических проблем СО РАН, аспиранту* ***Литвих М.Е.****, E-mail: litvihmaksim@mail.ru.*

МОДЕРНИЗИРОВАННЫЙ ТВЕРДОМЕР ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПРОЧНОСТИ АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ, СОДЕРЖАЩИХСЯ ПОД СЛОЕМ УПЛОТНЕННОГО СНЕГА

ГАНЖА В.А., КОВАЛЕВИЧ П.В., КАПТЮК И.В., САТЫШЕВ А.С.

Одним из важнейших направлений развития предприятий нефтегазовой отрасли Российской Федерации является освоение нефтегазоносных месторождений в районах Севера, Сибири, Дальнего Востока и Арктической зоне [1], сопряженное с необходимостью строительства подъездных путей, зимников, вертолетных площадок, грунтовых, содержащихся методом уплотнения снега, а также ледовых аэродромов. Основным показателем качества аэродромных и дорожных покрытий, содержащихся под слоем уплотненного снега, является прочность (несущая способность) уплотненного снежного покрова [2].

Современное состояние вопроса. Этот параметр подлежит систематическому оперативному полевому контролю в силу нестабильности физико-механических свойств снега во времени. Для осуществления такого контроля рекомендуется использование твердомера НИАС, имеющего ряд

недостатков, негативно влияющих на точность измерений, в основном, в силу примитивности конструкции [1]. Как альтернатива этому прибору сотрудниками Сибирского федерального университета был предложен твердомер, описание которого изложено в работах [1, 2]. Прибор был изготовлен в металле и испытан в условиях г. Красноярска.

Результаты испытаний нового прибора позволили выявить ряд его недостатков:

− невозможно обеспечить устойчивое вертикальное положение продольной оси прибора даже при незначительных неровностях исследуемого покрытия в силу малой площади опорной поверхности плоского основания твердомера, при значительной высоте прибора. При выполнении одним оператором каждого измерения необходимо привлечение второго оператора для удержания направляющей трубы твердомера в вертикальном положении;

− перемещение падающих элементов прибора в крайнее верхнее положение вручную, перед началом каждого измерения после предварительной настройки твердомера, а также, обеспечение последующего их падения, сопровождается приложением боковых нагрузок к элементам прибора, что приводит к дополнительному нарушению стабилизации продольной оси твердомера в вертикальном положении;

− перемещение падающих элементов прибора в крайнее верхнее положение вручную, перед началом каждого измерения после предварительной настройки твердомера, а также, обеспечение последующего их падения, сопровождается приложением боковых нагрузок к элементам прибора, что приводит к дополнительному нарушению стабилизации продольной оси твердомера в вертикальном положении;

− конструкцией прибора не предусмотрена возможность фиксации падающих элементов при транспортировании твердомера, что может привести к их самопроизвольному выпадению из направляющей трубы при транспортировке прибора и удару конического наконечника вершиной о твердые покрытия и предметы, следствием чего может явиться деформация металла острия и утрата коническим наконечником правильной геометрической формы;

− невозможно осуществлять качественный контроль и корректировку установки продольной оси прибора в вертикальном положении в силу отсутствия уровнемера.

Перечисленные недостатки способствуют снижению точности выполняемых измерений, повышению трудоемкости работ по их выполнению и создают серьезные неудобства в работе оператора, выполняющего эти измерения.

Описание конструкции модернизированного прибора. Его преимущества по сравнению с прототипом. С целью повышения точности определения прочности (несущей способности) снежного покрова, снижения трудоемкости работ по измерению данного параметра и обеспече-

ния удобства эксплуатации прибора, в СФУ разработана конструкция модернизированного твердомера (рис. 1), исключающая недостатки, перечисленные выше [3].

Прибор опирается на исследуемое покрытие тремя телескопическими стойками 2 шарнирно соединенными с корпусом 1 посредством трех проушин 3. Постоянная величина угла разведения стоек 2 обеспечивается формой наконечников 4 и проушин 3. Данным конструктивным решением обеспечивается общая устойчивость прибора и более четкая стабилизация его главной оси в вертикальном положении, в основном под воздействием собственной массы. Участие в процессе выполнения измерений второго оператора не требуется.

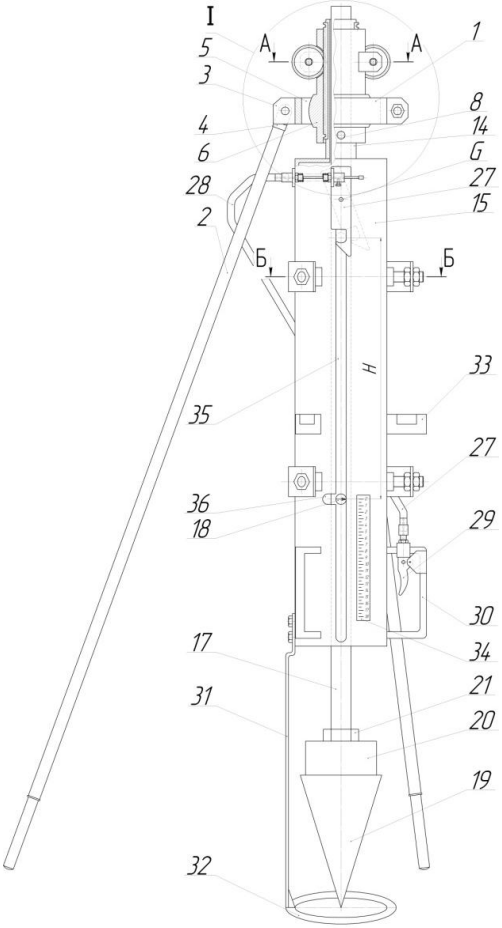


Рис. 1. Модернизированный твердомер

Предварительная настройка и установка прибора на ноль выполняются с использованием поверочной пластины однократно, за пределами исследуемого покрытия, возможно и в помещении [3]. Перемещение падающих элементов прибора в крайнее верхнее положение осуществляется заблаговременно до начала измерения, а не во время его. Эту операцию можно выполнять сразу же после выполнения предыдущего измерения и только после этого перемещать прибор к следующей точке контроля. Фиксация падающих элементов в крайнем верхнем положении обеспечивается затвором 27, связанным приводным тросом 28 со спусковым крючком 29 расположенным на рукояти 30. Плавным нажатием на спусковой крючок 28 обеспечивается и последующее падение этих элементов. Данным конструктивным решением исключаются:

− приложение боковых нагрузок к элементам прибора при выполнении измерений;

− влияние этих нагрузок на стабилизацию продольной оси твердомера в вертикальном положении;

− возможность самопроизвольного выпадения падающих элементов из направляющей трубы 15 при транспортировке прибора и повреждение конического наконечника.

Качественный контроль и корректировка установки продольной оси прибора в вертикальном положении обеспечивается посредством уровнемеров 33.

Заключение. Таким образом, предлагаемое техническое решение позволяет повысить точность определения прочности (несущей способности) снежного покрова, снизить трудоемкость работ по измерению данного параметра и обеспечить удобство эксплуатации прибора оператором.

Литература. 1. Ганжа В.А. Полевой контроль качества аэродромных покрытий при их зимнем содержании под слоем уплотненного снега / В.А. Ганжа, П.В. Ковалевич, И.В. Каптюк // Измерение, контроль, информатизация: материалы XVI международной научно-технической конференции. Том 1, г. Барнаул, 12 мая 2015 г. – Барнаул: АлтГТУ, 2015. С. 115-119. **2.** Пат. 2350923 Российская Федерация, МПК G 01N 3/42. Твердомер / Р. Б. Желукевич, В. А. Ганжа; В. Н. Подвезенный, заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Сибирский федеральный университет». – № 2007117229/28; заявл. 08.05.2007; опубл. 27.03.2009, Бюл. № 9. **3.** Пат. 2550375 Российская Федерация, МПК G01N3/42. Твердомер / В.А. Ганжа, П.В. Ковалевич; заявители и патентообладатели В.А. Ганжа, П.В. Ковалевич – № 2014 105 740/28; заявл. 17.02.2014; опубл. 10.05.2015, Бюл. № 13.

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

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ КРУГЛОСТИ ДЕТАЛЕЙ ПОДШИПНИКОВ

ЗАХАРОВ О.В., КОРОЛЕВ А.А., СКЛЯРОВА А.И.

Значительное число деталей машин и механизмов имеет круговые поверхности, номинальным профилем которых будет окружность. Поэтому одним из наиболее часто применяемых комплексных показателей - круглость [1], который показывает, насколько реальный профиль отличается от базовой окружности. Повышение требований к точности формы деталей обусловливает актуальность совершенствования методов и приборов для контроля формы поверхностей. С введением нового стандарта ISO 12181-1:2011 были пересмотрены многие термины и положения. В частности, основной базой для анализа круглости рекомендована окружность минимальной зоны. Традиционно используемые до этого базы: наружная и внутренняя прилегающие окружности и средняя окружность, получаемая методом наименьших квадратов (МНК), – отнесены к производным геометрическим элементам.

Нормирование формы деталей должно осуществляться, исходя из их функционального назначения в механизме или приборе. Применяемые средства измерения также накладывают отпечаток на методики обработки результатов контроля. Именно это обусловливает интерес специалистов и дискуссии о выборе базовой окружности при тех или иных условиях измерения [2-5].

Прилегающая окружность согласно стандарту ГОСТ 24642-81 представляет собой окружность минимального диаметра, описанная вокруг реального профиля сечения наружной поверхности вращения, или окружность максимального диаметра, вписанная в реальный профиль внутренней поверхности. Согласно определению, прилегающий элемент имеет форму номинального и соприкасается с реальным. Он расположен вне материала детали так, чтобы отклонение от наиболее удаленной точки реального элемента поверхности в пределах нормируемого участка имело минимальное значение. Физический смысл прилегающей окружности трактуется как элемент идеальной поверхности, сопряженной с проверяемой в подвижном соединении.

Определение параметров прилегающих окружностей реализуется методами линейного программирования [1]. Например, для внешней прилегающей окружности ищется минимум функции $C = R_1$ при следующих ограничениях:

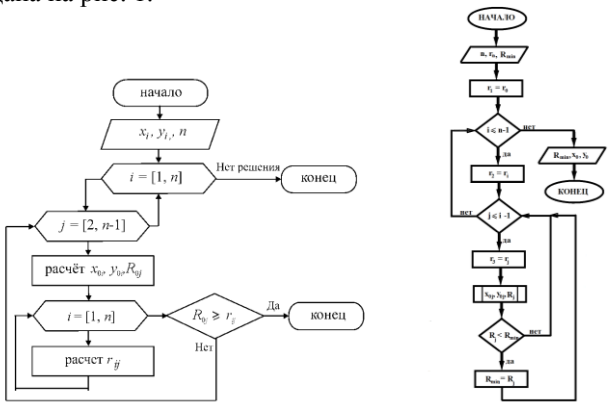
$$\left.\begin{aligned} R_1 + a_{1i}x_1 + a_{2i}x_2 \geq r_i \\ R_1 \geq 0 \end{aligned}\right\},$$

где $x_{ij} = r_0\cos\alpha$, $y_{ij} = r_0\sin\alpha$, (r_0, α) – координаты центра окружности в полярной системе координат, $a_{1i} = \cos\varphi_i$, (r_i, φ_i) – координаты измеренных точек.

Предлагается новый подход к нахождению прилегающих окружностей, состоящий в том, что применяются два конкурирующих алгоритма.

В первом алгоритме окружность строится по трем точкам профиля детали, а во втором алгоритме – по двум точкам (частный случай). Получаемые по этим алгоритмам результаты сравниваются, и выбирается наилучший. Таким образом, при нахождении наружной прилегающей окружности лучший результат соответствует минимальному значению радиуса, а для внутренней прилегающей окружности – максимальному.

Первый алгоритм рассчитывает окружность по 2 точкам профиля детали, принимая расстояние между ними за диаметр. Для этого осуществляется перебор всех пар точек на профиле и для всех оставшихся точек профиля проверяется нахождение внутри или на границы окружности. Если данное условие выполняется, то решение считается найденным. Схема алгоритма для поиска наружной прилегающей окружности по 2 точкам дана на рис. 1.



а *б*

Рис. 1. Алгоритм поиска прилегающей окружности:
а – по 2 точкам; *б* – по 3 точкам

Расчетные формулы для указанного алгоритма имеют вид:

$$x_{0j} = (x_i + x_j)/2;\ y_{0j} = (y_i + y_j)/2;\ R_{0j} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}\ .$$

Второй алгоритм находит окружность по 3 точкам, последовательно перебирая их на профиле и проверяя нахождение остальных точек внутри или на границе окружности. Алгоритм использует следующие формулы:

$$x_0 = \frac{c_1 b_2 - c_2 b_1}{a_1 b_2 - a_2 b_1};\ x_0 = \frac{c_1 b_2 - c_2 b_1}{a_1 b_2 - a_2 b_1};\ R_0 = \sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2};$$

$$a_1 = x_2 - x_1;\ a_2 = x_3 - x_1;\ b_1 = y_2 - y_1;\ b_2 = y_3 - y_1;$$

$$c_1 = \frac{1}{2}\left[(x_2^2 - x_1^2 + y_2^2 - y_1^2\right];\ c_2 = \frac{1}{2}\left[(x_3^2 - x_1^2 + y_3^2 - y_1^2\right].$$

В результате перебора всех возможных вариантов выбирается наилучший, при котором радиус минимален для наружной и максимален для внутренней прилегающих окружностей.

В общем случае решение такой задачи математически неоднозначно. Из определения прилегающей окружности следует, что она должна касаться трех вершин реального профиля снаружи или изнутри. В частном случае, например, овального профиля прилегающая окружность может касаться двух вершин. Возможна ситуация, когда имеется несколько прилегающих окружностей с разными диаметрами и положением их центров в системе координат. В стандарте ГОСТ 24642-81 отмечается, что в тех случаях, когда расположение прилегающей окружности относительно реального профиля неоднозначно, то оно принимается по условию минимального значения отклонения точек реального профиля от прилегающей окружности. Однако если имеется множество окружностей, имеющих наименьший диаметр, обусловленное погрешностями определения координат точек реального профиля сечения, а также вычисления диаметра и положения центра прилегающей окружности, то возникает неопределенность.

В прессовых соединениях важно знать распределение материала, так как от этого зависит прочность посадки. Поэтому традиционно для этих целей рекомендуют среднюю окружность. Часто центр средней окружности трактуется как центр масс или тяжести детали, по механической аналогии приписывая измеренным точкам единичные массы. Однако это утверждение не обладает строгостью и хорошо сочетается с практикой только при малых отклонениях формы по сравнению с радиусом детали. Таким образом, физический смысл средней окружности не вполне очевиден. Основными достоинствами являются только простота и однозначность математического описания. Другим моментом, имеющим практический смысл, будет возможность точного математического описания профиля с помощью тригонометрического полинома. Кроме того, достаточно долгое время именно такую базовую окружность использовали при измерении на прецизионных кругломерах торговой марки *Talyrond*.

Математически однозначно определяется средняя окружность на основе МНК. Расчет проводится по формулам Спрегга:

$$R = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} r_i \text{,} \quad x_{ij} = \frac{2}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \text{,} \quad y_{ij} = \frac{2}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i \text{,}$$

где R – радиус средней окружности, x_{ij}, y_{ij} – декартовы координаты центра средней окружности, n – число измеренных точек.

При использовании координатно-измерительных машин расчет средней окружности осуществляется на основе минимизации функционала F_1:

$$F_1 = \sum_{i=1}^{n} \sqrt{(x_i - x_{ij})^2 + (y_i - y_{ij})^2} - R \rightarrow min\text{,}$$

где x_i, y_i – координаты профиля детали.

Расчет окружности минимальной зоны является наиболее сложным и реализуется только итерационными методами. Общие рекомендации дает стандарт ISO 12181-2:2011, однако вопрос об эффективности конкретных методик и алгоритмов до сих пор остается открытым. Согласно опреде-

лению, зоной минимальной ширины называют зону, образованную двумя концентрическими окружностями, охватывающими профиль детали извне и изнутри, причем радиальное расстояние между этими окружностями минимально. При этом ширина зоны и определяет величину круглости. Окружность минимальной зоны служит оценкой круглости линий, например, траекторий движения, следов пересечения двух поверхностей.

Для расчета центра окружности минимальной зоны целесообразно использовать простой и эффективный итерационный метод. Его сущность заключается в минимизации собственно ширины кольцевой зоны. Для этого профиль детали задается в декартовой системе координат с варьируемыми координатами (x_{ij}, y_{ij}) центра 0_j относительно начала 0 исходной системы координат. Затем минимизируется целевая функция F_2 (ширина кольцевой зоны) итерационной процедурой:

$$F = \{r_{ijmax} - r_{ijmin}\} \rightarrow min,$$

где $r_{ij\ max}$, $r_{ij\ min}$ – максимальное и минимальное значение радиусов r_{ij} профиля детали на j-м шаге варьирования координат центра (x_{ij}, y_{ij}).

Применяемые измерительные средства накладывают определенные ограничения и имеют особенности не только измерения, но и методов обработки результатов для минимизации случайных и систематических погрешностей. Особенностью измерения на кругломерах является наличие эксцентриситета между осью вращения шпинделя с датчиком и осью контролируемой детали. Для его исключения обычно используют центрирование, однако, применяя специальные методики, можно снизить требования к точности центрирования. При контроле на КИМ имеет место существенная дискретизация профиля и неравномерность расположения измеренных точек. При использовании в качестве базы средней окружности можно улучшить результат, применяя методику [3].

Результаты контроля наружной поверхности роликов и внутренней поверхности дорожки качения колец на прецизионном кругломере, тороидального профиля желоба колец подшипников на КИМ даны в таблице 1.

Анализ результатов контроля в таблице 1 показал, что наилучший результат во всех трех случаях обеспечивает окружность минимальной зоны. прилегающая и средняя Окружности дают примерно равные значения, при этом по сравнению с окружностью минимальной зоны среднее значение увеличивается на 10 %, а стандартное отклонение на 20 %. Таким образом, использование в качестве базовой окружности минимальной зоны гарантирует получение минимального значения круглости и рекомендуется независимо от применяемого средства измерения.

Выводы. Выполненный в работе анализ трех методов расчета круглости установил, что наилучший результат обеспечивает применение окружности минимальной зоны. Обеспечивается минимум среднего значения и стандартного отклонения круглости в партии деталей. Поэтому именно окружность минимальной зоны рекомендуется для расчета круг-

лости деталей подшипников независимо от применяемого измерительного оборудования.

Таблица 1. Расчетные значения круглости при контроле деталей подшипников

Значение	Базовая окружность		
	средняя	прилегающая описанная	минимальной ширины
Наружная поверхность ролика подшипника			
Среднее значение круглости, мкм	1,777	1,774	1,609
Стандартное отклонение круглости, мкм^2	0,354	0,363	0,302
Внутренняя поверхность кольца подшипника			
Среднее значение круглости, мкм	1,491	1,502	1,342
Стандартное отклонение круглости, мкм^2	0,334	0,332	0,261
Профиль желоба кольца подшипника			
Среднее значение круглости, мкм	3,32	3,34	2,98
Стандартное отклонение круглости, мкм^2	0,52	0,55	0,36

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №16-19-10204).

Литература. 1. Гебель И. Д. Выбор базовой окружности при измерении формы профиля тел вращения / И. Д. Гебель // Измерительная техника. 1971. № 10. С. 20-24. **2.** Захаров О. В. О точности центрирования при измерении на кругломерах / О. В. Захаров, Б. М. Бржозовский // Измерительная техника. 2006. № 11. С. 20-22. **3.** Никольский А. А. Точный метод измерений на кругломерах формы поперечных сечений сложного профиля без предварительного центрирования / А. А. Никольский, В. В. Королев // Измерительная техника. 2011. № 6. С. 24-29. **4.** Сравнение методов анализа отклонений от круглости / М. Довица, Я. Буша, Р. Паленчар, С. Дюриш, Л. Шоош, И. Врба, Т. Келеменова, Т. Шковранек // Измерительная техника. 2013. № 9. С. 37-39. **5.** Сысоев Ю. С. Координатные методы определения параметров средней окружности при анализе профиля реальной поверхности / Ю. С. Сысоев // Измерительная техника. 1995. № 10. С. 22-25.

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ИЗМЕРЕНИЮ И КОНТРОЛЮ ОСНОВНЫХ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ХРОНОМЕТРИИ

ЯШИН В.Н.

Измерение и контроль представляют собой в общем случае информационные процессы, которые во многом сходны между собой и в тоже время имеют различия. С точки зрения информационного подхода сходство между ними лежит в плоскости определения информационных про-

цессов, под которыми понимают действия, совершаемые над информацией: отбор, преобразование, передачу, обработку, поиск и хранение, т.е. в основе любого процесса контроля лежат процедуры, свойственные измерительному процессу. Справедливым будет и обратное утверждение – в измерительном процессе присутствуют процедуры, свойственные контролю. Сложная взаимосвязь процессов измерения и контроля часто приводит к подмене понятий контроля измерением и наоборот, поэтому иногда измерительные системы называют системами контроля, а системы контроля – измерительными системами. В последнее время эта подмена понятий достаточно часто наблюдается в отечественной научно-технической литературе.

Таким образом, целью данной работы является выявление и анализ различий между измерением и контролем на примере измерения и контроля основных метрологических характеристик (МХ) технических средств хронометрии (ТСХ). При этом под ТСХ понимаются технические средства получения, отображения, переработки или передачи на расстояние хронометрической информации, т.е. информация, получаемая в результате измерения интервалов времени.

Установим сходства и различия между измерением и контролем, которые могут быть рассмотрены как на уровне определений этих понятий, так и на уровне видов, методов, средств и получаемых результатов.

Измерением согласно РМГ 29-99 (Рекомендации по межгосударственной стандартизации, взамен ГОСТ 16263-70) называется совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соотношения (в явном или неявном виде) измеряемой величины с ее единицей и получение значения этой величины.

Контролем называется (ГОСТ 16504-81) проверка соответствия объекта установленным техническим требованиям.

С одной стороны эти определения подчеркивают различия между этими процессами, с другой - сходства. Различия между ними лежат в плоскости получаемых результатов: результатом измерения является нахождение соотношения измеряемой величины с ее единицей и получение значения этой величины, т.е. результатом является получение количественной характеристики. Результатом же контроля является проверка соответствия объекта установленным техническим требованиям, т.е. результатом контроля, как правило, является получение качественной характеристики. Кроме того, среди получаемых при измерении количественных характеристик одной из основных является погрешность измерения, а при контроле – достоверность.

Для ТСХ такими количественными характеристиками измерения являются: мгновенный ход, среднее значение мгновенного хода, мгновенный суточный ход и т.д. Перечисленные характеристики определяют погрешность измерения интервалов времени и являются МХ. Качественной

же характеристикой контроля ТСХ может быть выбрана характеристика годности или негодности ТСХ по перечисленным выше МХ, с заданной достоверностью контроля.

При детальном анализе приведенных выше определений могут быть выявлены и сходства между процессами измерения и контроля. Так, проверка соответствия объекта установленным техническим требованиям означает проведение ряда операций, свойственных процессу измерения: фильтрации, сравнения с мерой или величиной допуска на измеряемую характеристику, преобразование, промежуточное хранение измеряемой величины и т.д.

Различия между измерением и контролем проявляются также на уровне видов измерения и контроля. Так, по виду измерения МХ их можно отнести к измерению времени, а по виду контроля на: приемочный контроль, инспекционный контроль, сплошной контроль, выборочный контроль, периодический контроль и т.д.

Различия и сходства между измерением и контролем лежат и в плоскости методов измерения и контроля. При этом под методом измерения понимается прием или совокупность приемов сравнения измеряемой физической величины с ее единицей в соответствии с реализованным принципом измерений, а под методом контроля - правила применения определенных принципов и средств контроля, т.е. различия уже заложены в самих определениях.

К методам измерения относятся: метод непосредственной оценки, метод сравнения с мерой, нулевой метод измерений, метод измерений замещением, метод измерений дополнением, дифференциальный метод измерений, тестовый метод измерений и т.д. Кроме того, по способу преобразования входной измеряемой величины или виду применяемых средств измерения методы измерения делятся на аналоговые, цифровые и комбинированные методы. Для измерения МХ применяются большинство из перечисленных методов.

К методам контроля относят: методы разрушающего контроля и методы неразрушающего контроля. Для контроля МХ используются в основном методы неразрушающего контроля.

Однако наряду с различиями в методах измерения и контроля имеются и сходства. Это, в первую очередь, относится к физическим процессам, лежащим в основе измерения и контроля: магнитным, электрическим, оптическим, акустическим и т.д., которые применяют как при измерении, так и контроле ТСХ.

На уровне средств измерения и контроля также можно проследить сходства и различия между ними.

К средствам измерений относятся: измерительный прибор, измерительная установка, измерительная машина, измерительная система, измерительно-вычислительный комплекс и т.д.

Средством контроля называется техническое устройство, вещество и (или) материал для проведения контроля. К средствам контроля относят: систему контроля, автоматизированную систему контроля и автоматическую систему контроля.

Для ТСХ применяются большинство из перечисленных средств измерения и контроля.

Исходя из вышесказанного, рассмотрим процессы измерения и контроля МХ на примере измерения и контроля мгновенного суточного хода. В ТСХ под ходом понимают разность поправок, взятых в начале и конце интервала измерения времени. Мгновенный суточный ход является производной характеристикой от мгновенного хода, который представляет собой приращение погрешности измерения времени Δt за некоторое достаточное малое время dt, т.е.

$$\Omega_0(t) = \Delta t(t + dt) - \Delta t(t) \tag{1}$$

На практике мгновенный ход $\Omega_0(t)$ определяется как экстраполированный в точку конца интервала τ по линейному закону накопленный за время $\theta << \tau$ ход ТСХ, т.е.,

$$\Omega_0(t) = \frac{\tau}{\theta}[\Delta t(t + \theta) - \Delta t(t)] \tag{2}$$

Для измерения мгновенного суточного хода и оценки его погрешности применяют различные методы, которые описаны в работах автора [1-2].

В отличие от измерения, основной характеристикой качества контроля является его достоверность, которая отражает степень объективности полученных при контроле результатов. Количественной оценкой достоверности контроля является абсолютная достоверность (априорная или апостериорная), представляющая собой вероятность принятия правильного решения при контроле. Данная оценка определяется на основе соотношения:

$$D = 1 - P_{ош},$$

где $P_{ош}$ - вероятность ошибочных решений при контроле.

Вероятность принятия ошибочных решений при контроле определяется ошибками контроля, являющимися случайными событиями. Наличие погрешностей измерений средств контроля приводит к необходимости учета ошибок первого рода α и второго рода β, которые и определяют вероятность принятия ошибочных решений при контроле, т.е. $P_{ош} = \alpha + \beta$.

Выводы: В работе показано, что, несмотря на то, что измерение и контроль представляют собой в общем случае сходные информационные процессы, между ними существуют различия, которые необходимо учитывать при разработке измерительных и контролирующих систем.

Литература. 1. Яшин В.Н. Алгоритмизация процесса нормирования метрологических характеристик средств хронометрии // «Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. 2011. № 4 (32), С. 79-87. **2.** Яшин В.Н. Применение информационных технологий для анализа математических моделей процессов эволюции погрешностей технических средств хронометрии // Математическое моделирование и краевые задачи: Тр. IX Всероссийской научной конференции с международным участием. Самара: СамГТУ. 2013. С.152-160. **3.** Яшин В.Н. Методологические подходы при измерении и контроле основных метрологических характеристик технических средств хронометрии // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. 2014. № 3 (43). С 63-72.

Реквизиты для справок. *Россия, 443100, Самара, ул. Молодогвардейская, 244, Самарский государственный технический университет, кафедра информационных технологий, к.т.н., доцент Яшин В.Н. - vlyashin@yandex.ru, (846) 337-12-62, 89033345302.*

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ И ТЕСТ-ПАНЕЛЕЙ ИЗ НЕМЕТАЛЛА С ОТКРЫТЫМИ И ТУПИКОВЫМИ ТРЕЩИНАМИ ДЛЯ КАПИЛЛЯРНОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ

КАЛИНИЧЕНКО Н.П., ЗАЙЦЕВА А.А.

Капиллярный метод контроля является универсальным методом неразрушающего контроля.

Капиллярный метод контроля – это метод, основанный на капиллярном проникновении индикаторных жидкостей в полости поверхностных несплошностей материала объектов контроля и регистрации образующихся индикаторных следов.

Контроль изделий производится с помощью дефектоскопических материалов, которые комплектуются в наборы для капиллярной дефектоскопии: очиститель, пенетрант, проявитель.

Приобретенные наборы подвергаются входному контролю, а затем контроль осуществляется не реже одного раза в месяц. Наиболее рационально рекомендуется проводить комплексную проверку пригодности дефектоскопических материалов на контрольных образцах.

Контрольный образец представляет собой металлическую пластинку, как правило, с одиночной тупиковой трещиной с шириной раскрытия в соответствии с заданным классом чувствительности. К недостаткам контрольных образцов из металла следует отнести ограниченный ресурс использования в связи с окислением стенок трещин и накоплением остатков дефектоскопических материалов после их использования.

В последние годы на кафедре ФМПК Томского политехнического университета стали разрабатываться контрольные образцы из неметалла,

а точнее, на основе эпоксидного клея. По сравнению с металлическими образцами, контрольные образцы из неметалла имеют ряд преимуществ: простота и дешевизна в изготовлении, возможность качественной очистки, ввиду их прозрачности, получение дефектов с нормированными параметрами.

Иногда требуется оперативно сравнить два или несколько наборов дефектоскопических материалов между собой с целью выбора лучшего. Для этого применяют тест-панели, которые позволяют провести сравнительный анализ наборов и выявить набор с лучшими свойствами.

К примеру, зарубежная тест-панель JIS Z 2343-3 (рисунок 1) представляет собой бронзовую пластину с нанесенным никель-хромовым покрытием заданной толщины. На поверхности такой панели реализованы трещины путем приложения изгибающего усилия в перпендикулярном направлении будущих дефектов. Глубина трещин определяется толщиной покрытия.

Рис. 1. Тест-панель JIS Z 2343-3

Затем производится разрезание пластины пополам в направлении, перпендикулярном направлению трещин. Таким образом, создается комплект из двух панелей, обладающих очень высоким подобием. Погрешность толщины покрытия составляет около 10%. Раскрытие трещин составляет в среднем 1/20 глубины. Создание трещин п-образной формы (трещины выходят на боковые грани) может дать несколько завышенные результаты при определении чувствительности дефектоскопических наборов, так как при нанесении пенетранта воздух из полости такой трещины легко выдавливается, почти не препятствуя проникновению в нее жидкости. Поэтому даже низкочувствительный пенетрант в некоторых

случаях может обеспечить достаточно яркие контрастные индикаторные следы трещин, соответствующие более высокому классу чувствительности.

В действительности, трещины в объектах чаще всего являются запертыми, то есть не имеют выхода на боковые грани и применение описанной выше тест-панели является некорректным.

В запертых трещинах (образованных в центральной области поверхности контрольного образца или тест-панели) проникновение пенетранта происходит по-другому: запираемый в полости дефекта воздух препятствует быстрому и полному ее заполнению пенетрантом [1].

В настоящее время производители контрольных образцов и тест-панелей не приводят никакой информации о глубине трещин, так как измерение данного параметра на уровне десятков-единиц сотен мкм достаточно проблематично.

Для устранения указанного недостатка, была разработана технология изготовления неметаллических контрольных образцов, которая позволяет реализовать дефекты с заданными параметрами: длиной, глубиной, раскрытием с возможной вариацией указанных параметров [3].

При реализации открытой трещины по данной технологии, которая проходит от одной боковой грани до другой грани контрольного образца, предоставляется возможность измерить глубину трещины на обоих гранях образца и рассчитать среднее значение глубины.

Проводимые исследования по созданию контрольных образцов из неметалла позволяют разработать тест-панели для капиллярного контроля из неметалла как с запертыми, так и с тупиковыми трещинами, ширина раскрытия которых может соответствовать одному или нескольким классам чувствительности [4].

В первом разработанном варианте (рисунок 2) на поверхности тест-панели реализовано 3 трещины, имеющие ширину раскрытия по III классу чувствительности. В данной варианте трещины выходят на грани панели, то есть являются открытыми, что позволяет контролировать и измерять глубину трещин.

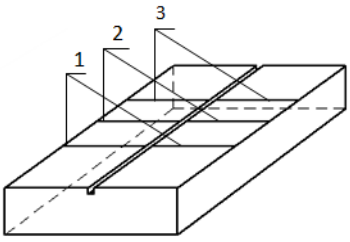


Рис. 2. Тест-панель с тремя трещинами (1, 2, 3) по III классу чувствительности

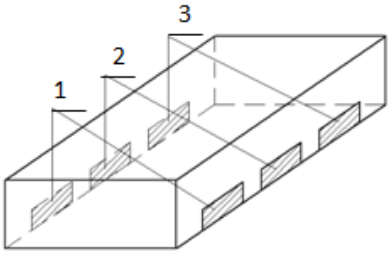


Рис. 3. Прямоугольный брусок из неметалла с установленными полосками (1, 2, 3)

Технология изготовления тест-панелей с запертыми трещинами приведена ниже. Изначально подготавливается брусок из неметалла (на основе эпоксидного клея) с меньшими размерами, чем у будущей ТП. Затем вырезаются металлические полоски одинаковой длины и ширины (рисунок 3). В данном случае материалы для полосок были следующими: слюдяная пластинка с напыленным слоем серебра; сусальное серебро; металлическая фольга

Проблема реализации данной тест-панели заключается в отсутствии фольги, необходимой толщины (менее 1 мкм). Обойти данное препятствие можно с использованием слюдяных пластинок с напыленным слоем серебра (около 1 мкм) из конденсаторов типа КСО.

Далее подготовленные полоски приклеиваются эпоксидным клеем попарно друг против друга по боковым сторонам бруска в его нижней (донной) части.

Затем, брусок помещается в заранее подготовленную форму больших размеров, которые будут определять габариты тест-панели. После этого форма заливается эпоксидным клеем до необходимого уровня.

Для уменьшения количества пузырьков также используется ультразвуковая ванна с предварительным нагревом смолы.

После затвердевания эпоксидного клея заготовка извлекается из формы, шлифуется до требуемых параметров трещин (особенно глубины) и полируется. Остатки металлической фольги вытравливаются с помощью раствора хлорного железа.

Полученные трещины проверяются на ширину раскрытия. Затем прорезается канавка (фрезой), тем самым рабочая поверхность панели разделяется на две симметричные части (рисунок 4).

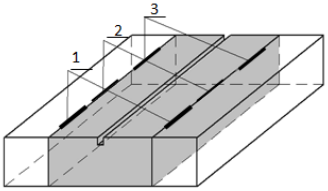


Рис. 4. Тест-панель по трем классам чувствительности: 1 – трещина по III классу чувствительности; 2 – трещина по I классу чувствительности; 3 – трещина по III классу чувствительности

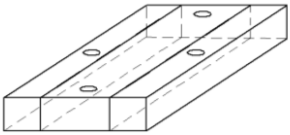


Рис. 5. Заготовка с отверстиями

При изготовлении тест – панелей с запертыми трещинами, как было указано выше, возникают трудности измерения глубин трещин.

Ниже предложены варианты контроля глубины тупиковых трещин в рассматриваемой выше тест-панели.

На рабочей поверхности заготовки необходимо просверлить несколько отверстий диаметром 2-3 мм как показано на рисунке 5. Глубина отверстий должна быть равна ширине приклеенных металлических полосок. Контролировать глубину отверстий при обработке, а, значит, и ширину остающейся ширины полосок можно с помощью приспособления для измерения глубины подрезов [5] или индикаторного глубиномера на выносных опорах (рисунок 6) . В указанных средствах в качестве отсчетного устройства используется индикатор часового типа ИЧ с пределом измерений 0-10 мм и разрешающей способностью 10 мкм.

а

б

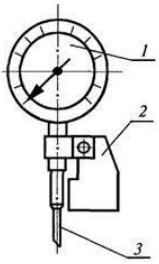


Рис. 6. а) Индикаторный глубиномер на выносных опорах; б) приспособление для измерения глубины подрезов: 1 – индикатор «0-10» с поворотной шкалой; 2 – опорный кронштейн; 3 – измерительная игла

В процессе обработки рабочей поверхности заготовки уменьшается глубина отверстий и одновременно уменьшается ширина металлических полосок. Измеряя глубину отверстий индикаторным глубиномером или приспособлением для измерения глубины подрезов, контролируем тем самым и ширину металлических полосок. Выполнение отверстий на разных участках рабочей поверхности заготовки позволяет контролировать и обеспечивать равномерную ширину металлических полосок.

Затем на рабочей поверхности прорезается канавка, разделяющая тест-панель на две симметричные части. Оставшиеся отверстия не будут мешать анализу результатов контроля, так как отверстия будут относиться к широко раскрытым и небольшой глубины и практически не будут давать дополнительных индикаторных следов.

Остатки металлической фольги вытравливаются с помощью раствора хлорного железа. Полученные трещины проверяются на ширину раскрытия.

Ниже рассмотрен другой вариант определения глубины трещин. Так как при изготовлении такого вида тест-панелей требуется реализация разделительной канавки можно воспользоваться ею для контроля глубины трещин.

С этой целью разделительная канавка выполняется до обработки донной поверхности образца равномерной глубиной, не менее ширины металлических полосок. Производя в дальнейшем обработку поверхности образца можно легко контролировать глубину канавки по всей длине , а значит, и ширину полосок до получения необходимых значений. После окончания работ можно сделать глубину разделительной канавки необходимых размеров. В этом варианте отпадает необходимость выполнения контрольных отверстий.

Вывод:

— предложенные варианты контроля глубины запертых трещин в контрольных образцах и тест-панелях из неметалла позволяют с высокой точностью определять их глубину;

— изготовление образцов с широким диапазоном глубин трещин дает возможность проводить различные практические исследования по гидродинамике заполнения и проявления дефектов, по характеру воздействия внешних факторов (температура, влажность и т.д.) на параметры дефектов.

Литература. **1**. Мигун Н.П. Тепловые воздействия при капиллярном неразрушающем контроле/ Н.П. Мигун, А.Б. Гнусин. – Минск: Беларус. Навука,2011.-131с. **2**. ГОСТ Р ИСО 3452-3-2009. Контроль неразрушающий. Проникающий контроль. Часть 3. Испытательные образцы. ISO 3452-3: 1998 (E) International standard Non-destructive testing – Penetrant testing- Part 3: Reference test blocks (ITD). **3.** Калиниченко Н. П. , Калиниченко А. Н. , Лобанова (Конарева) И. С. , Попова А. Ю. , Борисов С. С. Технология изготовления и исследование образцов для испытаний средств капиллярного неразрушающего контроля из неметаллов // Измерительная техника. - 2014 - №. 5. - С. 8-11. **4**. Калиниченко Н.П., Калиниченко А.Н., Лобанова И.С., Зайцева А.А. Универсальные тест-панели из неметалла для капиллярной дефектоскопии. //Дефектоскопия, 2015, т.51, №10. С.49-53. **5**. РД 03-606-03. Инструкция по визуальному и измерительному контролю.

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЙ ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАЛЬСИФИЦИРОВАННОГО МЁДА

КОВШОВА К.А., ЛИСАКОВ С.А., СЫПИН Е.В.

Введение. В настоящее время определение качества пищевых продуктов является одной из актуальных проблем для человечества [1]. Одним из таких продуктов является мёд, который высоко ценится за свои полезные свойства [2].

На сегодняшний день известно несколько способов определения качества (натуральности) мёда, самый точный, но в то же время самый дорогой и требующий много времени на получение результатов - это лабораторные исследования [3]. Есть методы более дешевые - восковой каран-

даш или проба на промокательной бумаге, но точность определения данными методами является очень низкой. Альтернативой лабораторным исследованиям предлагают такие приборы, как рефрактометры для мёда. Но они определяют лишь количество воды в продукте, что не несет в себе никакой информации о содержании в нем полезных веществ [4]. Таким образом, создание недорого, компактного и быстродействующего прибора для определения качества мёда достаточно актуальная задача.

На начальном этапе, была поставлена цель: спроектировать структурную схему прибора для определения фальсификатов мёда, полученных путем смешивания мёда и сахарного сиропа. Такой прибор должен иметь максимальную точность измерений, высокую скорость получения результатов и невысокую стоимость. Для достижения данной цели необходимо решить ряд задач:

– разработать методику проведения исследования;

– спроектировать и собрать лабораторную установку для получения спектральных характеристик пропускания меда;

– провести сравнительный анализ спектральных характеристик пропускания меда и продукта фальсификата мёда с целью выделения особенностей спектральных характеристик пропускания на выбранном диапазоне длин волн;

– спроектировать структурную схему прибора.

Теория. Различия между спектральными характеристиками пропускания фруктозы, глюкозы и сахарозы лучше всего наблюдать в диапазоне средних инфракрасных волн, а именно на отрезке [2500; 4000] нм. Этот диапазон более удобен для последующего анализа и для такого диапазона проще подобрать фотоприемник [5].

Практическая часть. Исследования М.С. Ивановой и соавторов показали, что наиболее перспективным методом для определения отличительных качеств мёда является анализ спектральной характеристики пропускания.

Для получения спектральной характеристики пропускания меда была разработана лабораторная установка, конструкция которой приведена на рис. 1.

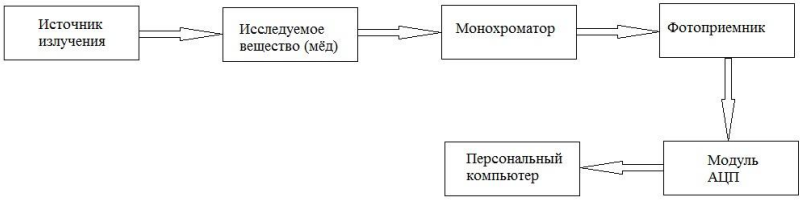


Рис. 1. Схема устройства лабораторной установки

В качестве источника излучения используется модель абсолютно-черного тела АЧТ 45/100/1100, эксплуатация которого осуществляется в соответствии с технической документацией [6]. Между монохроматором МДР-206 и излучателем помещается исследуемое вещество. Фотоприемник представляет собой фотодиод и усилитель. Сигнал с усилителя поступает на модуль АЦП, данные с которого передаются на персональный компьютер с помощью порта USB. Данные на ПК отображаются при условии установленного специального программного обеспечения для монохроматора.

Поток излучения от источника АЧТ– 45/100/1000 проходит через слой мёда и ослабляется. Ослабленное излучение поступает на монохроматор МДР – 206, который выделяет монохроматическое излучение на заданной длине волны [7]. Выходной сигнал с усилителя поступает на аналого-цифровой преобразователь, данные с которого передаются на персональный компьютер.

Методика проведения исследования. Методика проведения исследования спектральной характеристики пропускания мёда заключается в выполнении следующих операций:

а) собирается лабораторная установка, показанная на рис. 1;

б) образцовый излучатель АЧТ выводится на значение температуры 1050 °С. Данная температура обеспечивает оптимальный поток излучения в исследуемом диапазоне длин волн;

в) монохроматор настраивается на диапазон длин волн [2650; 3600] нм, который был выбран исходя из анализа спектральных характеристик пропускания сахарозы и фруктозы [5];

г) для выбранного образца мёда проводится получение его спектральной характеристики пропускания.

Для исследования было взято 5 различных образцов мёда, приобретённых на территории Алтайского края. Каждый образец измерялся дважды. Первый раз была снята спектральная характеристика пропускания мёда без добавления посторонних веществ. Второй раз измерения проводились с продуктом, в который был добавлен сахарный сироп в пропорции 1:1. В сахарный сироп добавлялся мёд и тщательно размешивался.

Для получения ИК-спектра необходимо всего от 1 до 10 мг вещества, через которое проходил поток излучения от АЧТ [8]. Вещество помещалось между тонкими стеклами, которые не несли погрешности в выбранном диапазоне длин волн. Измерения проходили в «темной» комнате, таким образом, погрешность от солнечного света была сведена к нулю и на результаты никак не влияла. Используя такой способ проведения эксперимента, была снята необходимая зависимость коэффициента пропускания от длины волны, представленная на рис. 2.

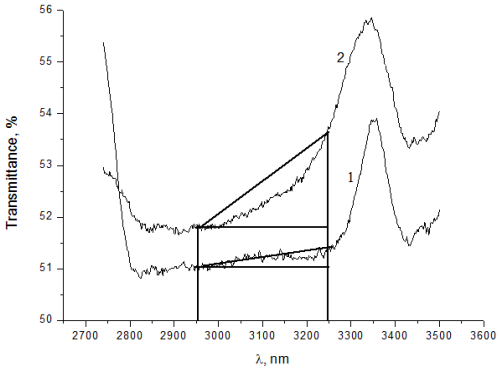


Рис. 2. Спектральные характеристики пропускания первого образца мёда
1– спектральная характеристика пропускания мёда; 2 – спектральная характеристика пропускания фальсифицированного мёда

Далее, то же самое было проделано с остальными 4 образцами.

Из спектральных характеристик пропускания всех образцов наблюдали, что при добавлении в мёд сахара, его спектральная характеристика пропускания становится более пологой. Для большей наглядности возьмем две точки на графике по оси абсцисс, со значениями 2950 и 3250 нм. Проводятся две перпендикулярные прямые вдоль оси ординат и соединяются друг с другом точки пересечения графиков с линиями. Наклон у спектральной характеристики пропускания мёда с сахарным сиропом больше чем у спектра мёда. Это наблюдается у всех образцов, что говорит о различии между спектральными характеристиками пропускания мёда и продукта, полученного путем смешивания мёда и сахарного сиропа. На основании этих наблюдений, можно предположить будущую схему прибора, способного измерять концентрацию сахара в мёде посредством спектрального анализа.

Структурная схема прибора. Структурная схема прибора представлена на рис. 3.

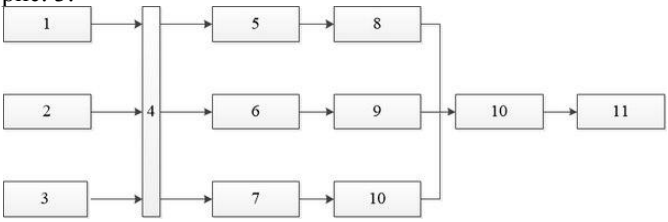


Рис.3. Структурная схема прибора
1,2,3 – источники излучения для определенного диапазона;
4 – исследуемое вещество; 5,6,7 – фотоприемники; 8,9,10 – усилители;
10 – блок управления; 11– индикатор

В качестве источника излучения возьмем три излучателя для диапазонов длин волн, с максимальными значениями на 2950, 3150 и 3250 нм. Сигнал с излучателей поступает на фотоприемник. В качестве фотоприемника используем фотодиоды, которые так же подобраны для работы на длинах волн с максимумами на 2950, 3150 и 3250 нм. Сигнал с фотоприемника поступает на усилитель, выполненный по схеме преобразователя «ток-напряжение». Выходной сигнал с усилителя представляет собой напряжение, которое подается на входы АЦП блока управления. В блок управления входит микроконтроллер. Для первоначальной отладки необходимо подключение прибора к ПК. В конечном приборе блок индикации может представлять собой жидкокристаллический дисплей, на которой будет выводиться процентное содержание сахара в мёде.

Заключение. В результате проведения исследования были получены спектральные характеристики пропускания мёда и продукта, полученного путем смешивания мёда и сахарного сиропа. Был проведен анализ полученных характеристик, которой показал, что спектральная характеристика пропускания мёда отличается от спектральной характеристики пропускания смеси мёда и сахарного сиропа. На основании этого, была разработана структурная схема прибора, способного определять различия между натуральным мёдом и фальсифицированным продуктом.

В дальнейшем планируется поиск различий спектральных характеристик пропускания мёда и продуктов, полученных путем смешивания мёда с другими добавками, которые наиболее распространены для фальсификации мёда в различных концентрациях. Так же возможен поиск различий спектральных характеристик пропускания на других диапазонах волн. Это позволит усовершенствовать прибор, оставив его первоначальное назначение.

Литература. 1. Чепурной, И.П. Экспертиза качества мёда [Электронный ресурс] / И.П. Чепурной // Журнал "Пчеловодство". - 2015. - Режим доступа: http://beejournal.ru/med/2448-ekspertiza-kachestva-meda. **2.** Николаева, Ю.Н. Мёд, прополис, перга и другие продукты пчеловодства от всех болезней [Текст] / Ю.Н. Николаева. - М.: Рипол Классик, 2011. - 192 с. **3.** Правила ветеринарно-санитарной экспертизы мёда при продаже на рынках [Электронный ресурс] // Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору. - 1995. - Режим доступа: https://www.fsvps.ru/fsvps/laws/388.html. **4.**Рефрактометры для мёда [Электронный ресурс] // "Нева-Профи". - 2015. - Режим доступа: http://nevaprofi.ru/refraktometry-dlya-myoda. **5.** Исследование метода спектрального анализа для определения натуральности мёда. / К.А. Ковшова, С.А. Лисаков, Е.В. Сыпин. // Южно-Сибирский научный вестник. – 2015. - №4(12). – с. 85 – 89. Режим доступа: http://s-sibsb.ru/images/articles/2015/4/15_85-89.pdf **6.** Излучатель в виде модели

абсолютно черного тела АЧТ-45/100/1100. Руководство по эксплуатации ДДШ 2.979.005 РЭ. – 26 с. **7.** Монохроматор МДР-206. Руководство по эксплуатации Ю- 30.67.105 РЭ. – 41 с. **8.** Васильев А.В. Инфракрасная спектроскопия органических и природных соединений / А.В. Васильев, Е.В. Григоренко, А.О. Щукин, Т.Г. Федулина – Санкт-Петербург, 2007. – 29 с.

Реквизиты для справок. *Россия, 659305, Бийск, ул.Трофимова, 27, Бийский технологический институт АлтГТУ (БТИ АлтГТУ), кафедра методов средств измерений и автоматизации, инженер Ковшова К.А., тел. (3854) 432450. kovshova.ka@bti.secna.ru; инженер Лисаков С.А., тел. (3854) 432450. foxlsa@mail.ru; канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры Сыпин Е.В. sev@bti.secna.ru*

ИЗМЕРИТЕЛЬ ТОЛЩИНЫ ОБОЛОЧКИ СЕКТОРНОЙ ЖИЛЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ

ВАН ЮЙ, ГОЛЬДШТЕЙН А.Е.

Кабели и провода — это важнейшие изделия. Технический уровень кабельных изделий отражает уровень экономического и технического развития промышленности страны в целом.

Силовые кабели изготовляются с одной, двумя, тремя и четырьмя токоведущими жилами. В качестве материала жил используется медь и алюминий. В зависимости от требуемой гибкости кабеля жилы могут быть однопроволочные и многопроволочные, обладающие большой гибкостью. Для кабелей стационарной прокладки изготовляют жилы круглой и фасонной (сегментной и секторной) формы. Применение секторных и сегментных жил вместо круглых позволяет уменьшить диаметр кабеля на 20 - 25 %, соответственно сократить расход материалов на оболочку, защитные покровы и изоляцию, что существенно снижает стоимость кабеля.[1]

В соответствии с ГОСТ Р МЭК 60811-1-1-98 «Измерение толщин и наружных размеров - Измерение толщины и наружных размеров изоляции и оболочек кабелей», для жил секторной формы проводят шесть измерений, как показано на рис. 1 (м.т. — минимальная толщина).[2]

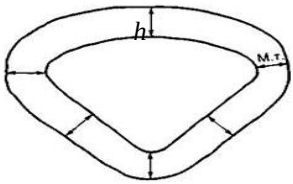


Рис. 1. Шесть точек измерения толщины изоляции для секторной жилы

Физические основы

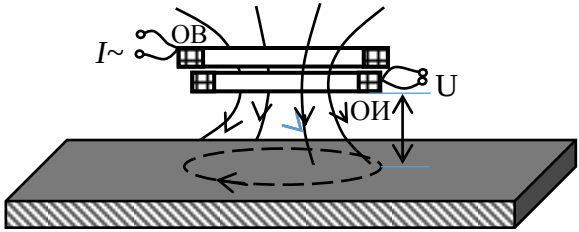


Рис. 2. Принцип измерения толщины накладным вихретоковым преобразователем

Контроль толщины изоляции при одностороннем доступе проводят накладным вихретоковым преобразователем ВТП, состоящим из возбуждающей ОВ и измерительной ОИ обмоток (рис. 2). Синусоидальный ток, протекающий по обмотке возбуждения, создает электромагнитное поле, которое возбуждает вихревые токи в электропроводящем объекте контроля (ОК). Магнитное поле вихревых токов воздействует на обмотки ВТП, наводя в них ЭДС. [3]

Экспериментальная часть

Целью эксперимента являлось экспериментальное исследование зависимости выходного напряжения вихретокового преобразователя от изменения расстояния между корпусом преобразователя и поверхностью жилы кабеля, формы поперечного сечения.

Если форма секторной жилы симметричная, то можно проводить эксперименты для четырёх точек. На рис. 3 приведена схема измерения толщины изоляции кабеля накладным вихретоковым преобразователем.

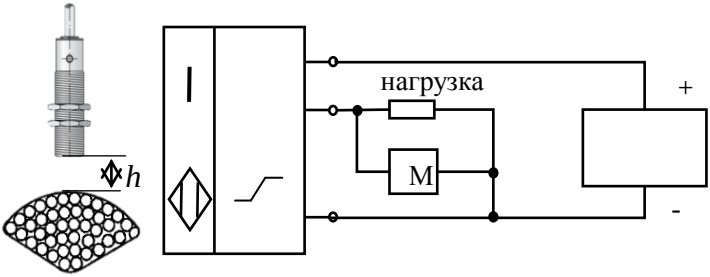


Рис. 3. Экспериментальная схема измерения толщины изоляции кабеля накладным вихретоковым преобразователем

Были испытаны преобразователи расстояния BAW M18MG-UAC80F-S04G [4] и BAW M12MF2-UAC40F-BP03 [5]. По результатам эксперимента были построены зависимости выходного напряжения преобразова-

теля от изменения зазора между корпусом ВТП для четырех точек поверхности жилы кабеля. Зависимости показаны на рис. 4.

При увеличении зазора выходное напряжение возрастает. Следует отметить, что в отличие от преобразователя ДПА-М18-76У-1110-Н, эти преобразователи обладают лучшей линейностью в рабочей зоне. Но у них разные диапазоны линейной зоны. В нашей задаче нужно контролировать секторный кабель, номинальное значение толщины изоляционной оболочки которого равно 2мм, таким образом, преобразователь BAW M12MF2-UAC40F-BP03 не применим, особенно для точек 3 и 4, линейная зона для которых (0 − 1,5) мм. Для решения нашей задачи подходит преобразователь BAW M18MG-UAC80F-S04G.

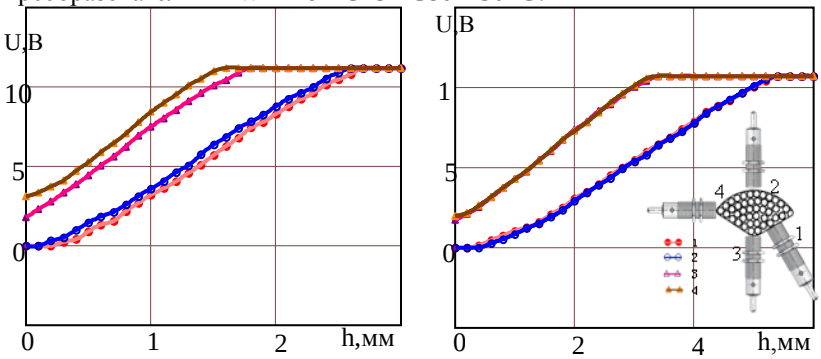


Рис. 4. Зависимости выходного напряжения от изменения зазора между корпусом ВТП BAW M12MF2-UAC40F-BP03 (слева) и BAW M18MG-UAC80F-S04G (справа) для четырех точек поверхности жилы кабеля

С помощью программы LABView, разработан данный прибор. Передняя панель показана на рис.5.

Рис.5. Передняя панель

Используя образцы, толщина которых равна 1мм и 2.1мм, определялась погрешность измерения. Для каждой точки проводим 10 измерений,

относительная погрешность измеренного значения от действительного значения рассчитаны. Из данных эксперимента можно сказать, что относительная погрешность измерения для каждых точек в пределах 3%,

Таким образом, этот прибор надежный и точный, его можно использовать для измерения толщины изоляционной оболочки секторной жилы кабеля.

Заключение. Изучены физические основы вихретокового метода и принцип вихретокового толщиномера**.** Доказана возможность использования выхретокового метода для измерения толщины оболочки секторной жилы, получены зависимости выходного напряжения вихретокового преобразователя от изменения расстояния между корпусом преобразователя и поверхностью жилы кабеля. С помощью LABView реализовано непрерывное измерение толщины изоляционной оболочки секторной жилы кабеля с высокой точностью.

Литература. 1. http://leg.co.ua/info/kabeli/naznachenie-kabeley.html, Назначение кабелей [электронный ресурс]. (дата обращения: 5.05.2015). **2.** ГОСТ Р МЭК 60811-1-1-98 «Измерение толщин и наружных размеров - Измерение толщины и наружных размеров изоляции и оболочек кабелей». **3.** Гольдштейн А.Е. Физические основы получения информации: учеб. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 292 с. **4.**http://www.murri.fi/documents/balluff/BAW/BAWM18MG_UAC80F_S04G_en.pdf, Датчик расстояния индуктивный BAW M18MG-UAC80F-S04G [электронный ресурс]. (дата обращения: 25.02.2015). **5.**http://www.sensotronik.se/pdf/01ind/BUF/BAWM12MF2_UAC40F_BP03_en.pdf, Датчик расстояния индуктивный BAW M12MF2-UAC40F-BP03 [электронный ресурс]. (дата обращения: 25.02.2015).

Реквизиты для справок:. *Ван Юй: г. Томск, студент гр.1БМ4Б второго курса магистратура кафедры ФМПК Национального исследовательского Томского политехнического университета. Сфера интересов: электромагнитный контроль, метод и средство неразрушающего контроля.*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЕНСАЦИОННОГО МЕТОДА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ОЭП ОБНАРУЖЕНИЯ ВЗРЫВОВ

СИДОРЕНКО А.И., ЛИСАКОВ С.А., СЫПИН Е.В.

Введение. На кафедре МСИА БТИ АлтГТУ разрабатываются оптико-электронные приборы (ОЭП) для автоматических систем взрывоподавления, основной областью применения которых являются угольные шахты [1]. При этом актуальной задачей является исследование и разработка методов повышения помехоустойчивости к оптическим помехам при сохранении высокой чувствительности и быстродействия приборов. Одним из перспективных методов повышения помехоустойчивости оптико-электронного прибора является компенсационный метод подавления оптических помех [2], основанный на использовании различия спектраль-

ных характеристик обнаруживаемого или наблюдаемого объекта (цели) и помехи (как естественного, так и искусственного происхождения).

Особенности применения компенсационного метода подавления оптических помех. Компенсационный метод [2] заключается в приеме ОЭП оптического излучения в двух различных спектральных диапазонах и последующем взаимном вычитании этих сигналов. Сигнал от цели (очага взрыва) пропорционален разности сигналов, формируемых в двух диапазонах [3]:

$$\Delta \sim \left[\int_{\lambda 1}^{\lambda 2} M_{Ц}(\lambda) s_1(\lambda) \tau_{o1}(\lambda) \tau_{a1}(\lambda) d\lambda - \int_{\lambda 3}^{\lambda 4} M_{Ц}(\lambda) s_2(\lambda) \tau_{o2}(\lambda) \tau_{a2}(\lambda) d\lambda \right],$$

где $M_{Ц}(\lambda)$ – спектральная энергетическая светимость цели, Вт/м^2; $\tau_{a1}(\lambda)$, $\tau_{a2}(\lambda)$ – спектральные коэффициенты ослабления излучения средой распространения; $s_1(\lambda)$, $s_2(\lambda)$ – спектральные характеристики приемников излучения, А/Вт; $\tau_{o1}(\lambda)$, $\tau_{o2}(\lambda)$ – спектральные коэффициенты пропускания оптической системы для отдельного диапазона. При выборе границ спектральных диапазонов необходимы данные о спектральном распределении излучения продуктов взрыва и излучения оптических помех. К оптическим помехам относятся источники естественного и искусственного освещения, нагретые тела. Излучение продуктов взрыва смесей углеводородов с воздухом определяется главным образом линейчатым спектром излучения возбужденных молекул, входящих в состав продуктов горения (молекулы углекислого газа и воды). Для углекислого газа максимумы энергии излучения характерны для длин волн – 1.34, 4.3, 7.45 и 15.05 мкм, для паров воды – 1.29, 1.87, 2.66, 2.74 и 6.27 мкм [3]. Оптические помехи создают фон, на котором трудно выделить полезный сигнал, что может привести к пропуску взрыва или ложному срабатыванию. Оптические помехи, связанные с излучением нагретых тел вызваны излучением промышленного оборудования, установленного на объекте контроля, имеющего температуру от 100 до 300 °С [4,5]. Наибольшее влияние на оптико-электронный прибор оказывают помехи, спектр излучения которых близок к спектру излучения продуктов горения (H_2O и CO_2). Это излучение от лампы накаливания, солнечный свет, излучение нагретых тел.

Экспериментальное исследование эффективности применения компенсационного метода. Основными этапами экспериментального исследования являются: разработка конструкции лабораторной установки; разработка методик исследования помехоустойчивости; проведение исследования и экспериментальная оценка эффективности применения компенсационного метода. При проведении экспериментов для контроля очага взрыва использовались фотодиоды с максимальной спектральной чувствительностью на длинах волн 2,7 и 4,2 мкм PD27Sr и PD42Sr, выпускаемые российской фирмой ООО «ИоффеЛЕД» [6]. В качестве оптической помехи при проведении экспериментов использовалась лампа накаливания 60 Вт; очаг взрыва имитировался горением пропан-бутановой

смеси (горелка пропановая газовая Rexer RB-04-040), для имитации воздействия оптической помехи в виде излучения нагретого тела использовался прибор АЧТ-45/100/1000 [7]. На рисунках сигналы приведены в соответствии со следующими обозначениями: U1, U2: преобразованные сигналы с фотоприемников SFH 203 FA(0,95 мкм); U3: преобразованный сигнал с фотоприемника PD38Sr (3,8 мкм); U4: преобразованный сигнал с фотоприемника PD42Sr (4,2 мкм); U5: преобразованный сигнал с фотоприемника PD27Sr (2,7 мкм).

На основе анализа литературы и ГОСТ Р 53325-2012 [8] был разработан комплекс методик исследования помехоустойчивости к оптическим помехам оптико-электронного прибора обнаружения очага взрыва. Зависимости преобразованных сигналов с фотоприемников от освещенности, создаваемой оптической помехой в виде излучения лампой накаливания при отсутствии модуляции, представлены на рис.1. Из данных, приведенных на рис. 1, видно, что сигнал на фотоприемнике PD27Sr (U5(E)) может быть в полной мере скомпенсирован сигналом с фотоприемника SFH 203 FA (U1(E)) с максимумом спектральной чувствительности на длине волны 0,95 мкм. Сигнал на фотоприемнике PD42Sr может быть в полной мере скомпенсирован сигналом с фотоприемника PD38Sr.

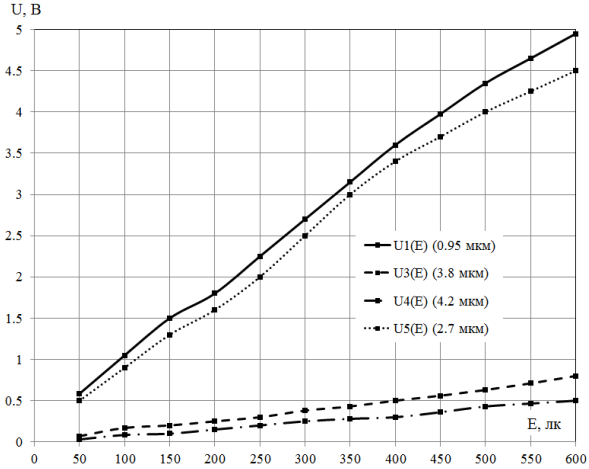


Рис.1. Зависимости сигналов с фотоприемников от освещенности создаваемой оптической помехой в виде излучения лампой накаливания при отсутствии модуляции

Зависимости сигналов фотоприемников от температуры оптической помехи в виде излучения нагретого тела представлены на рис. 2. Из данных, представленных на рис. 2, видно, что сигналы U4(T) и U5(T) могут быть полностью скомпенсированы сигналом U3(T) в диапазоне температур от 100 до 300 °С.

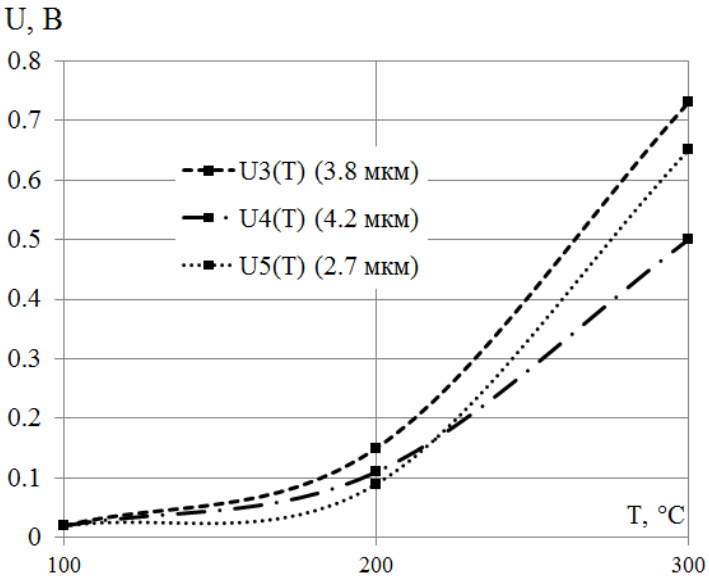


Рис.2. Зависимости сигналов фотоприемников от температуры оптической помехи в виде излучения нагретого тела

Экспериментально доказано, что при выборе фотоприемников для контроля очага взрыва необходимо, чтобы область их спектральной чувствительности соответствовала максимумам кривой излучения продуктов горения (H2O и CO2): 2,7 и 4,2 мкм. При выборе фотоприемников для контроля излучения от оптических помех в виде ламп накаливания и солнечного света необходимо, чтобы область их спектральной чувствительности соответствовала диапазону длин волн от 0,8 до 1 мкм. Выбор данного спектрального диапазона обеспечит существенное различие энергий излучения взрыва и оптических помех данного вида. Фотоприемник для контроля оптических помех от нагретых тел должен иметь область спектральной чувствительности от 3,7 до 3,9 мкм.

Литература. 1. Зырянова М.Н. Адаптация метода спектральной пирометрии для построения быстродействующего прибора обнаружения возгорания/ М.Н. Зырянова, Е.В. Сыпин// Южно-Сибирский научный вестник. – 2015. – № 4(12). – С. 81–84. – Режим доступа: http://s-sibsb.ru/images/articles/2015/4/14_81-84.pdf. **2.** Якушенков, Ю.Г. Методы борьбы с помехами в оптико-электронных приборах [Текст] / Ю.Г. Якушенков, В.Н. Луканцев, М.П. Колосов. – М.: Радио и связь, 1981. - 180 с.: ил.с. 3**.** Шаровар, Ф.И. Методы раннего обнаружения загораний [Текст] / Ф.И. Шаровар. – М.: Стройиздат, 1988. – 336 с. **4.** Неплохов И.Г. Извещатели пламени. Часть 1. Источники излучения, ингибиторы и т.д./ И.Г. Неплохов //"Алгоритм Безопасности" . – 2014.– № 4. – С. 86–89. – Режим

доступа: http://www.algoritm.org/arch/14_4/14_4_37.pdf. **5.** Кулагов В.Б. Извещатели пламени «НАБАТ»: преимущество и опыт применения / В.Б. Кулагов, А.Е. Смирнов // Грани безопасности. – 2009. –№1. – Режим доступа: http://www.giricond.ru/files/izveshateli.pdf. **6.** ИоффеЛЕД. Светить и видеть в темно-красном [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ioffeled.com/. **7.** Излучатель в виде модели абсолютно черного тела АЧТ-45/100/1100. Руководство по эксплуатации ДДШ 2.979.005 РЭ. – 26 с. **8.** ГОСТ Р 53325-2012. Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования. Методы испытаний [Текст]. – Введен 01–01–2014. – М.: Стандартинформ, 2013. – 270 с.

Реквизиты для справок. *Россия, 659305, Бийск, ул.Трофимова, 27, Бийский технологический институт АлтГТУ (БТИ АлтГТУ), кафедра методов средств измерений и автоматизации, старший преподаватель Сидоренко А.И., тел. (3854) 432450.sai@bti.secna.ru, инженер Лисаков С.А., foxlsa@mail.ru; канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры Сыпин Е.В. sev@bti.secna.ru.*

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ГРАНИЦ РАЗДЕЛА МНОГОФАЗНЫХ ЖИДКИХ СРЕД ДЛЯ СЕПАРАТОРА НЕФТИ

МА СИНСИН

В настоящее время, при эксплуатации сепараторов нефти актуальна задача выбора метода для контроля границ разделов в многофазных жидких средах. Точный контроль уровня и границ разделов многофазных жидких сред в сепараторе нефти рассматривается как одна из основных измерительных задач на этапе переработки углеводородов. Ранее в России и за рубежом были разработаны и нашли широкое применение различные методы контроля уровня, такие как буйковые уровнемеры, ультразвуковые уровнемеры, емкостные уровнемеры с одним электродом и емкостные уровнемеры с несколькими электродами. Однако набор методов контроля, используемых в нефтяной промышленности для измерения границ разделов многофазных сред, как правило, ограничен, поскольку необходимо обеспечить одновременное выполнение ряда требований к средствам контроля и измерения, такие как высокая надежность средств контроля, разнообразие состава жидкостей, наличие агрессивных сред и проблем безопасности. Это особенно важно для морских нефтяных терминалов. Таким образом, необходимо исследовать методы для точного и надежного контроля уровня и границ многофазных жидких сред.

В настоящее время для контроля в различных технологических процессах все шире применяют различные модели акустических (ультразвуковых) преобразователей уровня. Определение границ разделов в этом случае может быть получено в результате цифровой обработки измерительных сигналов. Этот метод был использован для непрерывного и дискретного контроля уровня.

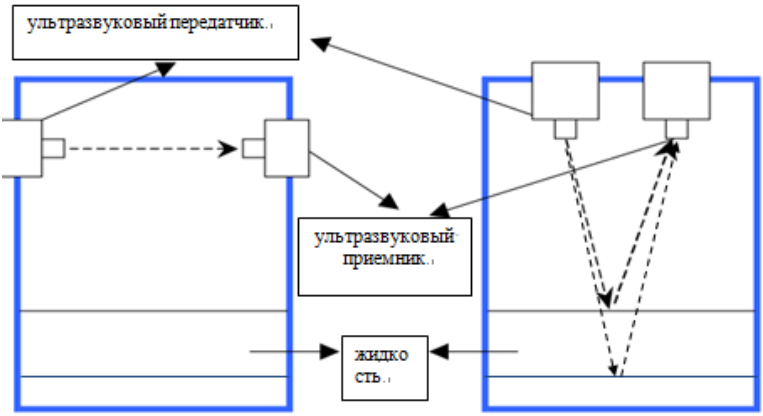


Рис 1. Принцип работы ультразвукового уровнемера

Измерение (рис. 1) основано на использовании импульсного эхо и уровни жидкости оцениваются путем объединения измеренного времени пролета эхо-сигналов от границ жидкости. Преимущества такой измерительной системы состоят в том, что её легко установить в любых существующих и новых сепараторах нефти, и такая система не требует дополнительной калибровки. Основным недостатком этой системы является то, что существуют определенные трудности для контроля уровня при наличии эмульсии и пены. Кроме того, наличие пузырьков воздуха в жидкости приводит к затуханию и рассеиванию ультразвуковых волн. Это становится особенно большой проблемой в том случае, когда значительное количество воздуха присутствует в жидкости. Кроме того, наличие песка также вызывает проблемы в работе ультразвукового детектора уровня многофазных сред.[1]

Радиоизотопные уровнемеры используются для точного бесконтактного контроля уровня в сложных условиях технологического процесса. Радиоизотопные уровнемеры применяют для контроля уровня химически активных, вязких, липких сред, для контроля границы двух несмешивающихся жидкостей. Гамма-излучение обеспечивает простую и надежную систему неразрушающего контроля уровня жидкостей, границ раздел сред или суспензий независимо от размеров и формы резервуара. Радиационные датчики не требуют проникновения ни в объем продукта, ни в резервуар вообще.

Принцип работы радиоизотопного преобразователя основан на зависимости ослабления потока гамма-излучения от параметров контролируемой среды. Поток гамма-квантов источника излучения проникает через объект контроля с контролируемой средой и регистрируется сцинтилляционным счетчиком, который преобразует энергию гамма-квантов

в электрические импульсы. Электрические импульсы, несущие информацию о параметрах контролируемой среды, поступают в блок обработки информации, где анализируются микропроцессорной системой и преобразуются в выходные сигналы. Измерение границ раздела сред гамма-излучения основано на особенностях при прохождении через потоки материалов различной плотности (или отражения от них). Поскольку измерение проводится вне удерживающего жидкость резервуара, гамма-измеритель не подвержен влиянию высоких температур и давлений, коррозии, абразивов, испарений, пыли, что могло бы воздействовать на датчик, вносимый в измеряемую среду, или даже разрушить его. Несмотря на высокую эффективность, к этому методу контроля уровня обращаются в последнюю очередь из-за его дороговизны и наличия особых требований по безопасности. Кроме того, недостатком такого датчика является присутствие опасного электромагнитного излучения.

Если при контроле уровня жидкости используется емкостной датчик с одним электродом, то возникают две основные проблемы: наличие температурной компенсации, так как значение емкости сильно зависит от температуры, и такой метод способен измерять уровень только однофазных сред. Чтобы преодолеть эти две проблемы, для емкостного датчика с одним электродом при измерении уровня многофазных сред в университете UMIST Манчестера было предложено использовать емкостные мультиэлектродные уровнемеры.[2] Такой емкостный уровнемер содержит 64 сегментированных электрода и обеспечивает измерение границ раздела на основании различий в диэлектрической проницаемости сред. Алгоритм обработки измерительной информации, получаемой от мультиэлектродного емкостного датчика, позволяет определить границы газ / нефть и нефть / вода, используя для этого данные, полученные в результате измерения значений емкости сегментированного электрода. Однако существует проблема, связанная с применением этого методом контроля, для случая, если измерительный электрод контактирует с высокопроводящей жидкостью, например, такой, как соленая вода. Из-за высокой проводимости такой жидкости, как правило, происходит короткое замыкание электродов измерительного датчика.

Также для контроля уровня и границ многофазных жидких сред могут быть применены индуктивные и тепловые методы. [3] Тепловые методы контроля и измерения включают измерение различных термодинамических свойств жидкости, окружающей тепловой датчик. К недостаткам метода относится наличие в резервуаре непрерывной циркулирующей жидкости.

Датчик на эффекте Холла относится к индуктивному методу контролю уровня. Датчики на эффекте Холла были также рассмотрены и исследованы в университете UMIST Манчестера.

В таблице 1 приведены преимущества и недостатки различных методов контроля уровня и границ многофазных жидких сред.

№	Методы контроля уровня	Преимущества	Недостатки
1.	Ультразвуковой метод	Может быть использован для непрерывного и дискретного контроля уровня. Легко установить на существующих и новых сепараторах. Не требует калибровки.	Возникают трудности при контроле эмульсии и пены. Наличие пузырьков воздуха в жидкости ослабляет ультразвуковые волны.
2.	Радиоизотопный метод	Измерение вертикального распределения	Наличие опасных электромагнитных излучений.
3.	Емкостной метод многоэлектродный	Могут быть обнаружены уровни различных фаз	Проблемы при контроле проводящих жидкостей.
4.	Индуктивный метод	Проблему с наличием проводящей жидкости можно устранить.	Построение различных изоляционных слоев в сепараторе.
5.	Тепловой метод	Эффективен для определения уровня	Наличие непрерывной циркулирующей жидкости.

Заключение: в последние годы нарастающими темпами увеличивается доля использования методов измерения времени прохождения сигналов (ультразвукового и направленного микроволнового излучения).

Литература. 1. Винокуров Б.Б. Современная уровнеметрия жидких сред: учебное пособие; Томский политехнический университет. − Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. − 190 с. **2.** Yang, W.Q.; Brant, M.R.; Beck, M.S. A multi-interface level measurement system using a segmented capacitance sensor for oil separators, Meas. Sci. Technol., 1994, 5(9), 1177. **3.**Индуктивные уровнемеры. Устройство, принцип действия, типы и виды индуктивных уровнемеров. [Электронный ресурс] http://www.eti.su/articles/izmeritelnaya-tehnika/izmeritelnayatehnika_519.html

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ОШИБКА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ В ЧАСТОТУ В ОСЦИЛЛИСТОРНОМ RF–ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕ

ДРОБОТ П.Н.

Осциллистором называется полупроводниковый прибор, состоящий из полупроводникового диода, изготовленного специальным образом, через который протекает электрический ток, помещённого в продольное току магнитное поле с индукцией B и сопротивления нагрузки, включённых последовательно с источником электрического питания с напряжением U.

Вследствие развития в теле диода винтовой неустойчивости тока начиная с определенных пороговых значений $U_{\text{п}}$ и $B_{\text{п}}$, в цепи осциллистора возникают колебания тока (осциллисторный эффект), частота f которых при

U,B=const зависит от температуры *T*. На этом принципе на основе кремниевых осциллисторов разработан датчик температуры с частотным выходом [1,2].

Осциллисторный датчик температуры работоспособен в широком интервале температур от 77 до 363 К и имеет линейную выходную характеристику в области комнатных температур и известную чувствительность: *df/dT*=3 кГц/К в интервале *T*=263÷363 К; зависимость *f(T)* линейно падает с ростом температуры.

В случае *U,B,T*=const частота осциллистора *f* зависит от напряжения питания и силы тока, то есть частотой можно управлять изменением величины добавочного резистора $R_Д$, включенного в цепь осциллистора. Таким образом, с помощью осциллистора можно преобразовать омическое сопротивление в частоту, то есть осуществить *resistor-to-frequency*–преобразование. Соответствующий прибор был назван осциллисторный *RF*–преобразователь [3].

Чувствительность свойств полупроводников к температуре общеизвестна, также как и влияние температуры на показания различных полупроводниковых датчиков. Очень важной для практики является задача оценить, насколько существенным будет влияние температуры на частоту осциллисторного *RF*–преобразователя. Теоретическое решение этой задачи неочевидно, причем есть основания предположить, что относительная чувствительность осциллистора к изменению добавочного резистора $R_Д$ выше, чем к температуре, и важно определить интервал температуры, когда ее влияние на измерение магнитного поля незначительно для конкретных практических целей.

Экспериментальная оценка температурной погрешности облегчается линейностью выходных характеристик осциллисторных датчиков температуры и *RF*–преобразователя (рис.1) [1–3].

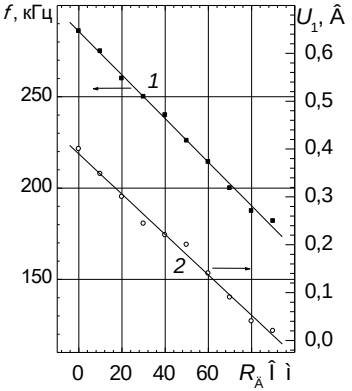


Рис.1. Частота (1) и амплитуда (2) осциллисторного *RF*–преобразователя при комнатной температуре в зависимости от величины $R_Д$.

Из экспериментальных данных следует, что уменьшение температуры на один градус приведет к увеличению частоты осциллисторной генерации *RF*–преобразователя на 3 кГц и выходная линейная характеристика *f(R)* сдвинется вверх по графику параллельно относительно градуировочной зависимости. Соответственно, увеличение температуры на один градус приведет к сдвигу линейной характеристики *f(R)* вниз по графику параллельно относительно градуировочной зависимости.

Из семейства графиков, включающего градуировочную зависимость *f(R)* и рассчитанных из нее зависимостей при изменении температуры с шагом ±1 градус, можно определить абсолютную погрешность Δf, соответствующую изменению температуры на 1, 2, 3 и т.д. градуса при каком-либо *R=const*.

Далее из экспериментального графика *f(R)* произведем отсчет отклонений $\pm f$ для изменения температуры $\pm T$ на 1, 2, 3 и т.д. градуса и получим соответствующие каждому отклонению $\pm T$ значения абсолютной ошибки Δf, из которых определим значения относительной ошибки δf. График температурных зависимостей абсолютной $\Delta f(T)$ и относительной $\delta f(T)$ погрешностей показан на рисунке 2.

Соответствующие зависимости от температуры абсолютной $\Delta f(T)$ и относительной $\delta f(T)$ температурных погрешностей линейные. Аппроксимация этих зависимостей позволила определить соответствующие уравнения для их описания и показала высокую степень линейности с коэффициентом корреляции R=0,99996. Абсолютная ошибка описывается уравнением $\Delta f(T)=bT$, где b=3000; а относительная ошибка описывается уравнением $\delta f(T)=dT$, где d=1,327.

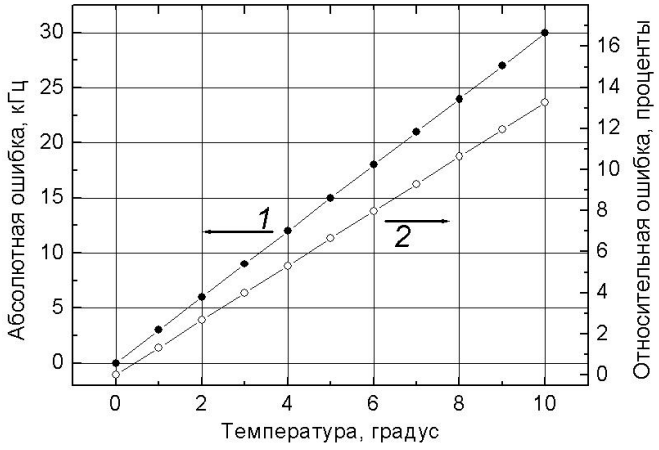


Рис. 2. Температурные ошибки (погрешности) *RF*–преобразователя в зависимости от значения температуры: 1 – абсолютная ошибка; 2 – относительная ошибка

В результате проделанной работы, основываясь на данных о влиянии температуры на показания осциллисторного *RF*–преобразователя с частотным выходом, представленных на рис.2, можно сделать следующие выводы. Изменение температуры окружающей среды на 0,5 градуса приводит к температурной погрешности ~0,6%, на 1 градус – ~1,3%, на 2 градуса – ~2,7%, на 3 градуса – ~4% и т.д. Или из уравнения для относительной температурной ошибки $\delta B(T)$ можно точно рассчитать, что температурная погрешность 1% соответствует изменению температуры 0,75 градуса, 2% – 1,5 градуса, 3% – 2,26 градуса, 5% – 3,77 градуса, 10% – 7,54 градуса.

Известно, что во многих задачах измерений физических величин, приемлемой является точность измерений и 3%, и 5%, и 10% – все зависит от требований технического задания. Соответственно, из рисунка 2 можно оценить, в каких случаях можно пренебрегать влиянием температуры и не применять специальных мер для температурной коррекции преобразования сопротивления в частоту, что существенно упрощает измерения.

Литература. 1. V. I. Gaman, P.N. Drobot. Oscillistor sensors with a frequency output based on a silicon structures // International conference on actual problems of electronic instrument engineering proceedings .–1998.–№1.–p.p. 133-134. **2.** V. I. Gaman, P.N. Drobot. Silicon oscillistor as a thermometer with frequency output // Russian Physics Journal .– 1995 .–V. 38 .– Iss.2.–p.p. 143-146. **3.** Дробот П.Н., Дробот Д.А. Осциллисторные сенсоры с частотным выходом // Южно-Сибирский научный вестник. 2012.–№ 1.–С.120-123.

Реквизиты для справок: *Россия, 634050, Томск, пр. Ленина, 40, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, кандидату физико-математических наук, доценту Дробот П.Н., тел. (382-2) 70-17-37. E-mail:dpn7@mail.ru*

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ РЕЖИМА КАВИТАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

ХМЕЛЕВ В.Н., БАРСУКОВ Р.В., ИЛЬЧЕНКО Е.В., ГЕННЕ Д.В.

В современной промышленности ультразвуковые (УЗ) колебания высокой интенсивности находят самое широкое применение. В том числе весьма распространены технологии, связанные с УЗ воздействием на жидкую технологическую среду, где возникают кавитационные явления.

При УЗ воздействии различают несколько стадий развития кавитации: докавитационная стадия, стадия зарождения кавитации, стадия развитой кавитации, стадия вырожденной кавитации. Наибольшего эффекта в большинстве УЗ технологий позволяет добиться использование развитой кавитации.

Использование кавитационного воздействия позволяет существенно ускорять и увеличивать качество продукта в процессах эмульгирования,

диспергирования, экстракции, сорбционных процессах, процессе деполимеризации, уменьшении вязкости нефтепродуктов.

Типичный ход зависимости активности кавитации от амплитуды колебаний поверхности излучателя представлен на рис.1 [1].

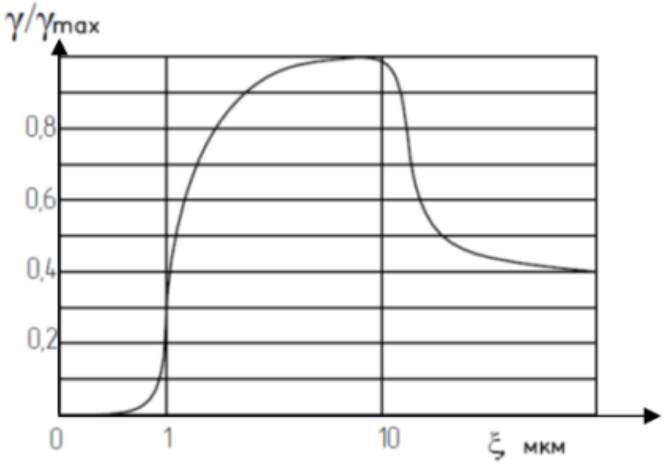
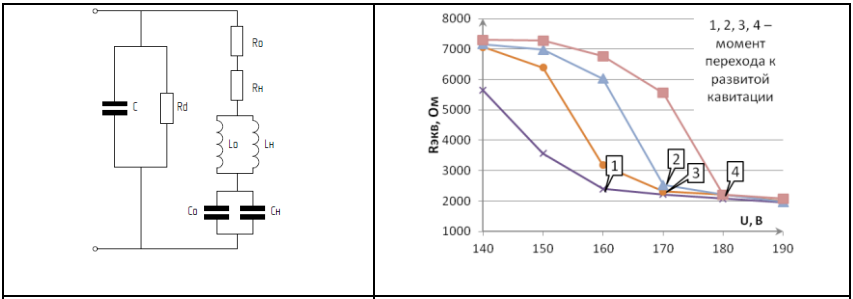


Рис. 1. Типичная зависимость активности кавитации от амплитуды колебаний УЗ излучателя

На представленной кривой выделяются участки возникновения кавитации, увеличения активности, насыщения и спада активности кавитации. [1] Такой характер зависимости свидетельствует о необходимости контроля активности кавитации в УЗ установках для поддержания оптимального кавитационного режима.

В существующем оборудовании настройка на кавитационный режим производится вручную, при этом в качестве стабилизируемого параметра используется потребляемая электрическая мощность, или амплитуда механических колебаний УЗ излучателя. Отсюда неточность и неустойчивость настройки на кавитационный режим. Более совершенным способом управления является стабилизация непосредственно активности кавитации.

Создание и исследование системы контроля активности кавитации. Проведенные ранее исследования [2,3,4] показали возможность контроля развития кавитационного процесса путем контроля электрических параметров пьезоэлектрических УЗ колебательных систем (УЗКС). При этом УЗКС представляется в виде электрической модели, представленной на рис. 2, а. Типичный ход зависимости активного сопротивления механической ветви при увеличении возбуждающего напряжения представлен на рис. 2, б.



а б

Рис. 2. Электрическая эквивалентная схема УЗКС (а) и зависимость активного сопротивления механической ветви от возбуждающего напряжения (б)

Проведенные исследования позволили установить следующее:

1. Существует взаимосвязь между величиной сопротивления $R_{экв}$ и степенью развитости кавитации, причем режиму развитой кавитации соответствует точка стабилизации активного сопротивления на уровне ~1,6R_0 (R_0 – активное сопротивление механической ветви при работе УЗКС в воздушной среде).

2. Физические свойства кавитирующей жидкой среды существенно влияют на параметры эквивалентной схемы УЗКС. Наибольшая корреляция обнаруживается между параметром $R_н$ и вязкостью среды (коэффициент корреляции 0,78 – 0,97 для водных растворов сахарозы (0-40%), хлорида натрия (0-25%) и глицерина (0-25%))

Наиболее перспективным для целей контроля и автоматического регулирования кавитационного режима признан параметр $R_{экв}=R_н+R_0$.

Для интеграции системы контроля режима кавитационного воздействия был выбран УЗ аппарат серии Волна 0,4/22.

Поскольку установлено, что критерием реализации режима развитой кавитации является стабилизация $R_{экв}$, существующий УЗ аппарат был снабжен дополнительными измерительными цепями, необходимыми для измерения $R_{экв}$.

Также было разработано программное обеспечение для управляющего микроконтроллера УЗ аппарата, обеспечивающее контроль режима кавитационного воздействия.

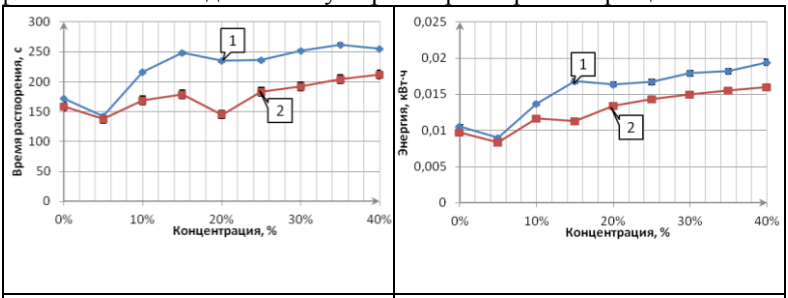
Новое программное обеспечение УЗ генератора позволяет выполнить расчет напряжения питания УЗКС, величина которого выбирается из условия $dR_{экв}/dU=N$, где N – уставка, величина которой выбирается из условия настройки на режим развитой кавитации.

Основная особенность оборудования – адаптивная настройка на режим развитой кавитации.

Для исследования функциональных возможностей созданного оборудования были проведены эксперименты по растворению сухого

прессованного образца в водном растворе сахарозы с концентрацией 0% – 40%. Процесс растворения интенсифицировался стандартным и модернизированным аппаратом, при этом сравнивались время растворения и затраченная энергия. Результаты исследований представлены на рис. 3.

При использовании модернизированного аппарата (графики 2, рис.3) происходит увеличение скорости растворения сухого прессованного образца по сравнению со стандартным аппаратом (графики 1, рис.3) при больших концентрациях водного раствора сахарозы. Также модернизированный аппарат характеризуется меньшей энергией, затраченной на растворение образца. Модернизированный аппарат обеспечивает стабилизацию режима развитой кавитации, что приводит к максимальной эффективности УЗ воздействия и ускорению растворения образца.



а) б)

Рис. 3. Графики времени растворения сухого прессованного образца в водном растворе сахарозы концентрацией 0% – 40% (а) и затраченной энергии (б)

Заключение. Интеграция в существующее УЗ оборудование системы контроля режима кавитационного воздействия, исследование функциональных возможностей модернизированного УЗ оборудования показали целесообразность ее применения. Разработанная система контроля позволит в автоматическом режиме настраиваться и поддерживать режим развитой кавитации при реализации физико-химических процессов, протекающих в жидких средах, а так же оптимизировать УЗ воздействие по мере изменения физических свойств обрабатываемых жидких сред.

Литература. 1. Сиротюк М.Г. Акустическая кавитация / М.Г. Сиротюк. – М. : Наука, 2008. – 271 с. **2** V.N. Khmelev, R.V. Barsukov, E.V. Ilchenko, D.V. Genne, N.S. Popova. Determination of the concentrations of water solutions during their cavitation processing // 16th International Conference on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM 2015: Conference Proceedings. – Novosibirsk, NSTU, 2015. – P. 245–248. **3** V.N. Khmelev, R.V. Barsukov, D.V. Genne, E.V.Ilchenko, D.S. Abramenko, A.V.

Shalunov.Practical Investigations of the Method of Indirect Parameter Check-out of the Acoustic Load Parameters // International Conference and Seminar of Young Specialists on Micro / Nanotechnologies and Electron Devices EDM'2011: Conference Proceedings. – Novosibirsk: NSTU, 2011. – P. 241–244. **4.** В.Н. Хмелев, Р.В. Барсуков, Е.В. Ильченко, Д.В. Генне, Д.С. Абраменко Контроль параметров кавитирующих жидких сред, подвергаемых ультразвуковому воздействию // Ползуновский вестник. – 2012. – №2/1. – С. 154–159.

Реквизиты для справок. *Россия, 659305, Бийск, ул. Трофимова 27, Центр ультразвуковых технологий АлтГТУ, Барсуков Р.В., тел. (3854) 432570. E-mail: roman@bti.secna.ru.*

РАЗРАБОТКА ПОЖАРНОГО РОБОТА НА БАЗЕ КВАДРОКОПТЕРА

ШАДРИН В.А., ЛИСАКОВ С.А., ПАВЛОВ А.Н., СЫПИН Е.В.

Введение. Новые подходы в технологии пожаротушения, основанные на применении пожарных роботов, воплотивших в себе последние достижения науки и техники, значительно расширили технические возможности автоматических установок пожаротушения [1]. В последнее десятилетие значительно возрос интерес к использованию компактных беспилотных летательных аппаратов для контроля возникновения пожаров, по результатам фото и видеосъемки охраняемых объектов [2, 3, 4].

Использование малогабаритных летающих пожарных роботов благодаря высокой маневренности на низких скоростях и меньшей ограниченности в передвижении позволит повысить эффективность контроля возникновения пожара внутри помещения сложной конфигурации.

В связи с вышеизложенным была сформулирована цель – разработать принципиальные решения по построению пожарного робота на базе квадрокоптера, который может выполнять патрулирование помещения с целью обнаружения очага возгорания и его последующей ликвидации.

Формулирование требований к пожарному роботу. Исходя из особенностей использования пожарных роботов внутри помещений, анализа литературы [1–4] и нормативных документов (ГОСТ Р 53325-2012, ГОСТ Р 53326-2009), сформулированы следующие требования к пожарному роботу:

– длительность полета – не менее 20 минут;

– полезный переносимый вес – не менее 500 г;

– габаритные размеры – не более 75×75×30 см;

– возможность патрулирования охраняемого помещения по заданной траектории, с учетом конфигурации помещения;

– время обнаружения очага возгорания по видеоизображению – не более 30 с;

– расстояние обнаружения тестовых очагов пожара – не менее 5 м;

– устойчивость к воздействию помех (оптических помех, помех от движущихся объектов);

– погрешность определения координат очага возгорания не более 0,5 м;

– возможность ликвидации пожара путем сброса самосрабатывающего устройства пожаротушения. Время доставки и сброса устройства пожаротушения от момента обнаружения возгорания не должно превышать 1 мин;

– возможность передачи тревожного сигнала на пульт пожарной охраны и стационарную систему пожаротушения.

Структурная схема и принцип работы. В соответствии со сформулированными требованиями была разработана структурная схема пожарного робота на базе квадрокоптера (Рис. 1).

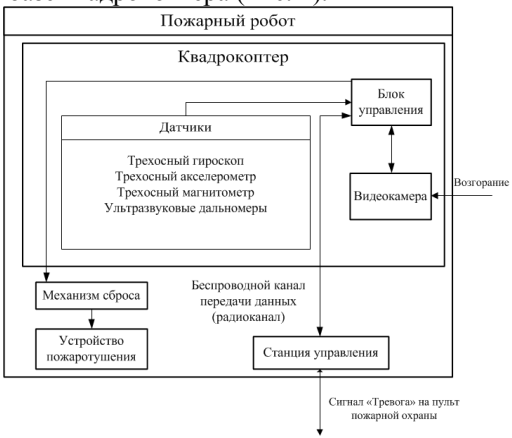


Рис. 1. Структурная схема пожарного робота на базе квадрокоптера

Пожарный робот состоит из станции управления, квадрокоптера, механизма сброса и устройства пожаротушения. Квадрокоптер включает в себя блок управления, датчики и видеокамеру.

Станция управления (персональный компьютер) позволяет организовать патрулирование пожарным роботом охраняемого помещения по заданной траектории. Для этого с помощью программного обеспечения станция управления по беспроводному каналу передачи данных отправляет данные о маршруте полета квадрокоптера по охраняемому помещению на блок управления. Данные о маршруте включают точки в пространстве, направление движения по точкам, скорость движения, места взлета и посадки. Пример маршрута движения квадрокоптера по охраняемому складскому помещению приведен на Рис. 2.

Блок управления квадрокоптером принимает данные о маршруте, и согласно этим данным выполняет управление полетом квадрокоптера. Положение квадрокоптера в пространстве с учетом маршрута определяется блоком управления по показаниям измерительных датчиков. К датчикам относятся:

– трехосный гироскоп, позволяющий стабилизировать полет квадрокоптера внутри охраняемого помещения;

– трехосный акселерометр, предназначенный для определения положения квадрокоптера в пространстве (наклон квадрокоптера), а также для оценки пройденной дистанции по величине линейных ускорений;

– трехосный магнитометр, позволяющий определить курсовое направление полета квадрокоптера;

– ультразвуковые дальномеры, предназначенные для определения пространственного расположения квадрокоптера по данным о расстояниях до окружающих поверхностей (стены, пол, стеллажи и т.п.).

Обнаружение очага возгорания при патрулировании выполняется по данным видеоизображения с видеокамеры, которые захватываются блоком управления и передаются через беспроводной канал на станцию управления. Программная обработка изображения требует значительных вычислительных ресурсов, поэтому блок управления не способен самостоятельно выполнить эту задачу без помощи станции управления.

С помощью программной обработки видеоизображения принимается решение о наличии возгорания и определяется его пространственное расположение. Далее передается тревожный сигнал на пульт пожарной охраны и выполняется программа пожаротушения.

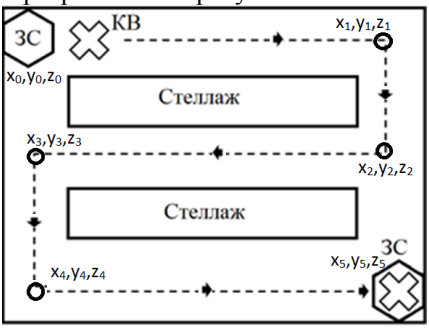


Рис. 2. Маршрут патрулирования охраняемого складского помещения (вид сверху)
КВ – квадрокоптер; ЗС – зарядная станция; x,y,z – координаты точек на маршруте

При выполнении программы пожаротушения маршрут движения квадрокоптера определяется расположением возгорания. Квадрокоптер движется в сторону возгорания, зависает над очагом и выполняет сброс устройства пожаротушения посредством механизма сброса. После выполнения сброса по видеоизображению определяется, ликвидирован ли пожар. В случае если пожар не ликвидирован, может быть выполнена активация стационарной системы пожаротушения.

После патрулирования квадрокоптер выполняет посадку на беспроводную зарядную станцию. Зарядные станции располагаются вначале и в конце траектории.

Выбор блоков для построения пожарного робота. Поскольку проектирование квадрокоптера с нуля является достаточно трудоемкой задачей, было принято решение построить экспериментальный образец по-

жарного робота на базе одного из существующих программируемых квадрокоптеров.

В результате анализа был выбран квадрокоптер французской фирмы Parrot Ar.Drone 2.0 [5], который относится к классу миниатюрных летательных аппаратов и построен по классической четырехвинтовой схеме. Выбор этого устройства в качестве основы для построения пожарного робота обусловлен его низкой ценой, приемлемыми техническими характеристиками, а также полноценной программной поддержкой со стороны производителя.

В качестве устройства пожаротушения могут быть использованы самосрабатывающие устройства пожаротушения, такие как «Шар-1» [6] или «Пожарная граната» (Fire Fighter Throwing) [7]. «Пожарная граната» (Fire Fighter Throwing) благодаря малому весу может быть применима в качестве устройства пожаротушения, сбрасываемого пожарным роботом.

Аппаратные средства реализации системы управления движением пожарного робота по заданной траектории. Для контроля движения квадрокоптера по заданной траектории наиболее часто используются следующие аппаратные средства:

– инерционные датчики;

– системы технического зрения (оптическая одометрия);

– устройства для генерирования траектории на основе данных навигационных и локационных систем ГЛОНАСС или GPS;

– ультразвуковые дальномеры (сонары) [8].

При построении пожарного робота предполагается организовать управление его движением на основе обработки данных инерционных датчиков и ультразвуковых дальномеров. Этот принцип управления поддерживается программным обеспечением Ar.Drone 2.0. В случае если точность измерения пространственного расположения квадрокоптера будет низкой, возможно применение оптической одометрии.

Средства разработки программного обеспечения робота. В настоящее время существуют различные программные интерфейсы, позволяющие обращаться и управлять квадрокоптером Ar.Drone. Все эти программы предоставляют комплект разработчика программного обеспечения (SDK) для содействия при подключении к квадрокоптеру от любой операционной системы через беспроводной или USB интерфейс [8].

Ядро SDK отвечает за следующие задачи:

– настройка каналов передачи данных и связи с квадрокоптером;

– прием и декодирование видеокадров;

– прием и декодирование навигационных данных;

– кодирование и отправка команд управления.

Алгоритм обработки видеосигнала для обнаружения возгорания. В системах пожарной сигнализации в последние годы разработаны новые методы и на их основе алгоритмы обработки видеосигнала, которые мо-

гут быть использованы для обнаружения пожара по различным сопутствующим факторам.

Для построения пожарного робота был выбран метод, основанный на обнаружении пламени по оценке статической и динамической составляющих отдельных элементов изображения. Данный метод обнаружения пламени наиболее универсален и позволяет наиболее эффективно определять наличие пламени на анализируемом видеоизображении и пренебрегать различными световыми возмущениями, что сводит к минимуму возможность ложных срабатываний робота. К недостатку метода относится сложность идентификации пламени, которое находится на значительном удалении от камеры. Однако указанный недостаток сводится к минимуму, т.к. пожарный робот при осуществлении патрулирования обеспечивает нахождение охраняемой области на заданном расстоянии.

Выводы и заключение. При реализации системы управления квадрокоптером предполагается организовать управление на основе обработки данных инерционных датчиков и ультразвуковых дальномеров. Для обнаружения пожара наиболее приемлемым является метод, основанный на обнаружении пламени по оценке статической и динамической составляющих отдельных элементов изображения.

Дальнейшая работа направлена на окончательное проектирование пожарного робота и создание действующего экспериментального образца.

Работа выполнена при поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (программа «УМНИК», контракт № 8495ГУ/2015).

Литература. 1. Мост безопасности. Пожарные роботы в современных технологиях автоматического пожаротушения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.securitybridge.com/biblioteka/stati_po_bezopasnosti/pozharnye_roboty_v_sovremennyh_tehnologiyah_avtomaticheskogo_pozharotusheniya **2.** Mellinger D., Kumar V. Minimum Snap Trajectory Generation and Control for Quadrotors // Proc. of the IEEE Intern. Conference on Robotics and Automation. Shanghai, China, May 9-13, 2011. P. 2520-2525. **3.** Hoffmann G.M., Haomiao Huang, Wasland S.L., Tomlin E.C.J. Quadrotor helicopter flight dynamics and control: Theory and experiment // Proc. of the AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference. Hilton Head, South Carolina, 2007. **4.** Cutler M., Ure N.K., Michini B., How J.P. Comparison of Fixed and Variable Pitch Actuators for Agile Quadrotors // Proc. of the AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference. Portland, OR, August, 2011. **5.** Bristeau P.J., Callou F., Vissiere D., Petit N. The Navigation and Control Technology Inside the AR.Drone Micro UAV // 18th IFAC World Congress. Milano, Italy, 2011. P. 1477-1484. **6.** Альтаир01. Пожарное оборудование, средства индивидуальной защиты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.altair01.ru/shop/UID_290.html. **7.** Пожарный профи сервис. Пожарная граната FFT. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

http://www.pozh-profi.ru/e-store/obyemnogo_tushe-niya/31280/ **8.** Сайфеддин Д. Мехатронная система управления полетом квадрокоптера и планирование траектории методами оптической одометрии. / Булгаков А.Г., Сайфеддин Д. // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Новочеркасск: 2014. – 186 с.

Реквизиты для справок. *Россия, 659305, Бийск, ул.Трофимова, 27, Бийский технологический институт АлтГТУ (БТИ АлтГТУ), кафедра методов средств измерений и автоматизации, инженер Шадрин В.А., тел. (3854) 432450. slava_368@mail.ru, инженер Лисаков С.А., тел. (3854) 432450. foxlsa@mail.ru, канд. техн. наук доцент кафедры Павлов А.Н. pan@bti.secna.ru; канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры Сыпин Е.В. sev@bti.secna.ru.*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ДИСКОВЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ ПРИ РАБОТЕ В ГАЗОВЫХ СРЕДАХ

ХМЕЛЕВ В.Н., ШАЛУНОВ А.В., ДОРОВСКИХ Р.С.,
НЕСТЕРОВ В.А., ГОЛЫХ Р.Н.

Ультразвуковое (УЗ) воздействие на газовые и газодисперсные среды обеспечивает ускорение различных химико-технологических процессов (коагуляция аэрозолей, сушка, пеногашение и т.п.) [1]. Такое воздействие осуществляется наиболее эффективно с помощью пьезоэлектрических ультразвуковых колебательных систем (УЗКС) с дисковыми излучателями, совершающими изгибные колебания на частоте более 20 кГц и обеспечивающие уровень звукового давления в среде более 140 дБ [1]. Поскольку скорость реализации химико-технологических процессов в УЗ поле определяется количеством вводимой энергии и уровнем формируемого звукового давления, то возникает необходимость определения величины акустической энергии, вводимой в газовую среду. Применение известных методик [2] контроля уровня звукового давления шумомерами не позволяет определять суммарный выход энергии от излучателя ввиду сложного характера распределения амплитуд колебаний излучателя. Поэтому данные об эффективности УЗ дисковых излучателей практически отсутствуют и не подтверждены результатами экспериментальных исследований.

Цель работы создание методики определения эффективности УЗ дисковых излучателей и проведение практических исследований для определения величины акустической мощности и коэффициента полезного действия (КПД) различных по размерам излучателей.

Методика определения акустической мощности. Акустическая мощность, вводимая в газовую среду – разность между полной потребляемой мощностью УЗ аппарата и внутренними потерями в узлах электронного генератора и УЗКС:

$$P_{AK} = P - P_H,$$

а КПД УЗ аппарата определяется как

$$\eta = \frac{P_{AK}}{P} \cdot 100\% = \frac{P - P_H}{P} \cdot 100\%.$$

Внутренние потери УЗ аппарата невозможно определить прямыми методами из-за сложности конструкции и большого количества узлов, рассеивающих часть энергии в виде тепла. Поэтому была использована косвенная методика определения акустической мощности, которая состоит в следующем:

1) При отсутствии акустической нагрузки (излучатель находится в вакууме и вывода энергии нет), создаваемой газовой средой, $P = P_H$. Поскольку на практике создание абсолютного вакуума невозможно, были проведены измерения полной потребляемой мощности УЗ аппарата $P_1 ... P_n$ при статических давлениях в газовой среде $p_1, ... p_n$.

2) Аппроксимация полученной экспериментальной зависимости $P_k(p_k)$ на нулевое давление (вакуум). При этом было принято допущение, что амплитуда, относительный фазовый сдвиг колебаний участков поверхности дискового излучателя, а также мощность потерь постоянны и не зависят от условий в озвучиваемой газовой среде. При выборе функции аппроксимации был проанализирован характер зависимости акустической мощности от давления с использованием уравнения [3]:

$$P_{AK} = \frac{dW}{dt} = \int_S \langle p(\mathbf{r},t) v_n(\mathbf{r},t) \rangle \partial S = \int_S Re\left[\frac{P_{pr}(\mathbf{r}) U^*(\mathbf{r})}{2}\right] \partial S = 2\pi i f \int_S Re\left[\frac{P_{pr}(\mathbf{r}) A^*(\mathbf{r})}{2}\right] \partial S,$$

где dW – акустическая энергия, излучаемая в объём газовой среды за время dt (с), Дж; S – поверхность излучателя, м^2; $\langle p(\mathbf{r},t) v_n(\mathbf{r},t) \rangle \partial S$ – работа, совершаемая малым участком поверхности излучателя площадью ∂S в единицу времени, Дж/с; $\mathbf{r}$ – вектор координат точки поверхности излучателя, м; p – мгновенное значение звукового давления, Па; v_n – мгновенное значение колебательной скорости поверхности излучателя, м/с; $P_{pr}(\mathbf{r})$ – распределение комплексных амплитуд звукового давления вблизи излучающей поверхности, Па; $A(\mathbf{r})$ – распределение комплексных амплитуд смещений излучающей поверхности, м; f – частота колебаний, Гц; * – знак комплексного сопряжения.

Было установлено, что акустическая мощность зависит от статического давления p линейно $P_{AK} = Kp$, где K – коэффициент пропорциональности, Вт/Па.

Описание измерительного стенда. Для проведения измерений потребляемой мощности при различных давлениях газа разработан стенд (рис. 1). Озвучивание газа проводилось в герметичной камере с установленным УЗ излучателем. Вакуумный насос и компрессор предназначены для создания пониженного и повышенного давления в камере. Мощность, потребляемая электронным генератором, определялась с помощью измерителя мощности РМ-15. Для контроля амплитуды звукового давления внутри камеры использовался дисковый пьезоэлемент, установленный в ближней зоне излучателя с наибольшим уровнем звукового давления. Напряжение на датчике измерялось милливольтметром В3-56.

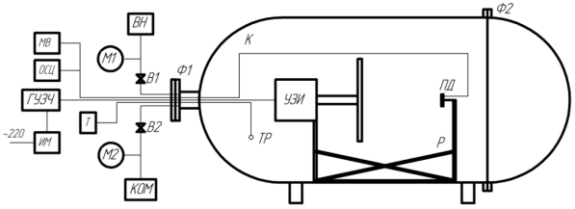


Рис. 1. Схема экспериментального стенда
ВН – вакуумный насос; М1 – вакуумный манометр; МВ – милливольтметр; ОСЦ – осциллограф; ГУЗЧ – генератор ультразвуковой частоты; ИМ – измеритель мощности; Т – электронный термометр; М2 – манометр; КОМ – компрессор; В1, В2 – вентили; Ф1, Ф2 – фланцы; К – камера; ТР – терморезистор; УЗИ – ультразвуковой излучатель; ПД – пьезоэлектрический датчик; Р – рама

Полученные результаты. Были проведены исследования параметров трех различных дисковых излучателей с диаметрами 320 мм, 370 мм и 420 мм. На рис. 2 приведены результаты измерений, выполненных по предложенной методике.

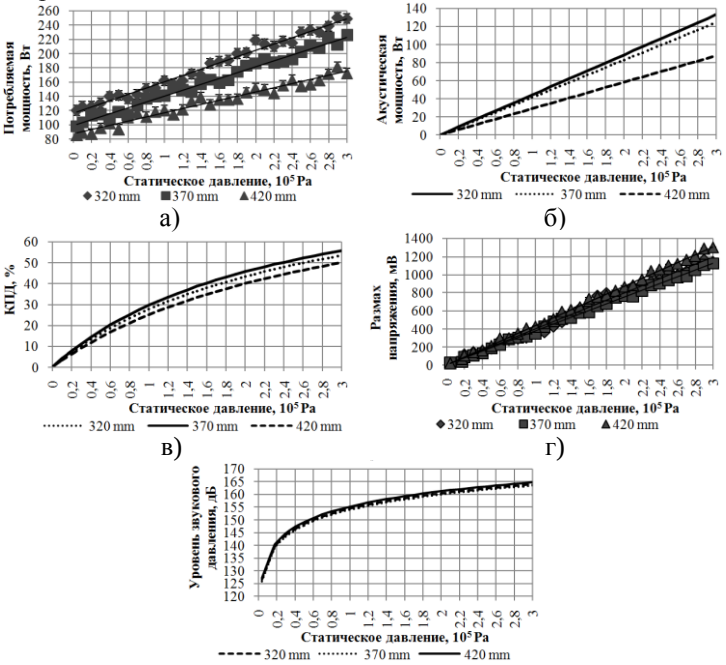


Рис. 2. Зависимости характеристик исследуемых излучателей от статического давления

Из полученных данных следует, что КПД (при атмосферном давлении) у всех излучателей находится в диапазоне 25…30%. При повышении давления в камере до $3 \cdot 10^5$ Па значение КПД увеличивается до 50…56%. Это связано с увеличением акустической мощности из-за возрастания плотности газа при повышении давления. Все это говорит о целесообразности реализации технологических процессов, интенсифицируемых УЗ колебаниями, при возвышенном давлении.

Все УЗ излучатели формируют приблизительно равный уровень звукового давления. Однако рассчитанная акустическая мощность, излучаемая в газовую среду, для излучателя диаметром 420 мм существенно меньше, чем для излучателей диаметром 320 мм и 370 мм, что обуславливает его меньшую эффективность, несмотря на равный уровень звукового давления. Это подтверждает невозможность оценки эффективности и выходной мощности УЗ дисковых излучателей путем измерения уровня формируемого звукового давления.

Выводы. Разработанная методика и созданный экспериментальный стенд обеспечивают возможность измерения реальных значений акустической мощности (эффективности), выводимой излучателями в газовые среды. Знание величины акустической мощности позволит оптимизировать конструкции излучателей, технологических объемов и условий вывода УЗ колебаний в газовые среды. Исследование выполнено при финансовой поддержке Гранта Президента РФ № МД-4753.2016.8.

Литература. 1. Хмелев, В.Н. Ультразвук. Аппараты и технологии: монография / В.Н. Хмелев, А.В. Шалунов, С.С. Хмелев, С.Н. Цыганок; Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2015. – 687 с. **2.** Красильников В.А. Введение в физическую акустику [Текст] / В.А. Красильников, В.В. Крылов. – М.: Наука, 1984. – 403 с. **3.** E.C. Petersen. Application notes. An Overview of Standards for Sound Power Determination – Brüel & Kjær, 1995. – p. 11.

Реквизиты для справок: *Россия, 659328, Бийск, ул. Трофимова 27, ООО «Центр ультразвуковых технологий АлтГТУ»; д.т.н., директор по науке, профессор Хмелев В.Н., vnh@bti.secna.ru, (3854)432581; д.т.н., зам. директора по науке, доцент Шалунов А.В, shalunov@bti.secna.ru, (3854)432570; инженер-программист Доровских Р.С., dorovskih_roman@mail.ru, (3854)432570; к.т.н., главный конструктор Нестеров В.А., nva@bti.secna.ru, (3854)432570; к.т.н., инженер-программист Голых Р.Н., grn@bti.secna.ru, (3854)432570.*

МОДЕРНИЗИРОВАННЫЙ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИЕМНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

ХМЕЛЕВ В.Н., ЦЫГАНОК С.Н., ШУМКОВА Д.Е., СКАБЕЛИН И.А.

Амплитуда механических колебаний излучающей поверхности является одним из важнейших параметров ультразвуковой колебательной системы наряду с рабочей частотой. Связано это с тем, что большинство реализуемых при помощи ультразвука технологических процессов (осно-

ванных, например, на диспергировании или эмульгировании) могут протекать только при возникновении кавитации (определенное значение амплитуды) и реализуются с максимальной эффективностью при определенной амплитуде механических колебаний ультразвуковых излучателей.

Необходимость контроля амплитуды при создании ультразвуковых излучателей и реализации процессов требует непрерывного совершенствования методов и средств измерения амплитуды колебаний излучающей поверхности ультразвуковой колебательной системы.

Для измерения амплитуды излучающих поверхностей ультразвуковых колебательных систем, предназначенных для воздействия на дисперсные системы с жидкой фазой, применяются контактные методы с применением приемных пьезопреобразователей.

Модернизация пьезоэлектрического приемного преобразователя. В работе [1] был рассмотрен пьезоэлектрический приемный преобразователь (ППП), обеспечивающий контроль амплитуды колебаний в контактном режиме. Недостатком вышеуказанного устройства являлось ограничение по амплитуде контролируемых механических колебаний – не более 10-15 мкм. Недостаток был обусловлен тем, что при многократных измерениях амплитуд, близких к максимально допустимым, происходило механическое разрушение ППП.

В работе [2] было предложено и рассмотрено устройство с регулируемым коэффициентом демпфирования, реализующее также контактный способ измерений. Кроме конструктивной сложности устройства повышение допустимой для контроля амплитуды измеряемых механических колебаний было не значительным – не более 30 мкм.

В связи с этим возникла необходимость улучшения существующих устройств для обеспечения контроля амплитуд, значения которых превышают 30 мкм. Предложенная конструкция модернизированного ППП, устраняющего вышеуказанный недостаток, схематично представлена на рис.1.

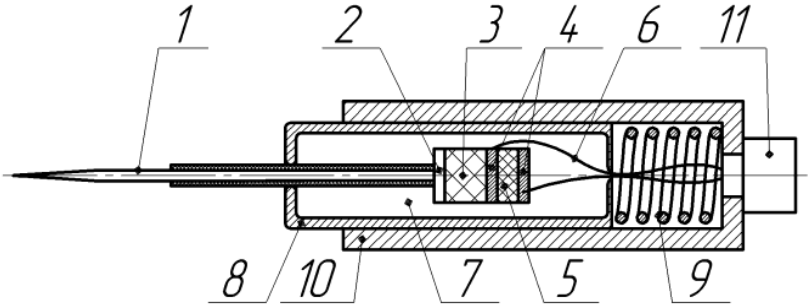


Рис. 1. Конструкция модернизированного устройства

Принцип работы заключается в следующем. Металлический стержень (поз.1) в виде иглы, припаянный к металлической пластине (поз.2), каса-

ется в точке излучающей поверхности рабочего инструмента ультразвуковой колебательной системы. Воспринимаемые механические колебания передаются на полиуретановый эластомер (поз.3), где происходит их затухание и частичное ослабление. Далее передаваемые колебания возбуждают колебания элемента (поз.5), представляющего собой диск из пьезоэлектрического материала, на электродах (поз.4) которого возникает электрическое напряжение, пропорциональное амплитуде механических колебаний излучающей поверхности рабочего инструмента ультразвуковой колебательной системы. Демпфер (поз.7), заполняющий пространство внутреннего корпуса (поз.8), способствует затуханию возникающих паразитных колебаний. Для увеличения значений контролируемых амплитуд колебаний между внутренним корпусом (поз.8) и внешним (поз.10) находится дополнительный демпфирующий элемент – пружина (поз.9). Разъем (поз.11) предназначен для подключения ППП к измерительному прибору с целью измерения параметров напряжения на электродах диска (поз.5) – амплитуды и частоты.

В приведенном устройстве используется полиуретановый эластомер толщиной 8 мм и дисковый пьезоэлектрический элемент диаметром 7 мм и толщиной 1 мм из материала ЦТС-19. Демпфер изготавливается из эпоксидной смолы ЭД-20 с отвердителем полиэтиленополиамин.

Определение метрологических характеристик. Амплитудно-частотная характеристика модернизированного ППП показана на рис. 2.

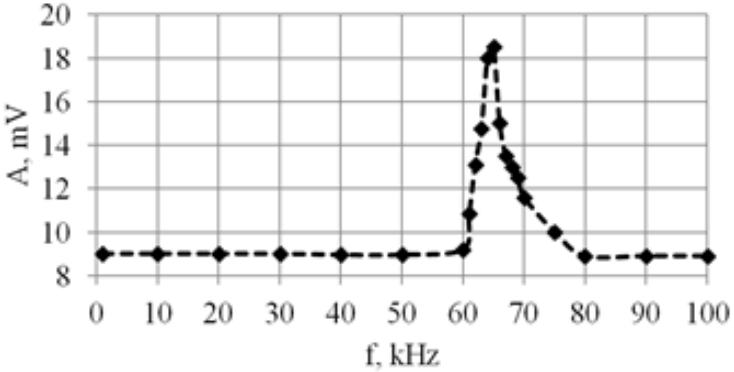


Рис. 2. График АЧХ модернизированного устройства

Анализ графика показывает, что имеющийся максимум на частоте 65 кГц, обуславливается резонансными свойствами всей конструкции устройства. Таким образом, ППП может применяться для измерения амплитуды колебаний до 60 кГц.

Для определения функции преобразования – зависимости выходного напряжения ППП от измеряемой амплитуды колебаний излучающей поверхности необходимо был разработан измерительный стенд, показанный на рис. 3.

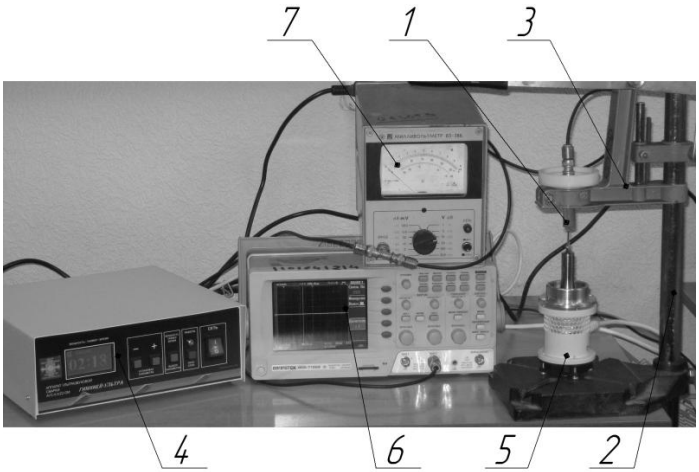


Рис.3. Измерительный стенд
1 – пьезоэлектрический приемный преобразователь;
2 – штатив; 3 – груз; 4 – электронный генератор;
5 – ультразвуковая колебательная система; 6 – осциллограф;
7 – милливольтметр

Аппарат ультразвуковой сварки «ГИМИНЕЙ-УЛЬТРА» модель АУС-04,/22-ОМ совершал колебания с частотой 22 кГц и амплитудой до 65 мкм. Амплитуда его колебаний измерялась при помощи стробоскопического метода [3].

В процессе измерения анализировалась форма выходного сигнала. Находилось среднее значение выходного сигнала с ППП в вольтах. В итоге определялось соответствия между амплитудой колебаний излучающей поверхности и выходным напряжением с ППП. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты измерения

$U_{вых}$, мВ	Амплитуда, мкм	Коэффициент, мкм/В
1,7	35	20,6
1,95	40	20,5
2,15	43	20
2,35	45	19,2
2,55	48	18,9
2,6	52	20

Заключение. В результате проведенной работы был модернизирован контактный пьезоэлектрический приемный преобразователь, предназначенный для контроля амплитуды колебаний излучающий поверхностей колебательных систем.

Модернизация обеспечила возможность контроля амплитуд до величин в 50 мкм за счет введения дополнительного конструктивных элементов – пружины и внешнего корпуса.

Проведенные исследования предложенного приемного преобразователя позволили произвести калибровку созданного пьезоэлектрического приемного преобразователя путем сравнения со стробоскопическим методом и установить линейность АЧХ в требуемом диапазоне частот: от 1 до 60 кГц.

Литература. 1. Хмелев В.Н., Левин С.В., Цыганок С.Н., Титов Г.А., Шипилова Е.Ю., Абраменко Д.С. Пьезоэлектрический приемный преобразователь для измерения амплитуды колебаний ультразвуковой колебательной системы Южно-сибирский научный вестник –2013. – № 2 (4). – Р. 64- 68. **2.** Патент №149707 Российская Федерация, МПК G01/H1/00. Устройство контроля амплитуды механических колебаний / Khmelev V.N., Levin S.V., Tsyganok S.N., Khmelev S.S., Sakura V.A. – 1 p. **3.** Khmelev V.N., Abramenko D.S., Leonov G.V., Savin I.I. **Automation of the Amplitude Measurement Process of Ultrasonic Oscillatory Systems Irradiating Surface //** International Siberian Workshop and Tutorials on Electron Devices and Materials Proceeding EDM'2005: Workshop Proceedings. – Novosibirsk: NSTU, 2005. – P. 64-67.

Реквизиты для справок. *Россия, 659305, Бийск, ул. Трофимова 27, Центр ультразвуковых технологий АлтГТУ, Цыганок С.Н., тел. (3854) 432570. E-mail: grey@bti.secna.ru*

МОНИТОРИНГ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД НА ГОРНОМ ВОДОСБОРЕ

ЗУЕВ В.В., КУРАКОВ С.А., СУТОРИХИН И.А., СИНЕЛЬНИКОВ А.А.

Таяние снега весьма сложный процесс. Снежный покров прогревается не только солнечными лучами, но и теплом, приносимым воздушными массами и выпадающими дождями. Интенсивность снеготаяния сильно зависит от условий погоды. В свою очередь, от интенсивности таяния зависят такие природные явления, как весеннее половодье, количество воды, просачивающейся в почву. Прохождение весеннего половодья на реках довольно часто сопровождается развитием опасных гидрологических явлений, которые в отдельные годы наносят значительный ущерб. Современный уровень изучения водных объектов предполагает проведение регулярных систематических измерений как гидрофизических величин, характеризующих состояние водных объектов, так и метеорологических параметров, приводящих к изменению этих состояний [1]. Поэтому прогнозирование этих явлений имеет большое практическое значение и требует выполнения работ по созданию технических систем, обеспечивающих сбор и передачу гидрометеорологической информации о состоянии бассейна реки [2].

Описание объектов и методов регистрации. На севере Республики Алтай протекает река Майма, она является правым притоком Катуни. Река берёт своё начало на хребте Иолго и имеет длину около 54 км. В северо-западном направлении она проходит через сёла Урлу-Аспак, Кызыл-Озек, Майма, а также через г. Горно-Алтайск. В июле 2015 г. сотрудниками ИМКЭС СО РАН и ИВЭП СО РАН в бассейне реки были установлены три автономных измерительных комплекса. Для примера на рисунке 1 приведена фотография измерительного комплекса в с. Кызыл-Озек (стационар ИВЭП СО РАН).

Комплексы оснащены датчиками для измерения количества жидких осадков, температуры и влажности воздуха, температуры воды, атмосферного давления, высоты снежного покрова, скорости и направления ветра, температуры и влажности почвы. Показания с датчиков снимаются каждые 15 минут и сохраняются в памяти контроллера, которым оснащен каждый из комплексов. Каждые 3 часа по радиоканалу данные отправляются на сервер в Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН. С помощью специального программного обеспечения, разработанного сотрудниками ИМКЭС СО РАН, через интернет пользователи получают данные в формате dtf, которые можно преобразовать для работы в Excel.

Рис. 1. Автономный измерительный комплекс в с. Кызыл-Озек

Результаты.

По данным, полученным с автономных измерительных комплексов, в период активного таяния снега с 08.03.2016 по 02.04.2016 был проведен сравнительный анализ некоторых гидрологических параметров. Повышение температуры воздуха начиная с 14.03.2016 сопровождалось значительным уменьшением высоты снежного покрова. Существенный прогрев поверхностного слоя почвы был отмечен после полного схода снежного покрова. Нулевой уровень снега в селах Кызыл-Озек и Майма был зафиксирован на 30.03.2016 и в Урлу-Аспаке на 01.04.2016. Переход температуры поверхностного слоя почвы через ноль пришелся на 27.03.2016 в Кызыл-Озек и на 01.04.2016 в Урлу-Аспак. В зимний период промерзание почвы отмечалось до 20-25 см, однако после схода снега и установления положительной температуры воздуха, все нижние слои почвы прогрелись в течение 8 – 10 дней. Так же отметим значительное увеличение уровня воды в р. Майма в с. Кызыл-Озек. После схода снега с 30.03.2016 по 15.04.2016 уровень воды поднялся с 500 мм до 900 мм.

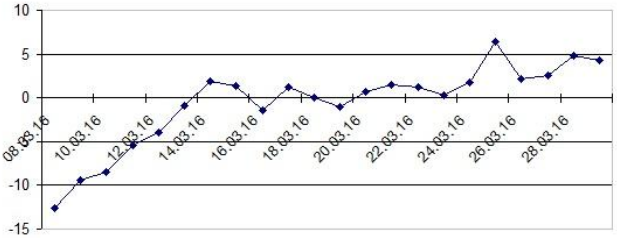


Рис. 2. Динамика температуры воздуха на примере с. Майма в °С с 08.03.16 по 03.04.16

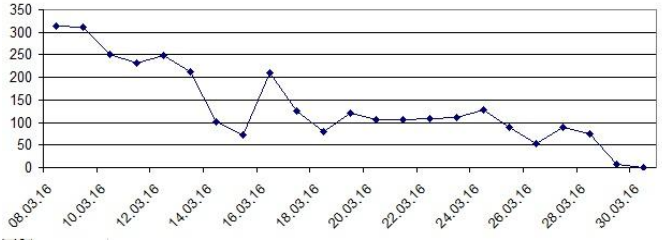


Рис. 3. Изменение высоты снежного покрова на примере с. Майма в мм с 08.03.16 по 03.04.16

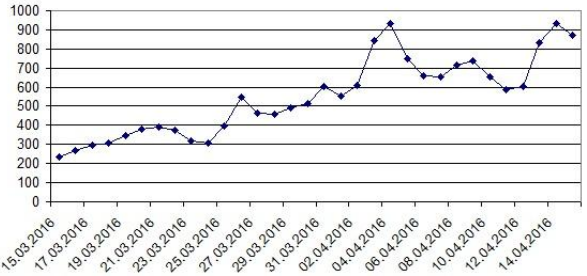


Рис. 4. Изменение уровня воды на примере с. Майма в мм с 15.03.2016 по 15.04.2016

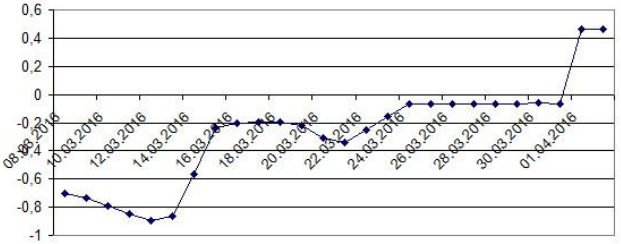


Рис. 5. Изменение температуры поверхностного слоя почвы на примере с. Урлу-Аспак в °С с 08.03.16 по 03.04.16

Вывод. Из проделанного анализа можно сделать вывод, что данные с автономных измерительных комплексов достаточно точно отображают изменение гидрологических параметров в бассейне реки Майма и могут служить надежной информационной базой для прогноза паводков и половодий, а также оценки стока на горных водосборах.

Из-за большого потока и объема информации встает задача создания базы данных которые обеспечат удобное обращение и работу с ними. База должна содержать в себе информацию о всех датчиках, своевременно пополняться показаниями с комплексов.

Литература. 1. Калюжный И.Л., Лавров С.А. Гидро- физические процессы на водосборе: Экспериментальные исслдования и моделирование: монография. – СПБ.:Нестор-История, 2012. – 616 с. **2.** Е.А. Коробкина, Т. В. Жердева Актуальная проблема гидрологии // Наука в Сибири. – 2011. – № 41. – 12 с.

Реквизиты для справок. *Россия, 656038, Барнаул, ул. Молодёжная 1, Институт водных и экологических проблем СО РАН, аспиранту* ***Синельникову А.А.****, E-mail: Hasslhoph@yandex.ru*

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕРВАЛЬНОГО КРИТЕРИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСТАНОВИВШЕГОСЯ ЗНАЧЕНИЯ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА В ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ЦЕПИ

САПЕЛКИН И.В., СМАГИН А.В., ХОДЫРЕВА В.С.

Динамическое измерение (ДИ) постоянной физической величины (ФВ) путём подачи в момент времени $T_0 = 0$ на инерционную измерительную цепь (ИЦ) ступенчатого входного воздействия (скачка) ФВ, сигнала или энергии, предполагает наличие определённого критерия для определения момента T_Y завершения переходного процесса (ПП) и времени установления показаний (выходного сигнала – для измерительного преобразователя). Измерительную информацию в данном случае несёт установившееся значение ПП.

Определение длительности переходного процесса, т.е. наступления установившегося значения, является актуальной задачей для многих отраслей техники.

Модель измерительной цепи. Для повышения точности и быстродействия средств измерения большое значение имеет постулат о модели объекта измерения. В практике ДИ важную роль имеет модель объекта измерения в виде переходной характеристики представленной суммой экспонент [1]. Доминирующее значение среди этой суммы имеет составляющая, определяемая поведением динамического звена первого порядка с наибольшей постоянной времени.

Установившееся значение A_∞ сигнала ПП в измерительной задаче априорно неизвестно и определяется в измерительном эксперименте. Сле-

довательно, определить текущую динамическую погрешность $\Delta_{ДИН}(t) = A(t) - A_\infty$ нет возможности и её можно рассчитать только апостериорно.

Интервальные критерии определения момента завершения переходного процесса. В стандарте ГОСТ 3484.1-88 [2] рассмотрен критерий окончания переходного процесса при отсутствии априорной информации о постоянной времени обмотки трансформатора и установившемся значении рабочего тока в измерительной цепи: *«Установившимся показанием прибора следует считать показание, которое изменяется не более чем на 1 % отсчитанного значения в течение не менее 30 с».* Постоянная времени обмотки силового трансформатора (СТ) изменяется в интервале [10…500] секунд в зависимости от номинальной мощности СТ (от 10 до 100000 кВА) [3].

Ориентировочные значения тепловых постоянных времени нагрева СТ с естественным масляным охлаждением (при номинальной мощности трансформатора в пределах от 0,001 до 6,3 МВА) принимаются равными от 0,5 до 5 часов [4].

Сухие силовые трансформаторы имеют большие тепловые постоянные времени - до 10 часов. Согласно [5] для трансформаторов данного типа установившееся значение температуры считается достигнутым, если изменение температуры составляет менее 2K в час или 2% в час. Измерительные трансформаторы обладают постоянными времени от 0,5 до 50 часов. Во время испытания на нагрев температура достигает установившегося значения, если она изменятся менее 1K в час [5].

Момент установления переходного процесса $T_{ПП.ИН}$, определяемый по интервальному критерию, можно приписать как началу $t_н$, так и концу $t_к$ интервала наблюдения $\Delta T_Н$. Относительные приращения сигнала ПП за время равное $\Delta T_Н$ можно определить для обоих концов j-го интервала наблюдения следующим образом:

$$\rho_{jн} = 100[a_j(t_к) - a_j(t_н)]/a_j(t_н)$$
$$\rho_{jк} = 100[a_j(t_к) - a_j(t_н)]/a_j(t_к), \qquad (1)$$

причём имеем: $\rho_{jк} = \rho_{jн}/\nu_j$, $\nu_j = a_j(t_к)/a_j(t_н) > 1$. Установившееся значение ПП наступает при выполнении критерия $B_{\%} \geq \rho_{jк}$ на интервале с номером j в момент времени $T_{ПП.ИН.К}$:

$$T_{ПП.ИН.К} = \min\{ \arg [B_{\%} \geq \rho_{jк}] \}. \qquad (2)$$

<u>Трактовка</u> интервального критерия. Достигнутая на конце интервала наблюдения погрешность $\delta_к(\tau,j)$ для анализируемого диапазона изменения τ представлена в таблице 1 и с погрешностью не более ±1% аппроксимируется линейной зависимостью:

$$\delta_к^*(\tau,j) = 0{,}0299\tau - 0{,}328, \%, \text{ при } \tau \geq 25с. \qquad (3)$$

Таблица 1. Погрешность, достигнутая в конце интервала наблюдения

τ , с:	6,25	12,5	25	50	100	200
$j(\tau)$	2	3	4	8	12	19
$\delta_к(\tau, j)$, %:	0,0067	0,094	0,417	1,16	2,68	5,64
$T_{ПП.ИН.К}$, с	60	87	137	233	362	575

Ограничения в использовании интервального критерия. Таким образом, обнаружено ограничение на применение интервального критерия при постоянной времени ИЦ более некоторой критической $\tau_{КР}$. В первом приближении найти эту критическую постоянную можно из зависимости (3) приравняв $\delta_к^*(\tau,j)$ допускаемой относительной погрешности на конце интервала, т.е. $\delta_к^*(\tau_{КР},j) = 1$ %. Получаем $\tau_{КР} = 44{,}4$ с. Можно показать, что существует связь $\Delta T_Н = \lambda\tau_{КР}$ между длительностью интервала наблюдения и критическим значением максимальной постоянной времени, для которой ещё справедливо применение интервального критерия вида (2). Причём это отношение равно $\lambda = 30\text{с}/44{,}4\text{с} \approx 0{,}7$.

Выводы. Установлено, что интервальный критерий, рекомендуемый к использованию действующими стандартами, не обеспечивает определение требуемого момента во всём диапазоне возможных значений постоянной времени модели ИЦ.

Найдена связь между длительностью интервала наблюдения за переходным процессом в цепи и критическим значением постоянной времени, при превышении которого достоверность работы критерия не обеспечивается.

Литература. 1. В.И. Диденко, А.А. Москвичев. Патент РФ № 2491559. Способ определения сопротивления и индуктивности рассеяния первичной обмотки трансформатора напряжения. G 01R27/26. 27.08.2013. **2.** Трансформаторы силовые. Методы испытаний и измерений. М.: ИПК Изд-во Стандартов, 1996. **3.** А.А. Лупачев, И.В. Сапелкин, Н.А. Серов, Ю.С. Бехтин, А.В. Шостак. Технология динамического измерения постоянной физической величины. Сборник докладов. 25-th National Scientific Symposium with international participation “METROLOGY and METROLOGY ASSURANCE 2015”, September 7-11, 2015. Sozopol, Bulgaria. С. 163-174. **4.** IEC 60076-2: Power transformers: Temperature rise, February 2011. **5.** Z. Godec. Steady-State Temperature Rise Determination. Automatika, 33 (1992) 3-6, pp. 129-134.

Реквизиты для справок. *Россия, 111250, Москва, ул. Красноказарменная 14, Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт», кафедра Информационно-измерительной техники, аспирант* ***Сапелкин И.В*** *– civ9019@mail.ru, тел. +7-977-811-27-05.*

О МОДЕЛИРОВАНИИ ОПТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ИНТЕНСИВНОСТИ В ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫХ КАРТИНАХ, СОЗДАВАЕМЫХ ЛАЗЕРНЫМ ИЗМЕРИТЕЛЕМ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

МИРОШНИЧЕНКО И.П.

Введение. В настоящее время одним из актуальных и наиболее перспективных направлений для решения задач диагностики состояния материалов и изделий на различных этапах их жизненного цикла и экспериментальных исследований процессов дефектообразования в новых конструкционных материалах является разработка новых измерительных технологий и бесконтактных измерительных средств для регистрации перемещений поверхностей объектов контроля, основанных на применении методов лазерной интерферометрии. Это позволяет существенно повысить качество и информативность анализа упругих волновых полей при диагностике состояния, т.е. повысить качество и надежность машин и оборудования различного назначения.

Целью работы являлись разработка и обоснование новых методов бесконтактного измерения перемещений поверхностей объектов контроля в интересах создания новых высокоточных оптических измерительных технологий и средств для диагностики состояния конструкционных материалов и изделий на всех этапах их жизненного цикла акустическими методами неразрушающего контроля на основе современных методов лазерной интерферометрии.

Краткое описание результатов работы. Разработаны новые математические модели и программное обеспечение для моделирования оптических полей интенсивности интерференционных картин, создаваемых оптическим измерителем малых перемещений на основе двухходового лазерного интерферометра с совмещенными ветвями, с учетом особенностей оптической измерительной схемы и вида светоделителя (см., например, опубликованные в [1-6]).

Перечисленные результаты позволяют численно моделировать различные, определяемые целями конкретной измерительной задачи, оптические схемы интерференционных измерителей для бесконтактного измерения малых перемещений поверхностей объектов контроля на основе двухходового лазерного интерферометра с совмещенными ветвями, а также повысить точность результатов измерений в процессе диагностики состояния конструкционных материалов акустическими неразрушающими методами контроля до 30 % в зависимости от метода обработки информации путем учета неоднородностей распределения интенсивности оптического поля интерференционной картины.

С использованием предложенных моделей и программного обеспечения проведено численное моделирование распределений интенсивности оптических полей интерференционных картин при регистрации малых

перемещений поверхностей объектов контроля для различных вариантов оптических измерительных схем и видов светоделителей, результаты которых, например, приведены на рис. 1-2. В качестве светоделителей были рассмотрены полупрозрачное зеркало, амплитудная синусоидальная решетка, амплитудная зонная пластинка, фазовая синусоидальная решетка, фазовая зонная пластинка и амплитудная голографическая дифракционная решетка.

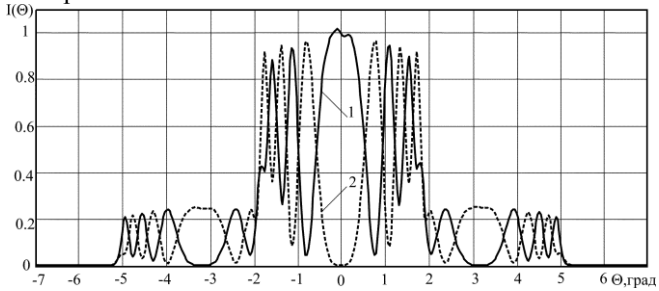


Рис. 1. Распределение интенсивности в горизонтальном сечении интерференционной картины (светоделитель – амплитудная синусоидальная решетка)

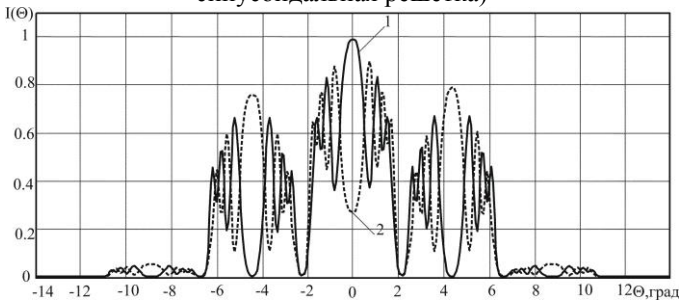


Рис. 2. Распределение интенсивности в горизонтальном сечении интерференционной картины (светоделитель – фазовая синусоидальная решетка)

Полученные результаты подтверждаются результатами экспериментальных исследований и опытной эксплуатации [7-12].

Выводы. Обработка и анализ результатов моделирования позволили разработать ряд перспективных технических и технологических решений для высокоточных бесконтактных оптических средств измерений, защищенных патентами РФ на изобретения [13-16].

Описанные результаты наиболее целесообразно использовать в процессе высокоточных измерений малых линейных и угловых перемещений поверхностей объектов контроля при исследовании волновых процессов в слоистых конструкциях, выполненных из анизотропных композиционных материалов в машиностроении, авиастроении, приборостроении и т.д.

Разработка поддержана грантами Российского фонда фундаментальных исследований №№ 13-08-00754 и 16-08-00740.

Литература. 1. Мирошниченко, И.П. Унифицированный метод измерения малых пространственных перемещений лазерными интерферометрами / И.П. Мирошниченко, А.Г. Серкин, В.П. Сизов // Известия вузов. Приборостроение.- 2007.- № 12.- С. 34-40. **2.** Мирошниченко, И.П. Унифицированный метод измерения малых линейных и угловых перемещений поверхностей объектов контроля / И.П. Мирошниченко, А.Г. Серкин // Дефектоскопия.- 2008.- № 5.- С. 23-27. **3.** Мирошниченко, И.П. Использование точечного источника излучения для расширения функциональных возможностей измерителя перемещений / И.П. Мирошниченко, А.Г. Серкин, В.П. Сизов // Оптический журнал.- 2008.- Том 75.- № 7.- С. 41-47. **4.** Мирошниченко, И.П. Электродинамический анализ лазерных интерферометров / И.П. Мирошниченко, А.Г. Серкин, В.П. Сизов // Общие вопросы радиоэлектроники. Научно-технический сборник.- Ростов-на-Дону: РНИИРС.- 2009.- С. 155-161. **5.** Мирошниченко, И.П. Перспективные оптические средства измерения малых перемещений для систем диагностики технического состояния материалов и изделий / И.П. Мирошниченко // Контроль. Диагностика.- 2010.- № 1.- С. 45-49. **6.** Miroshnichenko, I.P. Mathematical Models, Program Software, Technical and Technological Solutions for Measurement of Displacements of the Control Object Surfaces by Laser Interferometer / I.P. Miroshnichenko, I.A. Parinov, E.V. Rozhkov, S.-H. Chang,// Advanced Materials Manufacturing, Physics, Mechanics and Applications, Springer Proceedings in Physics, 175.- Switzerland: Springer International Publishing, 2016.- pp. 341-356. **7.** Мирошниченко, И.П. Результаты экспериментальных исследований интерференционного измерителя малых перемещений / И.П. Мирошниченко, А.Г. Серкин // Измерительная техника.- 2006.- № 5.- С. 22-25. **8.** Мирошниченко, И.П. Экспериментальная установка для исследования процессов дефектообразования в ленточных высокотемпературных сверхпроводниках / И.П. Мирошниченко, И.А. Паринов, Е.В. Рожков, А.Г. Серкин // Металлург.- 2006.- № 7.- С. 77-78. **9.** Мирошниченко, И.П. Особенности использования интерференционных измерителей малых перемещений при решении задач диагностики технического состояния конструкций / И.П. Мирошниченко, А.Г. Серкин // Дефектоскопия.- 2007.- № 4.- С. 31-38. **10.** 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. **11.** 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. **12.** 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. **13.** Мирошниченко, И.П. Коррекция результатов измерений малых перемещений лазерными интерферометрами / И.П. Мирошниченко, А.Г. Серкин // Датчики и системы.- 2008.- № 3.- С. 28-30. **14.** Miroshnichenko, I.P. 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 / I.P. Miroshnichenko, I.A. Parinov, E.V. Rozhkov, A.G. Serkin, V.P. Sizov // Piezoelectrics and Related Materials: Investigations and Applications.- New York: Nova Science Publishers, 2012.- pp. 238-282. **15.** Miroshnichenko, I.P. Novel Optical Means for Measurement of Displacements of Surfaces of the Control Objects at Diagnostics of Materials and Goods / I.P. Miroshnichenko, I.A. Parinov, E.V. Rozhkov, V.P. Sizov, V.A. Shevtsov // Physics and Mechanics of New Materials and their Applications.- New York: Nova Science Publishers, 2013.- pp. 145-154. **16.** Miroshnichenko, I.P. Novel Optic Devices for Measurement of Displacements Based on Method of Control Object Highlighting by Using Laser Interferometer / I.P. Miroshnichenko, I.A. Parinov, S.-H. Chang // Advanced Materials - Studies and Applications, Chapter 25.- New York: Nova Science Publisher, 2015.- pp. 437-452.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ СИГНАЛА НА ОСНОВЕ КВАДРАТУРНОЙ ДЕМОДУЛЯЦИИ

СЕРОВ А.Н.

Измерение частоты сетевого напряжения является одной из наиболее важных задач измерительной техники. Точность измерения частоты косвенно определяет точность измерения таких параметров сигнала, как действующее значение, активная, реактивная, полная мощность и другие. Метрологические характеристики спектроанализаторов так же зависит от погрешности измерения частоты. В современных средствах измерения показателей качества электроэнергии, требования к погрешности измерения частоты стоят на первых ролях. По этой причине задача точного измерения частоты сетевого напряжения представляется актуальной.

В настоящее время существует большое число цифровых методов измерения частоты, на рис. 1 показана их краткая классификация.

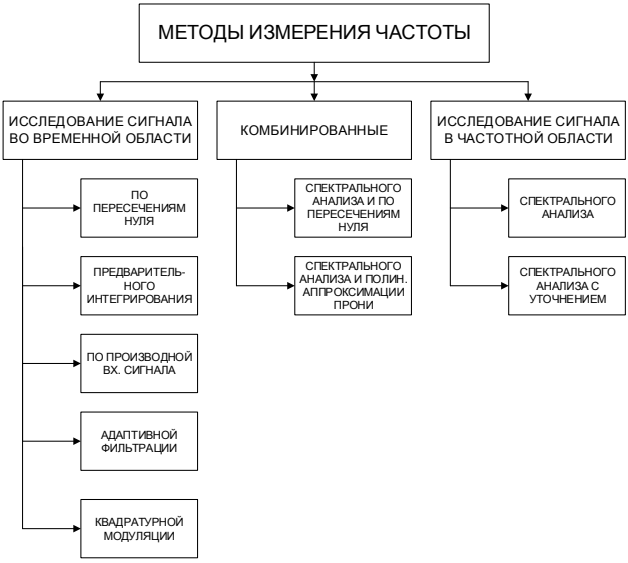


Рис. 1. Классификация цифровых методов измерения частоты

Решение поставленной задачи состоит в определении метода измерения, обеспечивающего наименьшую погрешность применительно к реальному сетевому напряжению, и нахождения его алгоритмической сложности для оценки возможности реализации. При этом следует учесть, что современные электрические сети обладают следующими особенностями:

- принципиально существует отклонение частоты сигналов от номинального значения (согласно ЕН50160:2007 данное отклонение не превышает 6%);

- спектральный состав токов и напряжений содержит множество гармоник (в нормативном документе ЕН50160:2007 нормируются первые 40 гармоник);

- в сигналах, как тока, так и напряжения, возможно наличие фликера (в нормативном документе IEC 61000-4-30:2008 нормируются параметры фликера прямоугольной и синусоидальной форм).

Ограниченный объем статьи не позволяет дать подробное описание всех перечисленных в классификации методов. Их детальное изложение можно найти в публикациях [1, 2, 3, 4].

Метод квадратурной демодуляции. Принцип действия квадратурной демодуляции [3] основан на последовательном выделении частотных компонент входного сигнала путем его перемножения с ортогональными друг по отношению к другу гармоническими сигналами. Структурная схема квадратурного демодулятора, выполненная в программном пакете Simulink, показана на рис. 2.

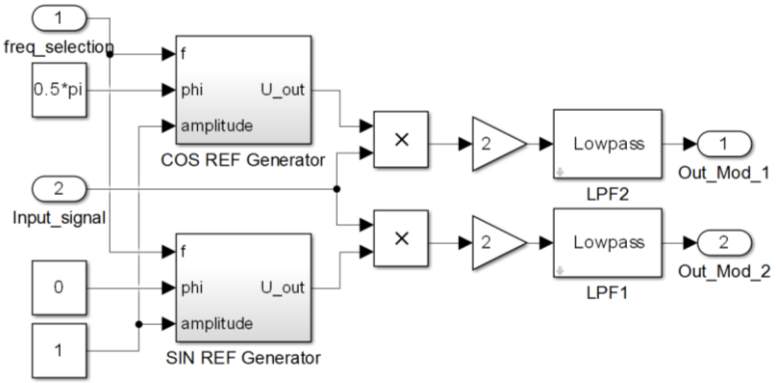


Рис. 2. Структурная схема квадратурного демодулятора

Выходные сигналы умножителей содержат две составляющие: низкочастотную, являющуюся полезным сигналом, и высокочастотную, представляющую собой помеху. Частота выходных сигналов генераторов опорных сигналов (блоки SIN REF GENERATOR и COS REF GENERATOR на схеме) определяет частоту выделяемой спектральной компоненты входного сигнала демодулятора. Применение низкочастотных фильтров LPF1 и LPF2 позволяет существенно снизить уровень помехи, но, в силу неидеальности характеристик фильтра, полностью устранить её не удается. Неравномерность полосы пропускания фильтров приводит к искажению уровня полезной составляющей выходных сигналов умножителей, а конечное затухание в полосе заграждения вызывает частичное проникновение помехи с выхода умножителей в выходные сигналы демодулятора. Оба описанных эффекта приводят к возникновению погрешности определения как амплитудного, так и фазового спектров.

Отклонение частоты входного сигнала от номинального значения приводит к изменению частот помехи и полезного сигнала. Это также сказывается на погрешности измерения параметров спектра. Для устранения указанной составляющей погрешности частотные характеристики фильтров должны быть выбраны таким образом, чтобы обеспечить пропускание полезного сигнала для диапазона изменения его частоты. Диапазон изменения частот полезного сигнала соответствует максимальному возможному отклонению частоты входного сигнала от его номинального значения.

Метод измерения частоты на основе квадратурной демодуляции. Рассматриваемый метод демодуляции может быть применен для выполнения измерения частоты сигнала. Измерение частоты с помощью метода квадратурной демодуляции [2] основано на определении приращения фазы дискретных выходных сигналов каналов демодулятора. Значение частоты входного сигнала может быть получено путем применения соотношения:

$$f_X[n_X, L] = (\varphi[n_X + L] - \varphi[n_X])/(2\pi L T_\partial) + f_N. \quad (1)$$

где L – число дискретных отчетов, определяющих приращение фазы выходных сигналов демодуляторов; n_X – дискретный временной отчет для которого определяется мгновенное значение частоты; T_∂ – значение периода дискретизации входного сигнала; f_N – номинальное значение частоты входного сигнала; $\varphi[x]$ – значение фазы входного сигнала в момент x. Как и в случае определения параметров спектра, основным источником методической погрешности является отклонение частоты входного сигнала от номинального значения. Отличительными особенностями предлагаемого метода являются низкая чувствительность к неосновным гармоникам входного сигнала, шумам и фликеру различных форм. Возможность применение различных фильтров квадратурного демодулятора, а также возможность изменения значения параметра n_X, делают предлагаемый метод гибким и эффективным в подавлении источников погрешностей различных типов. В случае полигармонического входного сигнала, выходной сигнал демодулятора также будет представлять собой смесь низкочастотной информационной составляющей и относительно высокочастотной помехи. При этом минимальная частота помехи опрелеляется минимальной частотой входного сигнала. Число возможных спектральных составляющих помехи может в два раза превышать число спектральных составляющих входного сигнала. По этой причине наилучших результатов с точко зрения подавления помехи обеспечивают фильтры с ассимтотически стремящейся к нулю АЧХ в полосе заграждения. Таким своиством обладают, например БИХ-фильтры Батерворта и Чебышева первого рода.

Выводы. На основании изложенного материала можно сделать следующие выводы.

1. В настоящее время существует большое число цифровых методов измерения частоты сигнала; их многообразие объясняется различной методической погрешностью от неосновных гармоник, шумов и фликкера;

2. Метод квадратурной демодуляции позволяет выполнять измерения таких параметров сигнала как амплитудноеый и фазовый спектр и значение частоты;

4. Возможность задания частотных характеристик фильтров демодулятора дает разработчику широкие возможности по снижению влияния гармоник входного сигнала, шумов и фликкера.

Литература. 1. Jie-kang Wu. Wide range parameter measurement of sinusoidal signals / Wu Jie-kang// Journal of electrical engineering, vol. 57, No. 2, 2006, pp. 111–115. **2.** Abdeslam D. Ould. A neural learning approach for time-varying frequency estimation of distorted harmonic signals in power systems/ D. Ould Abdeslam, P. Wira, J. Mercklé, and D. Flieller// 1st Internation-

al ICSC Symposium on Industrial Application of Soft Computing (IASC 2005), 2005. **3.** Begovic M. Frequency Tracking in Power Networks in the Presence of Harmonics/ M. Begovic, P. Djuric, S. Dunlap, A. Phadke.// IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 8, No. 2, April 1993, pp. 480-486. **4.** Moore P. Model System Tests on a New Numeric Method of Power System Frequency Measurement/ P. Moore, R. Carranza, A. Johns// IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 11, No. 2, April 1996, pp. 696-701.

Реквизиты для справок. *Россия, 111250, Москва, ул. Красноказарменная 14, Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт», кафедра Информационно-измерительной техники, ст. преподаватель* ***Серов А.Н.*** *– serov.an.iit@yandex.ru, тел. (495) 362-72-14.*

АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ СВЕРХПРОВОДНИКОВОГО КВАНТОВОГО БИТА

РАДЧЕНКО С.Е., КРИВЕЦКИЙ А.В., ПИЦУН Д.К., ПЕТУХОВА А.Б.

Предложен равномерно наиболее мощный инвариантный алгоритм обнаружения изменения состояния квантового бита на основе контрастного обнаружения изменения резонансной частоты связанного с ним высокочастотного резонатора. Обнаружение изменения частоты производится на основе проверки статистических гипотез относительно параметров линейной аппроксимации фазочастотной характеристики резонатора.

Введение. В Межфакультетской лаборатории квантовой криогенной электроники НГТУ проводятся эксперименты по исследованию квантовых сверхпроводящих цепей, представленных квантовыми битами (кубитами) на основе сверхпроводящего кольца, разделенного тремя переходами Джозефсона [1, 2]. Помимо измерения абсолютных значений параметров кубитов [3], практический интерес представляет определение величины внешнего магнитного поля, при котором происходит изменение состояния кубита. Для получения принципиальной возможности определения параметров кубита его индуктивно связывают с высокодобротным высокочастотным резонатором, в результате чего резонансная частота последнего зависит, среди прочего, от состояния кубита. В данной работе предлагается воспользоваться статистическим характером измерительной информации для сокращения времени эксперимента, а также решить задачу определения величины магнитного поля, приводящей к изменению состояния кубита, как задачу обнаружения изменения резонансной частоты связанного с ним резонатора.

Алгоритм обнаружения изменения резонансной частоты. Резонатор, связываемый с кубитом, может быть представлен в виде параллельного колебательного контура с передаточной функцией [4]:

$$K(j\omega)=\frac{R}{1+jR\left(\omega C-\frac{1}{\omega L}\right)},$$

где ω - круговая частота, C - эквивалентная емкость, L - эквивалентная индуктивность, R - эквивалентное сопротивление резонатора.

В качестве измерительного сигнала будем использовать реализацию белого гауссова шума с известным статистическим описанием. Исходное состояние системы, изменение относительно которого необходимо обнаружить, зафиксируем в опорной выборке $\mathbf{x}=\{x_i\}, i=0..(N-1)$. Текущее состояние системы фиксируется в рабочей выборке $\mathbf{y}=\{y_i\}, i=0..(N-1)$. Используя эти выборки в качестве исходной информации для синтеза алгоритма обнаружения, можно сократить объем экспериментальных данных и, соответственно, длительность проведения эксперимента. Отсчеты фазовой составляющей выходного сигнала могут быть представлены как случайные гауссовы величины, математическое ожидание которых равно соответствующим значениям фазочастотной характеристики (ФЧХ) резонатора, а дисперсия определяется дисперсией исходных отсчетов и уровнем шумов измерительного тракта. Если рассматривать только отсчеты ФЧХ в окрестности резонансной частоты, считая характеристику в этой области линейной, то совместное распределение опорной и рабочей выборок может быть записано в виде:

$$\omega(\mathbf{x},\mathbf{y})=\frac{1}{\left(\sqrt{2\pi}\sigma\right)^{2N}}\exp\left(-\frac{\sum_{i=0}^{N-1}\left(\left(x_i-ki-b_x\right)^2+\left(y_i-ki-b_y\right)^2\right)}{2\sigma^2}\right), \qquad (1)$$

где σ - среднеквадратическое отклонение шума, k, b_x, b_y - параметры линейной аппроксимации фазочастотной характеристики. Априорная неопределенность исходного постоянного смещения фазочастотной характеристики может быть представлена группой аддитивных преобразований, максимальным инвариантом для которой является статистика $Z_i=y_i-x_i, i=0..(N-1)$, совместное распределение элементов которой имеет вид:

$$\omega(\mathbf{Z})=\left(\frac{1}{2\sqrt{\pi}\sigma}\right)^N\exp\left(-\frac{1}{4\sigma^2}\sum_{i=0}^{N-1}(Z_i-\Delta)^2\right), \qquad (2)$$

где $\Delta=b_y-b_x$.

Задача обнаружения, таким образом, может быть сформулирована как задача проверки статистических гипотез относительно параметров распределения (2):

$$H_0 : \Delta = 0, \textit{изменение отсутствует},$$
$$H_0 : \Delta > 0, \textit{изменение присутствует}. \quad (3)$$

Распределение (2) принадлежит однопараметрическому экспоненциальному семейству, поэтому [5] РНМ инвариантный алгоритм проверки гипотез (3) может быть представлен решающей функцией:

$$\varphi(\mathbf{x},\mathbf{y}) = \begin{cases} 1, \sum_{i=0}^{N-1} (y_i - x_i) \geq C, \\ 0, \sum_{i=0}^{N-1} (y_i - x_i) < C. \end{cases} \quad (4)$$

Пороговая константа C определяется исходя из параметров распределения инвариантной статистики при отсутствии изменения резонансной частоты для заданного уровня вероятности ложного обнаружения: $C = F^{-1}(1-\alpha)\sigma\sqrt{2N}$, где $F^{-1}(1-\alpha)$ - квантиль уровня $(1-\alpha)$ стандартного нормального распределения.

Моделирование алгоритма. Численное моделирование работы алгоритма проводилось средствами MathCAD и LabVIEW.

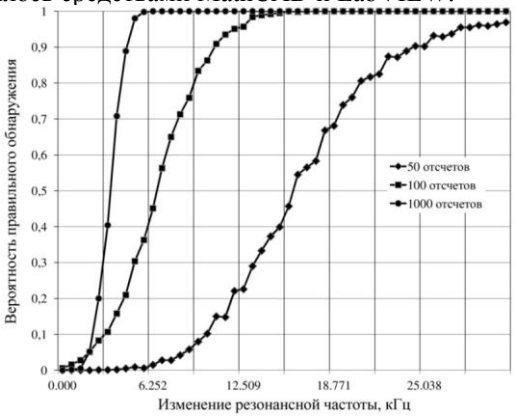


Рис. 1. Зависимость вероятности правильного обнаружения изменения резонансной частоты от величины изменения

Для исходного значения резонансной частоты, составляющего 25МГц, было получено 50 значений, соответствующих изменению эквивалентной индуктивности и проведены эксперименты по обнаружению изменения резонансной частоты при вероятности ложной тревоги, заданной на уровне 0.001.

На рис. 1 приведены полученные зависимости вероятности правильного обнаружения при различном количестве спектральных отсчетов, получаемых на протяжении линейной части ФЧХ. Видно, что при обра-

ботке 100 спектральных отсчетов алгоритм с вероятностью около 95% обнаруживает изменение резонансной частоты на 12.5кГц, что составляет 0.05% от исходного значения.

Выводы. На основе принципа инвариантности разработан равномерно наиболее мощный инвариантный алгоритм контрастного обнаружения изменения состояния квантового бита по изменению резонансной частоты связанного с ним высокочастотного резонатора. Обнаружение изменения резонансной частоты производится на основе проверки статистических гипотез относительно параметров линейной аппроксимации фазочастотной характеристики резонатора. Результаты статистического моделирования показали эффективность алгоритма при небольших объемах выборки и подтвердили возможность его практического применения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-37-60077 мол_а_дк.

Литература. 1. J.E. Mooij et al. Josephson Persistent-current qubit. Science, 285 (1999), P. 1036-1039. **2.** J. Clarke, F.K. Wilhelm. Superconducting quantum bits. Nature, 453 (2008), P. 1031-1042. **3.** Ya.S. Greenberg et al. Low-frequency characterization of quantum tunneling in flux qubits. Physical Review B, 66 (2002), P. 214525-1 - 214525-6. **4.** Федоров Н.Н. Основы электродинамики. - М.: Высшая школа, 1980 - 399 с. **5.** Богданович В.А., Вострецов А.Г. Теория устойчивого обнаружения, различения и оценивания сигналов. – М.: Физматлит, 2004. – 320 с.

Реквизиты для справок: *Россия, 630073, Новосибирск, пр-т К.Маркса, 20 к.4, Нвосибирский Государственный Технический Университет, кафедра конструирования и технологии радиоэлектронных средств, к.т.н. Радченко С.Е., R1505@mail.ru, тел. +7-923-183-8077.*

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЕНСОРОВ С ЧАСТОТНЫМ ВЫХОДОМ В ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

ДРОБОТ Д.А.

В технике и в природе информация существует в основном в виде аналоговых величин и большинство сенсоров являются аналоговыми устройствами. Однако для сопряжения сенсора с компьютерными системами сбора и обработки информации необходимо представление последней в виде цифрового сигнала. Поэтому при включении аналоговых сенсоров в компьютерную измерительную систему возникает проблема их согласования. В случае аналогового сенсора его сигнал должен быть трансформирован в цифровой с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП), в ряде которых необходимым узлом является преобразователь «напряжение – частота».

При значительном удалении от компьютера аналогового сенсора его слабый аналоговый сигнал нельзя заводить в проводную длинную линию передачи с целью передать его на большое расстояние. Сигнал аналогового сенсора предварительно должен быть усилен, затем преобразован либо в цифровой сигнал, либо в изменение частоты колебаний напряжения или тока, затем сигнал необходимо усилить и такой переменный сигнал можно передать по проводной линии в компьютер. Частотный сигнал весьма трудно исказить помехами, поэтому простая проводная линия без всяческих помехозащитных мер позволяет без потерь информации передавать частотный сигнал на большие расстояния до нескольких километров. При этом в случае аналогового сенсора рядом с ним необходимо располагать всю преобразовательную электронику и устройства ее электрического питания. Эта ситуация еще более усложняется и отягощается, если окружающая среда в точке измерения характеризуется агрессивностью или тяжелыми для электроники условиями, что заставляет применять защитные меры не только к сенсору, но и к электронной аппаратуре его обслуживающей.

С экономической точки зрения, а также с точки зрения технического упрощения и повышения надежности цифровых измерительных систем выгодно использовать так называемые сенсоры с частотным выходом. Такие сенсоры позволяют осуществлять прямое преобразование физической аналоговой величины в частоту колебаний напряжения или тока. Поэтому рассмотренные выше схемы соединения сенсоров с цифровой измерительной системой или с компьютером значительно упрощаются, так как становятся ненужными схемы предварительной обработки и усиления (если амплитуда генерации сенсора с частотным выходом достаточно высока), генераторы и преобразователи «напряжение-частота» и АЦП.

Достоинства сенсоров с частотным выходом можно обобщить следующим образом: 1) прямое преобразование физических аналоговых величин в частоту переменного сигнала; 2) высокая помехозащищенность, в том числе, в условиях индустриальных помех, так как полезная информация заключена в частоте, а не в амплитуде сигнала и связанная с этим возможность передавать информацию на расстояние до нескольких километров по проводным линиям; 3) удобство и высокая точность частотных измерений; 4) частотный выход облегчает преобразование информации в цифровой параллельный код; 5) возможность прямого подключения к компьютеру или микропроцессорным устройствам. Эти преимущества сенсоров с частотным выходом высоко оценены как отдельными разработчиками и исследователями, так и ведущими электронными производителями и корпорациями, которые в 1999 году объединились в международную организацию IFSA – International Frequency Sensor Association. Web-сайт этой организации находится по адресу www.sensorsportal.com.

Если на выходе сенсора с частотным сигналом его амплитуда высока и не требуется предварительное усиление, то такие сенсоры наилучшим

образом подходят для информационно-измерительных систем удаленного контроля и измерения различных физических величин с передачей сигнала по простой проводной линии.

Патентные исследования показали, что в патентном поле большинство разработок сенсоров с частотным выходом – это схемные устройства, преобразующие сигнал аналогового сенсора в частоту переменного сигнала. Сенсоров с частотным выходом, основанных на физическом эффекте, очень мало, еще меньше таких сенсоров, обладающих достаточно высоким уровнем информационного сигнала.

К числу сенсоров с частотным выходом, основанных на физическом эффекте, обладающих высокой амплитудой информационного сигнала, относятся осциллисторные сенсоры. Осциллистором называется полупроводниковый прибор, состоящий из специальным образом изготовленного полупроводникового диода, через который протекает электрический ток, помещённого в продольное току магнитное поле и сопротивления нагрузки R_H, включённых последовательно с источником электрического питания. Осциллисторный эффект основан на явлении винтовой неустойчивости (ВН) тока в полупроводнике, возникающей при определенных условиях.

В работах [1,2,3,4] описаны результаты исследований и характеристики кремниевого осциллисторного сенсора температуры с частотным выходом. В 2006 г. на VI Международном салоне инноваций и инвестиций инновационный проект «Осциллисторный сенсор температуры с частотным выходом» был отмечен дипломом (руководитель проекта к.ф.-м.н. П.Н.Дробот).

В работах [5,6,7] представлены результаты исследований и характеристики кремниевого осциллисторного сенсора магнитной индукции с частотным выходом, для него сделаны оценки температурной погрешности, основанные на экспериментальных данных по магнито– и термочувствительности осциллистора. В работе [8] представлен обзор кремниевых осциллисторных сенсоров и оригинального осциллисторного устройства – RF–преобразователя для преобразования омического сопротивления в частоту переменного сигнала, показано его применение для разработки датчиков линейного и углового перемещения с частотным выходом. Осциллисторные сенсоры с частотным выходом [1–8] имеют высокую амплитуду сигнала, высокую чувствительность частоты к измеряемой величине: у сенсора температуры от 3 кГц/К в области комнатных температур до 40 кГц/К в области криогенных температур, у сенсора магнитного поля 100 кГц/Тл в области комантных температур, у сенсора линейного перемещения контролируемого объекта 4,4 кГц/мм, у сенсора угла поворота контролируемого объекта 0,5 кГц/град.

Проведенные исследования показали, что применение сенсоров с частотным выходом, например, осциллисторных, позволяет существенно упростить существующие измерительные системы, использующие аналоговые сенсоры и стандартный набор электроники: усилитель аналогового сигнала, АЦП, микроконтроллер, источник энергии. Все перечисленные

узлы, кроме источника энергии, становятся ненужными, да и источник энергии выбирается в соответствии с типом частотного сенсора. Использование вместо аналогового сенсора температуры осциллисторного (или подобного, работающего на физическом эффекте) сенсора с частотным выходом в системах измерения температуры водных глубин [9,10], в системах мониторинга геологических скважин [11], в измерительных системах для контроля температуры теплиц и оранжерей, приведет к значительному упрощению электронной схемы, повышению ее надежности, к увеличению точности результата и уменьшению затрат на оборудование и, связанного с этим, снижения удельной стоимости на канал измерения.

Литература. 1. V. I. Gaman, P.N. Drobot. Oscillistor sensors with a frequency output based on a silicon structures // International conference on actual problems of electronic instrument engineering proceedings .–1998.–№1.–p.p. 133-134. **2.** V. I. Gaman, P.N. Drobot. Silicon oscillistor as a thermometer with frequency output // Russian Physics Journal .– 1995 .–V. 38 .– Iss.2.–p.p. 143-146. **3.** В.И. Гаман, П.Н. Дробот. Термочувствительный элемент с частотным выходом на основе кремниевого осциллистора // Известия высших учебных заведений. Физика. 1995.– № 2.– С. 48-53. **4.** П. Н. Дробот и др. Свидетельство на полезную модель № 974 Российская Федерация, МПК G01K07/00. Датчик температуры с частотным выходом – 5056505/10, заявлено 04.06.1992. Заявитель и патентообладатель Сибирский физико-технический институт. Опубл. 16.10.1995. Бюл. № 10. **5.** П. Н. Дробот и др. (СССР). А.с. 1686940 СССР МПК G01 R33/06 Датчик магнитной индукции с частотным выходом. 4788942/21; заявлено 05.02.90; опубл. 15.12.93, Бюл. № 45-46. **6.** П. Н. Дробот и др. Пат. 1686940 Российская Федерация, МПК G01 R33/06. Датчик магнитной индукции с частотным выходом, заявитель и патентообладатель Сибирский физико-технический институт. Опубл. 15.12.93. Бюл. № 45-46. **7.** Оценка температурной погрешности осциллисторного датчика магнитного поля с частотным выходом / Дробот П.Н., Дробот Д.А. // В сборнике: Измерение, контроль, информатизация, материалы XVI международной научно-технической конференции. – 2015.–С. 127-131. **8.** Дробот П.Н., Дробот Д.А. Осциллисторные сенсоры с частотным выходом // Южно-Сибирский научный вестник. 2012.–№ 1.–С.120-123. **9.** *Sea-Bird Electronics, Inc.* [Электронный ресурс] // Stanford Equipment Co. URL: http://sequipment.ru/lab/brand.asp?op=2&idf=20&kod=0 (дата обращения: 02.05.2016). **10.** Дучков А.Д., Казанцев С.А., Дучков А.А. Мониторинг температуры дна озера Байкал // Геология и геофизика.– 2007.– т.48.– №4.– с. 472-480. **11.** Многоканальная система измерения температурного поля ствола скважины на квазираспределенных пьезорезонансных датчиках [Электронный ресурс] URL: http://qsens.valuehost.ru/company/news/62-developers/132-quazi2.html (дата обращения 02.05.2016).

Реквизиты для справок: *Россия, 634050, Томск, пр. Ленина, 40, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Дробот Д.А.,e-mail: tomsk3000@mail.ru.*

ТРЁХКАНАЛЬНЫЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЙ ПРИБОР ДВУХ СПЕКТРАЛЬНЫХ ОТНОШЕНИЙ

ТУПИКИНА Н.Ю., СЫПИН Е.В., ЛИСАКОВ С.А., ПОВЕРНОВ Е.С., ПАВЛОВ А.Н.

Введение. Для контроля взрывоопасной пылегазовой атмосферы предложен оптико-электронный прибор двух спектральных отношений (ОЭП ДСО). Отличие прибора от разработанных и используемых оптико-электронных приборов (ОЭП) [1–3] состоит в использовании программной и аппаратной избыточности. Аппаратная избыточность реализуется включением в прибор дополнительного (третьего) спектрального канала, а программная избыточность – введением дополнительных алгоритмов обработки информационных сигналов.

Разработка теоретических принципов построения прибора.

На основе обобщенной схемы построения оптико-электронных приборов [4] предложена структурная схема ОЭП ДСО (рис. 1).

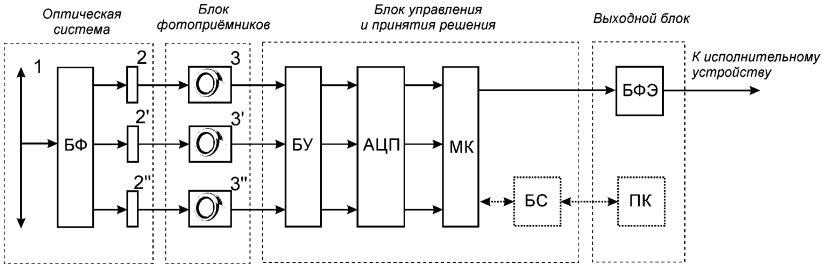


Рис. 1. Структурная схема ОЭП ДСО

1 – объектив; 2, 2′, 2′′– светофильтры; 3, 3′, 3′′– фотоприёмники

БФ – блок формирования информационных сигналов;

БУ – трёхканальный блок усиления; АЦП – трёхканальный блок аналого-цифрового преобразования сигналов; МК – блок микроконтроллера;

БФЭ – блок формирования электроимпульса;

БС – блок связи с персональным компьютером; ПК – персональный компьютер

Для реализации ОЭП ДСО выбрана оптическая система с использованием для каждого канала отдельного объектива, которая представляет собой три взаимно-независимых объектива, расположенных определенным образом на лицевой панели прибора.

Для того чтобы выбрать рабочие спектральные диапазоны каналов прибора и конструктивные параметры оптической системы необходимо выполнить её компьютерное моделирование. Компьютерную модель ОЭП ДСО можно представить в виде схемы, показанной на рис. 2.

Рис. 2. Схема компьютерной модели оптической системы ОЭП ДСО

Итогом построения энергетической подмодели функционирования ОЭП ДСО является решение основного энергетического уравнения. Поскольку в качестве критерия качества при построении энергетической подмодели выбрано отношение сигнал-шум на выходе оптико-электронного прибора $\mu_{вых}$, основное энергетическое уравнение запишется как

$$\mu_{вых} \geq \frac{I_{вых}}{I_{шум}},$$

где $I_{вых}$ – ток, протекающий через фотоприёмник и соответствующий полезному сигналу; $I_{шум}$ – ток, протекающий через фотоприёмник и соответствующий сигналу шума.

Положенный в основу прибора метод спектрального отношения требует введение в качестве критерия качества оптической системы спектральных отношений

$$Q_1 = \frac{I_2}{I_1} \text{ и } Q_2 = \frac{I_3}{I_1},$$

где I_1, I_2 и I_3 – токи, протекающие через фотоприёмники каналов прибора. При этом необходимо обеспечить отличие спектральных отношений Q_1 и Q_2 при воздействии на входной зрачок прибора различных видов сигналов (очаг возгорания, источник оптической засветки, смесь сигналов).

Выходным критерием качества при построении геометрической подмодели расположения компонентов оптической системы является угловое поле 2ω, которое определяется площадью охраняемой зоны

$$2\omega = 2\text{arctg}\left(\frac{1}{l}\sqrt{\frac{S_{оз}}{\pi}}\right),$$

где l – расстояние до входного зрачка прибора, $S_{оз}$ – площадь охраняемой зоны.

Техническая реализация. В результате компьютерного моделирования ОЭП ДСО были определены конструктивные параметры компонентов оптической системы прибора и их взаимное расположение, что позволило выбрать конкретные оптические компоненты. Выбор оптических компонентов, за исключением фотоприёмников, осуществлялся по каталогу Edmund Optics Inc. [5]. Для использования в приборе выбраны:

– двояковыпуклые оптические линзы имеющие диаметр и фокусное расстояние равные 30 мм;

– светофильтр для канала 1, имеющий центральную длину волны 750 нм и ширину полосы пропускания 40 нм;

– светофильтр для канала 2, имеющий центральную длину волны 950 нм и ширину полосы пропускания 50 нм;

– светофильтр для канала 3, имеющий центральную длину волны 1550 нм и ширину полосы пропускания 12 нм.

В приборе используются приёмники излучения S1227-1010BR и S1337-1010BR, фирмы Hamamatsu [6] и фотоприёмник ФД «Призма-5» [7].

Результаты испытаний. Испытания ОЭП ДСО проводились с помощью лабораторного стенда для исследования оптико-электронных приборов обнаружения начальной стадии возгорания [8]. Для проведения испытаний были разработаны соответствующие методики [9].

Проведенные исследования показали, что прибор обеспечивает:

- угловое поле: 10 ± 1 градус;
- дальность действия: 10 м;
- порог чувствительности по температуре: 755 °С;
- время обнаружения очага возгорания: 2,9 ± 0,7 мс;
- вероятность обнаружения очага возгорания в отсутствии/присутствии внешних оптических помех: не менее 0,95;
- вероятность ложного срабатывания: не более 0,05.

Таким образом, установлено, что прибор имеет вероятность обнаружения очага возгорания в присутствии внешних помех 0,95, что является лучшим значение среди аналогичных оптико-электронных приборов для контроля взрывоопасной пылегазовой атмосферы. Остальные параметры разработанного прибора сопоставимы с параметрами приборов-аналогов.

Литература. 1. Сыпин, Е.В. Датчик обнаружения возгорания метана в воздуховоде угольной шахты [Текст] / Е.В. Сыпин [и др.] // VII Всероссийская выставка научно-технического творчества молодёжи НТТМ-2008. Всероссийский конкурс научно-технического творчества молодёжи. Сборник материалов. – М.: ОАО «ГАО ВВЦ», 2008. – С. 62–63.

2. Terentiev, S.A. Designing of Laboratory Sample of the Pyrometric Gauge with Cylindrical Lenses / S.A. Terentiev, D.A. Gerasimov, A.I. Sidorenko, A.N. Pavlov, E.V. Sypin // International conference and seminar on micro/nanotechnologies and electron devices EDM 2012: Conference proceedings. - Novosibirsk: NSTU, 2012. – P. 257–259. 3. Sidorenko, A.I. Laboratory Pattern of Position Pyrometric Detector of Explosion With Field Stop / A.I. Sidorenko, A.N. Pavlov, E.V. Sypin // 14th International conference of young specialists on micro/nanotechnologies and electron devices EDM 2013: Proceedings. – Novosibirsk: NSTU, 2013. – P. 229–233. 4. Якушенков, Ю.Г. Теория и расчет оптико-электронных приборов: учебник / Ю.Г. Якушенков. – М.: Логос, 2011. – 568 с. 5. Online Catalog of Precision Optical Components | Edmund Optics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.edmundoptics.co.uk/products/. 6. Si photodiodes:Si photodiodes | Hamamatsu Photonics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.hamamatsu.com/eu/en/product/category/3100/4001/4103/index.html. 7. Германиевые фотодиоды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ckb-rhythm.narod.ru/tablGe.htm. 8. Тупикина, Н Ю. Разработка стенда для исследования параметров оптико-электронных приборов обнаружения начальной стадии возгорания / Н.Ю. Тупикина, Е.В. Сыпин // Датчики и системы. – 2013. – № 10 (173). – С. 32–35. 9. Tupikina, N.Y. Development of the Testing Technique of Main Parameters for Two Spectral Ratios Optical-Electronic Device / N.Y. Tupikina, E.V. Sypin, S.A. Lisakov, A.N. Pavlov, G.V. Leonov // 16th International conference of young specialists on micro/nanotechnologies and electron devices EDM 2015: Conference proceedings. – Novosibirsk: NSTU, 2015. – P. 325–329.

Реквизиты для справок. *Россия, 659305, Бийск, ул.Трофимова, 27, Бийский технологический институт АлтГТУ (БТИ АлтГТУ), кафедра методов средств измерений и автоматизации, ст. преподаватель Тупикина Н.Ю., тел. (3854) 432450. tnu@bti.secna.ru; канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры Сыпин Е.В. sev@bti.secna.ru; инженер Лисаков С.А., : foxlsa@mail.ru; Повернов Е.С. evgeniy@bti.secna.ru; канд. техн. наук доцент кафедры Павлов А.Н. pan@bti.secna.ru.*

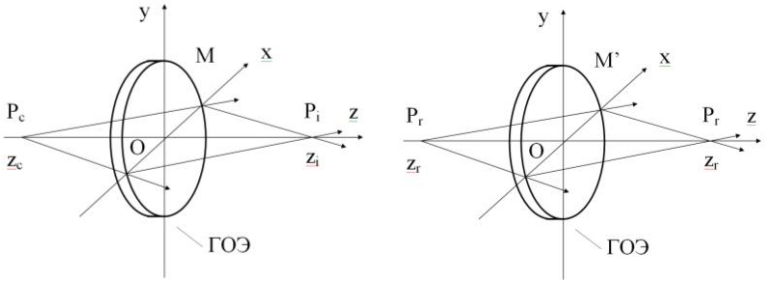
ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕМНОЙ ЗОННОЙ ПЛАСТИНЫ С МАЛЫМ КОЛИЧЕСТВОМ ЗОН

БАТОМУНКУЕВ Ю.Ц., ДИАНОВА А.А.

В последнее время нами исследуются фокусирующие и аберрационные свойства зонных пластин различных типов, например [1], в том числе объемных зонных пластин [2]. В этих работах рассматриваются зонные пластины, у которых количество зон превышает сотни и тысячи. Это обстоятельство связанно с тем, что размеры зонных пластин намного

превышают рабочую длину волны. В то же время возникшая потребность в маленьких зонных пластинах, имеющих количество зон порядка 10, требует более детального исследования их изображающих свойств. В связи с этим целью работы является исследование фокусирующих и аберрационных свойств объемной зонной пластины с малым количеством зон.

В качестве примера зонной пластины в работе рассмотрен объемный голограммный оптический элемент (ГОЭ) [3]. На рис. 1а представлена рабочая схема этого ГОЭ. Исследуемый ГОЭ имеет радиус 0,3 мм, толщину 0,1 мм, 18 зон Френеля. Дифракционная структура ГОЭ формируется интерференцией расходящейся (опорной) и сходящейся (объектной) сферических волн (рис. 1б).



а) б)

Рис. 1. Рабочая схема (а) и схема записи (б) объемного ГОЭ:
а) P_c – точка предмета и соответствующая ей P_i – точка изображения, M – произвольная точка объема ГОЭ;
б) P_r – точечный источник опорной волны, P_o – точечный источник объектной волны, M' – точка объема ГОЭ при записи, соответствующая точке M в рабочей схеме

В работе выполнен расчет радиуса зон ГОЭ и осевой поперечной аберрации 1-го, 3-го, 5-го порядков. Графики зависимости радиуса Δx осевой поперечной аберрации от радиуса r зон Френеля представлены на рис. 2. Сплошной линией показана зависимость радиуса осевой аберрации 1-го порядка, линией с штрихами – аберрации 3-го порядка, линией с штрих пунктирами – аберрации 5-го порядка. На графиках маркерами отмечены значения аберраций соответствующие радиусам зон Френеля. Из графика видно, что аберрация 1-го порядка практически линейно зависит от изменения радиуса ГОЭ, тогда как аберрация 3-го порядка имеет характер нелинейной зависимости и становится больше аберрации 1-го порядка при радиусе ГОЭ, превышающим радиус четвертой зоны Френеля. Аберрация 5-го порядка значительные меньше рабочей длины волны 10 мкм, в связи с чем, ею можно пренебречь.

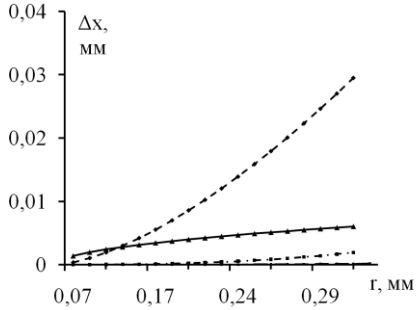


Рис. 2. Графики расчета зависимости радиуса Δx осевой поперечной аберрации от радиуса r зон Френеля

Согласно теории связанных волн в рабочей схеме объемного ГОЭ существуют две волны: прошедшая (нулевой порядок) и дифрагировавшая волна. Прошедшая волна является расходящейся, а дифрагировавшая – сходящейся сферической волной. В области фокусировки возникают чередующиеся пространственные эллиптические поверхности максимумов и минимумов интенсивности, переходящие в соответствующие пространственные гиперболические поверхности за областью фокусировки. На рис. 3. представлено пространственное распределение максимумов и минимумов интенсивности эллиптических и гиперболических поверхностей в меридиональной плоскости ГОЭ. Сплошными линиями обозначены расположения поверхностей с максимумами интенсивности, штриховой – с минимумами интенсивности. Прошедшая волна фокусируется в точку с минимальным радиусом ≤ 7 мкм.

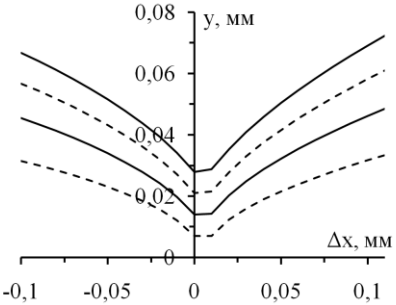


Рис. 3. Графики расчета пространственного распределения максимумов и минимумов интенсивности

Таким образом, в работе численно исследованы фокусирующие и аберрационные свойства объемной зонной пластины с малым количеством зон (не более 18). Показано, что наиболее значительной поперечной аберрацией является аберрация 3-го порядка, значение

радиуса которой превышает рабочую длину волны в 3 раза. Тогда как радиусы поперечных аберраций 1-го и 5-го порядков не превышают значения 6 мкм.

Литература. 1. Батомункуев Ю.Ц., Дианова А.А., Маганакова Т.В., Харитошин Н.А., Райхерт В.А. Компьютерный синтез пленочных составных и наложенных дифракционных элементов // Ползуновский вестник.- 2012 - №3/2 - С. 139-142. **2.** Батомункуев Ю.Ц., Дианова А.А. Графический метод коррекции аберраций высших порядков голограммного оптического элемента // Ползуновский вестник. - 2015 - №3 - С. 177-180. **3.** Батомункуев Ю.Ц., Мещеряков Н.А. Расчет схемы записи объемного осевого ГОЭ для инфракрасного диапазона спектра // Известия высших учебных заведений. Физика. - 2010. - Т. 53, № 7. - С. 24-29.

Реквизиты для справок: *Россия, 630108, Новосибирск, ул. Плахотного 10, Сибирский университет геосистем и технологий, кандидат технических наук, доцент* ***Батомункуе Ю.Ц****., e-mail: opttechnic@mail.ru, аспирант* ***Дианова А.А.****, e-mail: dianova.aleksandra@mail.ru*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ МЕТОДА СПЕКТРАЛЬНОЙ ПИРОМЕТРИИ ДЛЯ ЗАДАЧИ БЫСТРОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗГОРАНИЯ В ПЫЛЕГАЗОВОЗДУШНЫХ СМЕСЯХ

ЗЫРЯНОВА М.Н., СЫПИН Е.В., ЛИСАКОВ С.А.

Введение. Для обнаружения возгораний в шахтах используются оптико-электронные датчики обнаружения воспламенения того или иного вещества (газ, пыль) [1] или общей смеси в шахте. Фактическая запылённость воздуха в выработках зависит от эффективности применения на шахте способов и средств борьбы с пылью. При отсутствии таких средств запылённость воздуха в горных выработках может достигать очень больших значений (4-5 г/м^3) [2,3].

Для обеспечения взрывобезопасности и успешного подавления взрыва в газодисперсных средах, необходимо обнаружить очаг его развития на максимально ранней стадии [2-4]. Время срабатывания датчика контроля взрывобезопасности в угольной шахте должно составлять не более 2,5 – 3 мс. [2].

При сложных химических реакциях горения метана, взвешенной и отложившейся пыли, угля образуются в тех или иных количествах горючие газы – водород (H2) и окись углерода (CO) [5]. Кроме того, в шахтной атмосфере всегда присутствует метан. Эти три горючих газа – метан, водород, окись углерода – в определённых комбинациях обладают свойством взрывчатости, что представляет большую опасность для горноспасателей в ходе ликвидации аварий [4,5]

В [5,6] описан метод спектральной пирометрии, позволяющий с большой точностью определять температуру объекта, когда не известна его излучательная способность.

Однако метод имеет существенный недостаток: низкое быстродействие, поскольку необходимо регистрировать и обрабатывать оптический спектр в широком диапазоне длин волн, включающий в себя более сотни точек контроля. Поэтому предлагается уменьшить количество точек контроля, которое будет необходимо и достаточно для обнаружения возгораний с заданной погрешностью.

В связи с этим целью данной работы является экспериментальное исследование применимости метода спектральной пирометрии для задачи обнаружения возгораний в условиях пылегазовоздушной среды. Для этого необходимо получить спектральную характеристику реального источника излучения, спектральную характеристику источника помехи и суммарную спектральную характеристику источника излучения и источника помехи. В соответствии с этим необходимо:

– разработать установку для проведения лабораторных испытаний;

– разработать методику проведения экспериментов;

– получить результаты измерений в соответствии с предложенным методом спектральной пирометрии;

– проанализировать полученные результаты экспериментов и оценить возможность применения метода спектральной пирометрии для задачи обнаружения возгорания в пылегазовоздушных средах.

Лабораторная установка. Для получения спектральных характеристик источника излучения и помехи была разработана структурная схема лабораторной установки, представленная на рис.1.

Рис.1. Структурная схема лабораторной установки
БУии – блок управления источником излучения; ИИ – источник излучения; ИП – источник помех; ФУ– фотоприёмное устройство; БС – блок согласования с персональным компьютером (ПК); ПО – программное обеспечение

В качестве источника излучения использовался излучатель в виде модели абсолютно чёрного тела (АЧТ). Для выделения оптического сигнала в узкой полосе длин волн использовался монохроматор. Сигнал с монохроматора передаётся в фотоприёмное устройство, состоящее из арсенид-индиевого фотодиода и усилителя-преобразователя. Блок согласования обеспечивает аналого-цифровое преобразование сигнала, идущего на ПК.

На рабочую поверхность устанавливается АЧТ с блоком управления; монохроматор с помощью соединительных кабелей подключён к персональному компьютеру, на котором установлено соответствующее программное обеспечение для монохроматора.

Методика проведения лабораторных исследований. В ходе лабораторных исследований сначала была получена спектральная характеристика идеального источника излучения, затем получена спектральная характеристика возможной оптической помехи, источник которой не представляет потенциальной опасности. Предложена следующая методика проведения лабораторных испытаний:

1. Включить АЧТ в соответствии с руководством по эксплуатации, установить температуру 550 °С.
2. Установить в монохроматор дифракционную решётку и фотоприёмник. В качестве фотоприёмника в монохроматор установлен арсенид-индиевый фотодиод с нужным диапазоном чувствительности [7].
3. Установить связь монохроматора и ПК.
4. Получить спектральную характеристику АЧТ.
5. Получить суммарную спектральную характеристику АЧТ и лампы накаливания, установленной на расстоянии 0,05 м. от АЧТ.
6. Выключить АЧТ и после его остывания получить спектральную характеристику лампы накаливания.

Результаты экспериментального исследования. На рис. 2 показан спектр излучения АЧТ при температуре 550 °С, полученный экспериментальным путём.

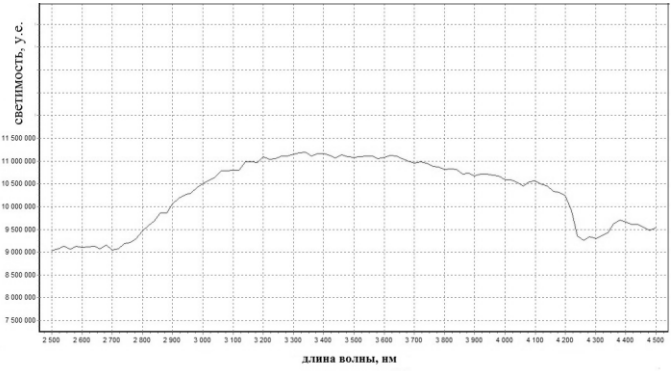


Рис.2. Спектр излучения АЧТ при температуре 550 °С, полученный экспериментальным путём

На рис. 3 показан суммарный спектр излучения АЧТ и лампы.

Построив экспериментальный спектр в области Вина, можно определить температуру объекта без привлечения гипотез о величине коэффициента излучения [5].

После преобразования формулы Планка [8] получаем для области Вина:

$$\ln(\lambda \cdot I) - \ln(\varepsilon \cdot c_1) = -\frac{c_2}{\lambda \cdot T}, \qquad (1)$$

В случае серого тела, когда ε(λ)=const, выражение (1) описывает прямую $y = k \cdot x + b$, где $k = tg(\alpha)$ в координатах $x = c_1 / \lambda$ и $y = \ln(\lambda^5 \cdot I)$.

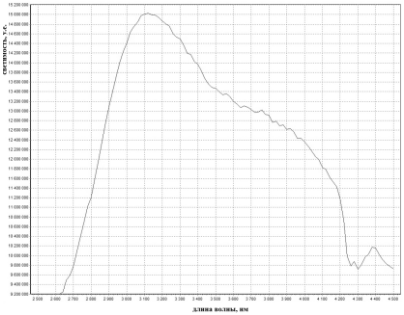


Рис. 3. Суммарная спектральная характеристика АЧТ и лампы

На рис. 4 показан спектр излучения АЧТ (сплошная линия), построенный в координатах Вина по полученным экспериментальным данным. Штриховой линией обозначена линейная аппроксимация спектральной характеристики.

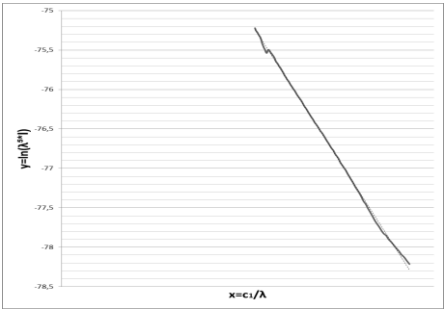


Рис.4. Спектр АЧТ в координатах Вина

На рис. 5 показан спектр АЧТ с лампой накаливания (как возможной оптической помехой в помещениях с пылегазовоздушным содержанием среды), установленной на расстоянии 0,05 м от АЧТ (сплошная линия).

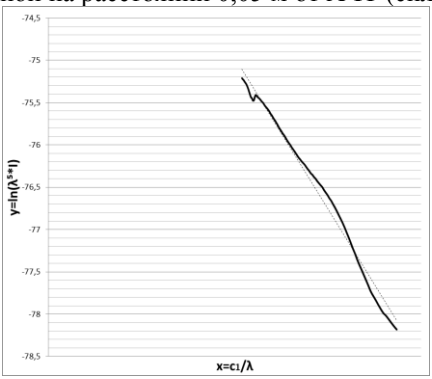


Рис.5. Спектр АЧТ и лампы накаливания

Из рис.4,5 видно, что лампа накаливания вносит существенные отклонения от прямой, построенной в координатах Вина. Соответственно можно судить о величине и характере оптической помехи в условиях обнаружения возгорания в пылегазовоздушных средах.

Используя геометрические соотношения, можно найти величину угла наклона прямой. Найденное значение и будет определять искомую температуру [5].

Для построения спектров в координатах Вина диапазон рабочих длин волн был условно разделён на 100 равных интервалов. Соответственно были получены значения для 100 контрольных точек. Данное количество обусловлено возможностями применяемого в ходе экспериментального исследования оборудования, а также идеей о том, что с уменьшением количества точек повысится быстродействие расчётов при определении температуры.

Заключение. В результате выполнения работы было проведено исследование возможности применения метода спектральной пирометрии для задачи быстрого определения возгорания в пылегазовоздушных средах.

В дальнейшем планируется уменьшить количество точек контроля до 3-5, провести оценку быстродействия обнаружения возгорания и на основании этого анализа сделать вывод о возможности применения предложенного алгоритма обнаружения возгораний в пылегазовоздушных средах (на примере шахт).

Литература. 1. Павлов А.Н. Оптико-электронная система определения трехмерных координат очага взрыва в газодисперсных системах на начальной стадии / А.Н.Павлов// Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/ – Бийск: 2010. – 134 с. **2.** Зельдович Я.Б. Математическая теория горения и взрыва / Я.Б. Зельдович, Г.И. Барен- Блатт, В.Б. Либрович, Г.М. Махвиладзе. – М.: Наука, 1980. – 478 с. **3.** Айруни А.Т. Взрывоопасность угольных шахт [Текст] / А.Т.Айруни, Ф.С. Клебанов, О.В.Смирнов. – М.: Издательство «Горное дело ООО Киммерийский центр», 2011. – 264 с. **4.** Sources of ignition of methane-air mixture and the amount of impact when building a multi-channel device of detection of the fire at an early stage / N.Y.Tupikina, D.V.Gerasimov, A.N.Pavlov, I.A.Uskova, E.V.Sypin // Ten international workshop and tutorials on electron devices and materials EDM'2009: workshop processing. – Novosibirsk, 2009, p. 350-355. **5.** Магунов А.Н. Спектральная пирометрия объектов с неоднородной температурой [Текст] /А.Н.Магунов. – М: ФИЗМАТЛИТ, 2012. – 248 с. **6.** Adapting the method of spectral pyrometry to building a high-speed fire detection device / M.N.Zyryanova, E.V.Sypin // 16th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM'2015: workshop

processing / NSTU/ - Novosibirsk, 2015, p. 365-368. **7.** Определение основных критериев, влияющих на алгоритм выбора диапазонов измерения в оптико-электронных приборах определения начальной стадии взрыва в газодисперсных системах / Е.С.Повернов, Е.В.Сыпин, Е.В.Берестова, Д.В.Герасимов, А.Н.Павлов // Десятая международная конференция-семинар EDM'2009: сборник трудов / НГТУ, 2009, с. .339-341. **8.** Делоне Н.Б. Квантовая физика [Текст] / Н.Б.Делоне. – М: Физмалит, 2004. – 88 с.

Реквизиты для справок. *Россия, 659305, Бийск, ул.Трофимова, 27, Бийский технологический институт АлтГТУ (БТИ АлтГТУ), кафедра методов средств измерений и автоматизации, инженер Зырянова М. Н., тел. (3854) 432450. zyryanova.mn@bti.secna.ru; канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры Сыпин Е.В. sev@bti.secna.ru; инженер Лисаков С.А., тел. (3854) 432450. foxlsa@mail.ru*

3 ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ КОМПЛЕКСЫ

ВИХРЕТОКОВАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФЕКТОВ СПЛАВОВ

ДМИТРИЕВ С.Ф., ИШКОВ А.В., МАЛИКОВ В.Н.,
САГАЛАКОВ А.М., КАТАСОНОВ А.О., РЕПЕТУН Д.Ю.

Методы и средства неразрушающего вихретокового контроля применимы для поиска дефектов в изделиях из любых электропроводящих материалов. Такое измерение позволяет при необходимости исследовать в заводских условиях каждое выпускаемое изделие.

В современном машиностроении широко применяют дюралюминий и алюминиево-магниевые сплавы. Такие сплавы являются основными конструкционными материалами в авиации и космонавтике. Благодаря удачному сочетанию прочности и легкости их широко применяют при производстве скоростных поездов, например поездов Синкансэн (Япония), и во многих других отраслях машиностроения. Например, сплав Д16АМ применяется в экстремальных условиях низких температур, дюралюминий Д16Т пластичен и поэтому используется в судостроении. С учетом областей применения данных сплавов, контроль качества изделий, изготавливаемых из подобных материалов, является крайне актуальной задачей.

Конструктивное исполнение датчика – вихретокового преобразователя. Разработан сверхминиатюрный вихретоковый преобразователь (ВТП) [1-4] для локального контроля физических параметров при исследовании свойств пластин из алюминиевых сплавов и сварных швов. Достоинством данного преобразователя является возможность, в отличие от аналогичных приборов, проводить локальные измерения на участках величиной порядка сотен микрометров и на глубинах порядка 5 мм. Непосредственно измеряемым параметром является электрическая проводимость материала и ее распределение по поверхности и толщине исследуемого объекта. Вихретоковый преобразователь подключен к звуковой плате компьютера со специальным программным обеспечением (ПО), управляющим подачей напряжения на возбуждающую обмотку преобразователя, а также считывающим значения напряжения с измерительной обмотки в условных единицах, которые далее с учетом предварительной калибровки переводятся в значения электропроводности. В общем виде, схема работы измерительной системы выглядит следующим образом: цифровой сигнал от виртуального генератора поступает на вход цифроаналогового преобразователя (ЦАП) звуковой карты. После ЦАП уже аналоговый сигнал через усилитель мощности подается на возбуждающую обмотку ВТП. При этом синусоидальный сигнал создает электромагнитное поле, которое, взаимодействуя с исследуемым объектом, наводит

ЭДС в измерительной обмотке ВТП. Через предусилитель это напряжение поступает на микрофонный вход звуковой карты и затем на вход аналого-цифрового преобразователя (АЦП) звуковой карты, где аналоговый сигнал преобразуется в цифровой и передается в блок обработки и управления ПО. Этот блок фиксирует значения цифрового сигнала в условных единицах, соответствующих значениям напряжения U и на измерительной обмотке. Звуковая плата компьютера дает возможность во время сканирования варьировать частоту электромагнитного поля, создаваемого возбуждающей обмоткой преобразователя, в диапазоне 100 ÷ 2000 Гц.

Результаты экспериментов и их анализ. Эксперименты проводили на пластинах №1 и №2 из дюралюминия Д16Т.

Пластина №1 толщиной 5,5 мм имела три дефекта в виде прорезей шириной 1 мм, не доходивших до противоположной поверхности 1, 3 и 4 мм (рис. 1, а). Пластина №2 толщиной 5,5 мм имела шесть дефектов в виде прорезей шириной 0,25 мм, не доходивших до противоположной поверхности на 1, 2, 3, 4, 5 и 5,3 мм (рис. 1, б).

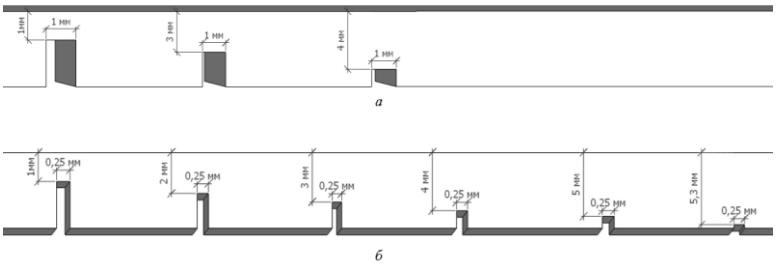


Рис. 1. Используемые образцы:
а – пластина №1; б – пластина №2

При проведении экспериментов с пластиной №1 напряжение, подаваемое на возбуждающую обмотку ВТП, составляло $U_в = 2$ В.

С целью определения чувствительности датчика к дефектам в глубине металла осуществляли сканирование со стороны бездефектной поверхности пластины. Полученные данные представлены на рис. 2.

Результаты дефектоскопии пластины №1 при частоте $\omega = 500$ Гц позволили обнаружить все три прорези по уменьшению амплитуды выходного сигнала U и. Уменьшение амплитуды сигнала $U_и$ на первом дефекте составило 0,75 В, на втором – 0,2 В, на третьем – 0,1 В.

Эксперименты подтвердили эффективность разработанной измерительной системы для поиска дефектов шириной от 1 мм, оканчивающихся на глубине до 4 мм от бездефектной поверхности.

Для установления предела локализации магнитного поля сконструированным ВТП измерительную систему тестировали на пластине №2 с дефектами шириной 0,25 мм, оканчивающимися на глубине до 5,3 мм от бездефектной поверхности.

Результаты дефектоскопии при частоте ω = 500 Гц позволили обнаружить пять дефектов на глубине от бездефектной поверхности соответственно 1, 2, 3, 4 и 5 мм (см. рис.3.).

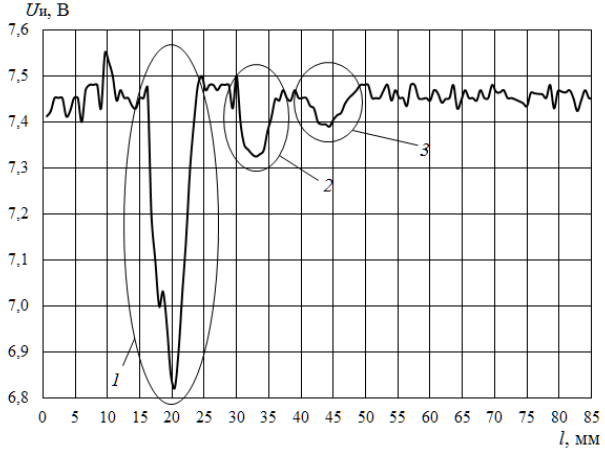


Рис. 2. Результаты сканирования пластины №1

Уменьшение амплитуды выходного сигнала $U_и$ на первом дефекте составило 2,5 В, на втором – 1 В, на третьем – 0,4 В, на четвертом – 0,2 В, на пятом – 0,1 В. Изменения отклика сигнала при прохождении над шестым дефектом не зафиксировано.

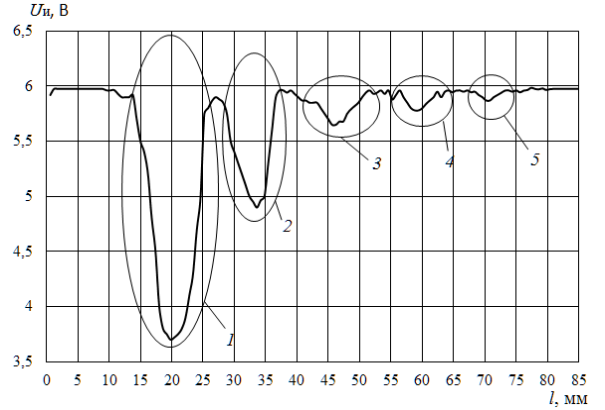


Рис. 3. Результаты сканирования пластины №2

Выводы. Таким образом, результаты эксперимента показали большие возможности метода вихревых токов при исследовании дефектов, скрытых в толще металла. Если ранее вихретоковый метод контроля можно было использовать для контроля только поверхностных дефектов (трещин, прорезей, нарушения сплошности поверхностного слоя металла), то

применение сверхминиатюрных вихретоковых преобразователей и специального программного обеспечения позволило локализовать магнитное поле на малом участке объекта контроля и добиться значительной глубины проникновения поля в глубину исследуемого объекта при подборе соответствующей частоты поля, создаваемого возбуждающей обмоткой.

Литература. 1. Поляков В.В., Дмитриев С.Ф., Ишков А.В., Руденский Г.Е., Колубаев Е.А., Маликов В.Н. О дефектоскопии многослойных металлополимерных слоистых композитов системы al-(ПЭНД-al)x-al методом вихревых токов // Ползуновский вестник. - 2013 - №. 2 - С. 133-138. **2.** Поляков В.В., Дмитриев С.Ф., Ишков А.В., Колубаев Е.А., Маликов В.Н. Диагностика композиционных материалов на основе алюминиевых сплавов с помощью сверхминиатюрных вихретоковых преобразователей // Известия Алтайского государственного университета. - 2013 - №1-2(77). С. 181-183. **3.** Дмитриев С.Ф., Ишков А.В., Маликов В.Н., Сагалаков А.М. Вихретоковые преобразователи для исследования переходов металл-диэлектрик // Известия Алтайского государственного университета. - 2014 - №1-2 - С. 168-171. **4.** Dmitriev S.F., Ishkov A.V., Malikov V.N., Sagalakov A.M., Katasonov A.O. Non-destructive testing of the metal-insulator-metal using miniature eddy current transducers // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Advanced Materials in Construction and Engineering. Сер. "International Scientific Conference of Young Scientists: Advanced Materials in Construction and Engineering, TSUAB 2014" 2015.

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЧВЫ БОЛЬШОЙ ПЛОЩАДИ В МНОГОЧИСЛЕННЫХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ТОЧКАХ НА ОСНОВЕ ОСЦИЛЛИСТОРНЫХ СЕНСОРОВ С ЧАСТОТНЫМ ВЫХОДОМ

ДРОБОТ П.Н.

Для измерения температуры почвы используют жидкостные, газовые термометры, полупроводниковые датчики температуры, термометры сопротивления, платиновые термометры. Для единичных измерений температуры почвы используют метеорологические жидкостные термометры с максимальной глубиной измерения 200 мм, но для контроля температуры в тепличных хозяйствах такой способ не рационален.

В настоящее время наиболее приемлемым методом измерения температуры почвы в теплицах является использование электронных многоканальных систем, подобных комплексу измерения температуры почвы ИТП-16 производства АО «Специальные системы связи», г. Харьков, Украина. ИТП-16 предназначен для измерения температуры почвы на поверхности и в глубинных слоях в автоматическом режиме с использованием проводного канала.

ИТП-16 представляет собой 16-ти канальную систему. В качестве первичных преобразователей температуры используются платиновые

термометры сопротивления (ТСП). Измерения осуществляются при совместной работе блока электроники измерителя температуры почвы (БЭИТП) и ТСП. БЭИТП преобразует значения сопротивлений ТСП в значения температуры в местах установки (в почве, на ее поверхности, над ее поверхностью).

Каждый ТСП подключается через электронные коммутирующие цепи к БЭИТП по четырехпроводной схеме. Два провода образуют токовую цепь, в которую включается последовательно с ТСП образцовое сопротивление R_0. Питаются токовые цепи от источника тока (ИТ). С двух других проводов снимается падение напряжения с ТСП и подается на вход аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Кодовые выходы АЦП подключены к контроллеру, который по специальному алгоритму пересчитывает выходные кодовые сигналы АЦП в значения сопротивлений, а затем и в температуру. Выходная информация по одному из последовательных портов подается через радио или проводной канал в персональный компьютер и заносится в его память.

Таким образом, измерительная система ИТП-16 состоит из 16 платиновых термометров сопротивления, 16 образцовых сопротивлений, электронных коммутирующих цепей, одного источника тока, одного АЦП, одного контроллера и персонального компьютера. В системе ИТП-16 задача решается традиционным способом: аналоговый сигнал измерительной ячейки ТСП + R_0, представляющей аналоговый чувствительный элемент, подается по проводному каналу связи в АЦП.

Решение задачи мониторинга температуры во многих точках пространства, удаленных друг от друга и от аппаратуры обработки данных, технически значительно упрощается, если вместо аналоговых сенсоров использовать сенсоры с частотным выходом.

Известны малогабаритные осциллисторные сенсоры температуры с частотным выходом, построенные на зависимости от температуры частоты колебаний тока, возникающих при развитии в специальном полупроводниковом диоде винтовой неустойчивости полупроводниковой плазмы [1–3].

Осциллистором называется специальным образом изготовленный полупроводниковый диод, помещенный в магнитное поле, параллельное протекающему через диод току. Если приложенным к диоду напряжением U создать в нем электрическое поле E и инжектированную электронно-дырочную плазму, то начиная с определенных пороговых значений $U_П$, $E_П$ и магнитной индукции $B_П$ в базе диода возбуждаются винтовые волны плотности электронно-дырочной плазмы, что приводит к появлению колебаний тока в цепи осциллистора. Эти колебания тока можно регистрировать как падение напряжения на резисторе R_0 включенном последовательно с диодом.

В диапазоне температур, наиболее употребляемом в тепличном хозяйстве, осциллисторный сенсор температуры обладает следующими характеристиками: частота генерации изменяется от 425 до 200 кГц при на-

пряжении питания прямоугольными импульсами 65 В, высокая чувствительность 3,1 кГц/К при высокой амплитуде сигнала 0,47 – 0,04 В, линейная зависимость частоты от температуры.

Осциллисторный сенсор с частотным выходом обладает существенными достоинствами: прямое преобразование температуры в частоту переменного сигнала; высокая чувствительность частоты к температуре; высокая амплитуда информационного сигнала; хорошая помехозащищенность и возможность без предварительного усиления передавать информацию на расстояние до нескольких километров по проводным линиям, поскольку полезная информация заключена в частоте; удобство и высокая точность частотных измерений; возможность прямого подключения к компьютеру или микропроцессорным устройствам; частотный выход облегчает преобразование информации в цифровой параллельный код.

Если в ИТП-16 каждую измерительную ячейку ТСП + R_0 заменить на осциллисторный сенсор температуры, то значительно упроститься схема измерения. В этом случае становятся не нужными 16 образцовых сопротивлений R_0, входящих в каждую измерительную ячейку, а достаточно одного, размешенного в блоке электроники, сопротивления, сигнал с которого подается в выходной канал связи с компьютером. Вместо четырех проводов, выходящих из каждой измерительной ячейки, достаточно использовать один провод, а вторым проводом использовать заземление, учитывая, что в тепличном хозяйстве почва всегда увлажнена. Причем роль такого заземления с успехом может играть металлический водопровод, имеющийся в каждой теплице. В блоке электроники не нужны АЦП и контроллер, т.к. сигнал от сопротивления нагрузки сразу идет на персональный компьютер через ручной переключатель датчиков или через мультиплексор. Роль ИТ выполняет генератор прямоугольных импульсов напряжения, импульсы могут быть одиночными.

Таким образом, использование осциллисторных сенсоров с частотным выходом приведет к значительному упрощению схемы мониторинга и повышению ее надежности, к увеличению точности результата и уменьшению затрат на оборудование и, связанного с этим, снижения удельной стоимости на канал измерения.

В 2006 г. на VI Международном салоне инноваций и инвестиций инновационный проект «Осциллисторный сенсор температуры с частотным выходом» был отмечен дипломом (руководитель проекта к.ф.-м.н. П.Н.Дробот).

Литература. 1. V. I. Gaman, P.N. Drobot. Oscillistor sensors with a frequency output based on a silicon structures // International conference on actual problems of electronic instrument engineering proceedings .–1998.–№1.–p.p. 133-134. **2.** V. I. Gaman, P.N. Drobot. Silicon oscillistor as a thermometer with frequency output // Russian Physics Journal .– 1995 .–V. 38 .– Iss.2.–p.p. 143-146. **3.** Дробот П.Н., Дробот Д.А. Осциллисторные сенсоры с частотным выходом // Южно-Сибирский научный вестник. 2012.–№ 1.–С.120-123.

Реквизиты для справок: *Россия, 634050, Томск, пр. Ленина, 40, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, кандидату физико-математических наук, доценту Дробот П.Н., тел. (382-2) 70-17-37. E-mail:dpn7@mail.ru*

SUBMINIATURE EDDY-CURRENT TRANSDUCERS FOR CONDUCTIVE MATERIALS RESEARCH

DMITRIEV S.F., ISHKOV A.V., MALIKOV V.N., SAGALAKOV A.M., DAVYDCHENKO M.A., ZHDANOV I.A.

Non-destructive testing of a number of structures occupies a special place in modern materials science. Aluminum-magnesium (AMG) alloys are the main structural materials in aircraft and astronautics, thanks to good combination of strength and lightness. Duralumin is used in the electrical engineering, chemical and food industries. They are also used in manufacturing of ventilation systems, in radio engineering, in construction. For example, the D16AM alloy brand is used in extreme cold environments. D16T duralumin is flexible and therefore it is used in shipbuilding. Despite our great experience in using vortex-current transducers (VCT) in the sphere of nondestructive control, several important aspects still need to be studied nowadays. The development of eddy-current measuring system used for detecting defects in layered composites, aluminum alloys, able to assess the quality of titanium alloy welds is an urgent task. Since eddy-current testing method is insensitive to non-conductive layers of paint, it can be used to diagnose the details with varnish-and-paint cover.

Materials and measurement procedure. One of the well-known drawbacks of eddy-current flaw detection is the ability to control the quality of a relatively thin surface layer of a conductive material. Upgraded design of the measuring system includes two differentially included subminiature transducers. Such a construction allows to detect defects at the a depth up to 5 mm due to its small size and the special shape of the cores.

Eddy-current measuring system has been developed on the basis of super small eddy-current transducer [10]. Controlled parameter is the value of electrical conductivity of the material and its distribution over the surface and the thickness of the tested object. Eddy-current transducer is connected to a series of bandpass filters and amplifiers, managed using a PC working on the bases of special software. The software controls voltage supply to transducer generator winding, and also reads voltage values from measuring winding in conventional units, which are then converted into electrical conductivity values, given the preliminary calibration.

Exciting subminiature transmitter winding consists of 10 turns, and its diameter is 0.13-0.12 mm. Measuring winding consists of 130 turns and its diameter is 0.05-0.08 mm.

In order to minimize the influence of the exciting windings on the received signal, compensating winding is included into the circuit. The compensating winding is connected to the measuring winding so that the voltage of the exciting windings can be subtracted. The compensating winding consists of 20 turns. Copper wire 5 μm thick is used to the wind the turns. The windings are wound on pyramidal shape core. The core is made of HM3 2000 ferrite with initial magnetic permeability of the value of of μmax=500. Specifications of developed transducers allow to efficiently localize magnetic field within the limits of 2500 μm^2 and to provide considerable depth of its penetration into the object under study. The digital signal from the virtual generator is input to an analog-to-digital converter, a sound card, after which the analog signal through the power amplifier is fed to the exciting winding transducers. Passing through the excitation winding, sine wave creates an electromagnetic field which induces a voltage in the measuring winding in eddy-current converter, which depend on the parameters of the object of control. This signal is fed to the microphone input of the sound card and then through the preamplifier to the input of an analog-to-digital converter sound card. The analog signal is converted to digital one and transferred to the processing and control unit of the software . The processing and control unit fixes the level of the digital signal in conventional units corresponding to the difference between the voltages on the measuring windings.

This level is assumed to be zero, it corresponds to the signal that takes place when both transducers are situated over the defect-free sections the object under control.

Using computer sound card makes it possible to carry out scanning of electromagnetic field frequency variation which is generated by transducer excitating winding in the range of 20Hz to 2kHz.

Experimental results. Samples with model defects were prepared in order to assess the maximum depth and the linear dimensions of the defects, for the detection of them it is advisable to use the eddy-current inspection method.

The samples were plates of Al-Mg alloy. The thickness of the first plate was 5.5 mm. The plate contained three defect in the form of slits 1 mm thick at the depths of 1, 3 and 4 mm. The thickness of the second plate was 5.5 mm. The plate contained six defects in the form of slits of 0.25 mm thick at the depths of 1, 2, 3, 4, 5 and 5.3 mm.

In order to determine the sensitivity of the sensor to the defects at the depth of the metal, scanning of defect-free side of the sample was performed. During the experiments with the first plate the magnitude of the inserted voltage to the exciting winding of the transducer was 2 V.

The results of the defectoscopy of the first plate, with the defects of 1 mm thick at the frequency of 500 Hz and 2 V signal amplitude allowed to detect all three slits by means of signal amplitude drop (Fig.1.). Signal amplitude drop in the first defect was 0.6 V, in the second one - 0.4 V, in the third one - 0.2 V.

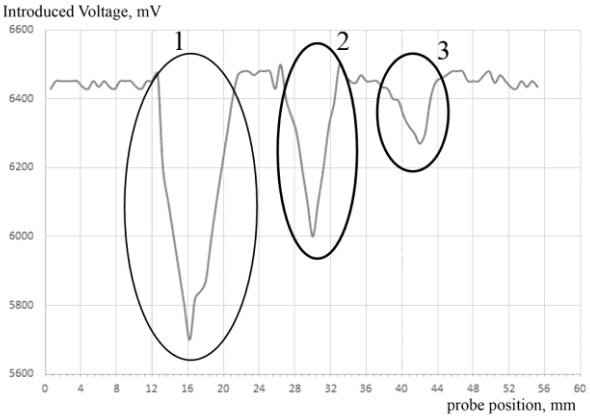


Fig.1. Results of the plates №1. 1, 2 and 3 scanning - the defects numbers

The results of defectoscopy at the frequency of 500 Hz and 3 V signal amplitude allowed to reveal five defects (Fig.2.). The signal amplitude drop at the first defect was 2.5 V, at the second defect – 1 V, at the third one - 0.4 V, at the fourth one - 0.2 V, at the fifth defect - 0.1 V. The changes in the response signal when passing over the sixth defect were not fixed.

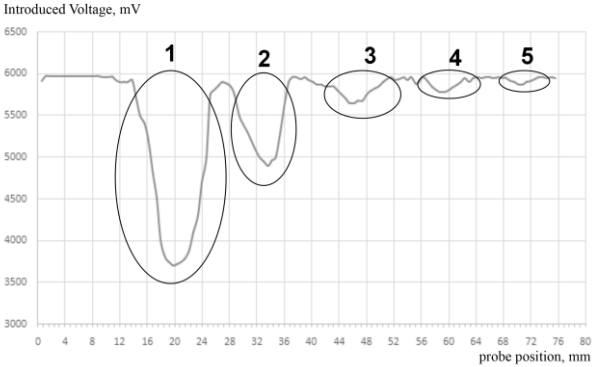


Fig.2. Results of plate №2 scanning

The experimental results show the effectiveness of the developed measuring system to find defects of the thickness from 0.25 mm at the depth of 5 mm.

Conclusion. The developed measurement system based on eddy-current subminiature transducers, allows greater localization of electromagnetic field in comparison with previously known similar systems. The pyramidal shape of the core, the system of band pass filters and selective amplification allow to reduce interference and achieve significant penetration depth of eddy currents in the object under study. The developed eddy-current transducers can effec-

tively produce scanning of titanium alloys welds and analyze their quality. The developed software allows to automate measurements and make rapid changes in the operating frequency of the device.

References. 1. Malikov V., Dmitriev S., Sagalakov A., Ishkov A.. Subminiature Eddy Current Transducers for Studying Metal-Dielectric Junctions // Instruments and experimental techniques. - 2014 - №. 57(6) - С. 751-754. **2.** Dmitriev S.F., Ishkov A.V., Malikov V.N., Sagalakov A.M., Katasonov A.O. Non-destructive testing of the metal-insulator-metal using miniature eddy current transducers // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2015 - №71.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ ПЛАТЫ СБОРА ДАННЫХ ЛА-50, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВСХОЖЕСТИ ЗЕРЕН ПШЕНИЦЫ

МИШЕНИНА Е.С., ХОХЛОВА Е.В., ЗРЮМОВА А.Г., ПРОНИН С.П.

Сельское хозяйство является одним из важнейших направлений развития Алтайского края. До сих пор не теряет своей актуальности задача контроля всхожести зерен пшеницы, что важно для получения урожая, который будет отличаться хорошим качеством и востребован на рынке.

Только при высоком качестве семян могут быть реализованы все потенциальные возможности сорта. Но не все показатели качества семян имеют прямое отношение к уровню урожайности. Поэтому возникает необходимость контролировать всхожесть пшеницы, и определять факторы, влияющие на урожайность. На кафедре информационных технологий АлтГТУ, совместно с Росхельхозцентром по Алтайскому краю уже в течение 8 лет проводятся исследования в данном направлении. Для определения посевных качеств семян разработаны методы и средства контроля, позволяющие определить всхожесть зерна по величине потенциала действия, т. к. в ходе исследований было установлено, что именно по значению потенциала действия можно определить, какую урожайность будет давать зерновая культура. Для этих целей была разработана экспериментальная установка [1, 2].

Измерения потенциала действия зерен пшеницы проводятся с помощью платы сбора данных ЛА-50 [3]. Данный прибор предназначен для работы в качестве внешнего устройства совместно с ПК типа IBM PC/AT. Основным назначением прибора является преобразование непрерывных, аналоговых входных сигналов в цифровую форму, которая удобна в дальнейшей обработке сигнала при помощи ПК. Однако, несмотря на большое количество исследований с помощью ЛА-50, сама плата сбора данных не была исследована.

Целью работы является исследование метрологических характеристик программно-аппаратного комплекса на основе платы сбора данных ЛА-50.

Для достижения цели решали следующие задачи:

– разработать и собрать электрическую схему для исследования изменения показаний напряжения программно-аппаратного комплекса в диапазоне изменения входного эталонного напряжения от 0 мВ до 100 мВ с шагом 5 мВ;

– провести метрологический анализ полученных данных;

– исследовать корреляционную зависимость между эталонными и экспериментальными значениями напряжения.

Для решения поставленных задач была разработана и собрана электрическая схема в виде делителя напряжения, изображенная на рис.1.

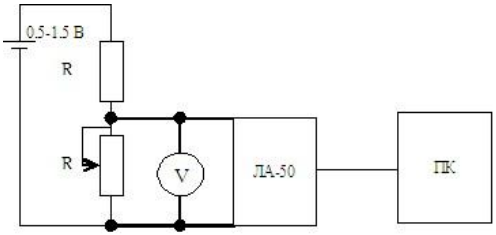


Рис. 1. Электрическая схема тестирования платы сбора данных ЛА-50

Внешний вид программно-аппаратного комплекса представлен на рис. 2.

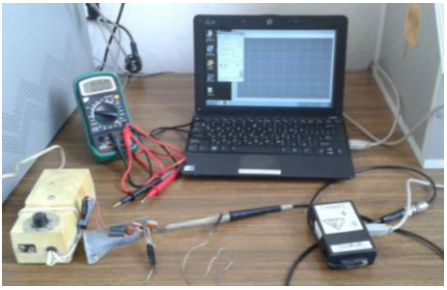


Рис. 2. Внешний вид программно-аппаратного комплекса на основе платы сбора данных ЛА-50

От блока питания с регулируемым напряжением U = 0,5÷1,5 В через делитель напряжения на плату сбора данных ЛА-50 подавалось напряжение, которое являлось эталонным напряжением $U_Э$. Для его контроля использовался мультиметр. Сопротивление R_1 имело постоянное значение, равное R_1= 120 Ом. В качестве R_2 использовали подстроечное сопротивление, изменяемое в диапазоне R_1 = 0÷100 Ом.

Для каждого задаваемого эталонного напряжения $U_Э$ десять раз выполняли измерение напряжения $U_К$ с помощью программно-аппаратного комплекса.

Для расчета погрешности и выявления связи между эталонными и экспериментальными значениями напряжения была проведена математи-

ческая обработка результатов по методике, изложенной в монографии [4]. Для этого рассчитывали среднее значение U_{Kcp} для каждого заданного эталонного напряжения и доверительный интервал. Далее были рассчитаны абсолютная и относительная погрешности.

На рис. 3 представлен график зависимости напряжения $Uк_{ср}$, выдаваемого программно-аппаратным комплексом, от эталонного напряжения Uэ.

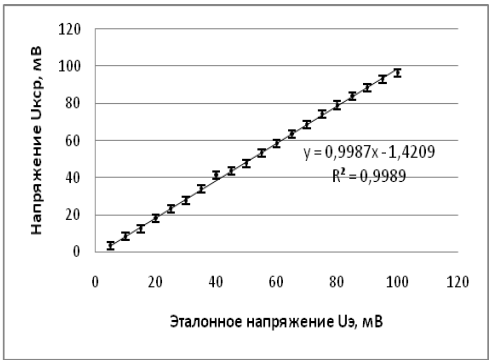


Рис. 3. График зависимости напряжения Uкср, выдаваемого программно-аппаратным комплексом, от Uэ.

Выводы. Абсолютная случайная погрешность измерения напряжения, вносимая платой сбора данных ЛА-50, не превышает 4 мВ на всем диапазоне изменения напряжения от 0 до 100 мВ. Аппроксимирующее линейное уравнение y = 0,9987x – 1,4209 говорит о том, что плата сбора данных вносит систематическую погрешность измерения, равную 1,4 мВ. Эту погрешность можно исключать в дальнейших измерениях. Потенциала Нернста у зерен пшеницы при различной всхожести составляет 70÷120 мВ. Следовательно, с учетом исключения систематической погрешности, плата сбора данных вносит максимальную относительную погрешность от 3% до 6%.

Вывод. В ходе исследования установлено, что плата сбора данных ЛА-50 пригодна для исследования потенциала действия зерен пшеницы, и может быть использована в экспериментальных исследованиях всхожести зерен.

Литература. 1. Экспериментальная установка для исследования потенциала действия зерен пшеницы / Шереметьев М.В., Зырянов А.А., Мерченко Н.Н., Зрюмова А.Г., Пронин С.П. Ползуновский альманах. 2011. № 1. С. 177-178. **2.** Обзор методов контроля всхожести семян пшеницы по изменению мембранного потенциала / Мерченко Н.Н., Пронин С.П., Зрюмова А.Г. Ползуновский альманах. 2013. № 1. С. 142-144. **3.** Руководство пользователя ВКФУ.411619 2005г ЗАО Руднев – Шиляев. Россия, 127994, г. Москва ул. Сущевская, д 21. **4.** Румшиский, Л. З. Математическая обработка результатов эксперимента: справ. рук-во /Л. З. Румшиский.-М.: Наука, 1971.-192 с.: ил.

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, Барнаул, ул. Ленина, 46, Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, кандидат технических наук, доцент кафедры ИТ Зрюмова А.Г.., тел. (385-2) 29-09-13. E-mail:a.zrumova@mail.ru.*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭПЮРА ВНОСИМОГО НАПРЯЖЕНИЯ ВТП ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПЕРЕХОДОВ СТАЛЬ-ДИЭЛЕКТРИК

ДМИТРИЕВ С.Ф., ИШКОВ А.В., МАЛИКОВ В.Н.,
САГАЛАКОВ А.М., КАТАСОНОВ А.О., ЖДАНОВ И.А.

Вихретоковые методы контроля – широко применяющийся метод неразрушающего контроля, основанный на анализе взаимодействия внешнего электромагнитного поля с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых возбуждающей катушкой в электропроводящем объекте контроля. Особенность вихретокового преобразователя в том, что его можно проводить без контакта преобразователя и объекта.

Электротехническая сталь – это сталь, характеризующаяся ярко выраженными электромагнитными свойствами. Данный тип стали применяют для производства различных электротехнических изделий. К примеру, это электромагниты и элементы электродвигателей, генераторы и трансформаторы, дроссели, реле, стабилизаторы.

Эта сталь является сплавом железа с кремнием, содержание которого в ней 0,8 - 4,8%. Такие стали, в которые вводятся в малом количестве какие-либо вещества для улучшения их свойства, называются легированными.

С учетом областей применения данных сталей, контроль качества изделий, изготавливаемых из подобных материалов, является крайне актуальной задачей. Сложность вихретоковых методов контроля при исследовании данного материала заключается в значительном усилении магнитного поля самим образцом.

Конструктивное исполнение датчика – вихретокового преобразователя. Для измерения эпюра напряжения вихретокового преобразователя (ВТП) на границе диэлектрик – проводящее ферромагнитное пространство использовалась установка на основе ВТП и цифрового преобразователя перемещения (ЦПП). Установка сконструирована на основе флоппи дисковода. Переоборудованный дисковод служит устройством перемещения для сканирующей головки с внедренным ВТП. Площадка для объектов исследования изготовлена из диэлектрика. Объект помещается на площадку над сканирующей головкой комплекса. При работе комплекса головка с ВТП не касается объекта исследования, но находится на небольшом расстоянии от него, порядка 0,5 мм. Для считывания и обработки результатов использовалось программное обеспечение, накапливающее информацию в виде массива точек, который автоматически записывается в буфер, после чего его можно поместить в среду Origin, для дальнейшего изучения. По результатам исследований можно судить о характере поведения вноси-

мого напряжения. Также использовалось программное обеспечение, управляющее ЦПП с целью обеспечения возможности дискретного измерения вносимого напряжения, созданные на языке С++. Схема установки представлена на рис. 1.

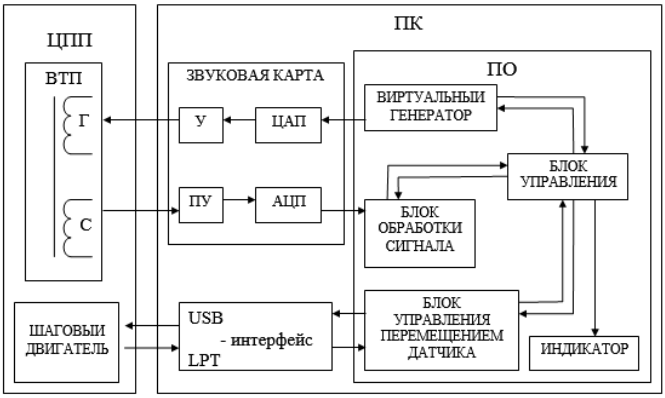


Рис.1. Схема установки роботизированного комплекса на основе ВТП

После запуска ПО, блок управления, при помощи микшерной подсистемы Windows, выставляет коэффициенты усиления входного и выходного усилителей звуковой карты ПК на определенные уровни, а так же непосредственно задает уровень и частоту синусоидального сигнала виртуального генератора. После подготовительных действий виртуальный генератор переводится в режим генерации сигнала. Цифровой сигнал от виртуального генератора поступает на вход ЦАП звуковой карты, проходя через который преобразовывается в аналоговый. Аналоговый сигнал, в свою очередь, после прохождения усилителя мощности (У) подается на генераторную катушку (Г) ВТП. При протекании синусоидального сигнала по генераторной катушке ВТП, создается электромагнитное поле, которое в свою очередь наводит ЭДС в сигнальной катушке (С) ВТП. Это напряжение подается на микрофонный вход звуковой карты, где, пройдя предусилитель (ПУ), поступает на вход АЦП звуковой карты. Оцифрованный сигнал передается блоку обработки сигнала ПО. Блок обработки фиксирует уровень цифрового сигнала в условных единицах. Этот уровень называется уровнем нуля, и соответствует уровню напряжения на сигнальной катушке без объекта контроля[1-3]. Он передается блоку управления. Блок управления в свою очередь отслеживает ввод координат перемещения датчика и передает эти данные блоку управления перемещением датчика. Блок управления перемещением датчика подает соответствующие сигналы через USB (LPT) интерфейс шаговому двигателю.

Результаты экспериментов и их анализ. Эксперимент проводился с участием двух материалов, отложенных на расстоянии 1 см друг от друга. Сканирующие измерения начинались с электротехнической стали, через диэлектрик (бумагу) и заканчивались опять на стали. Схема сканирова-

ния и фотография образцов представлены на рис. 2. Результаты экспериментов представлены на рис. 3.

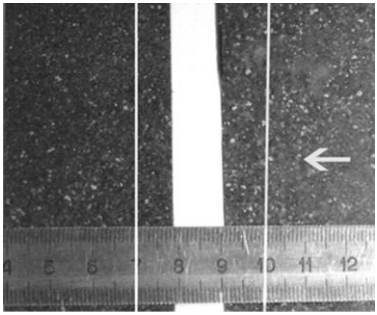


Рис.2. Фотография образца с направлением движения сканирования

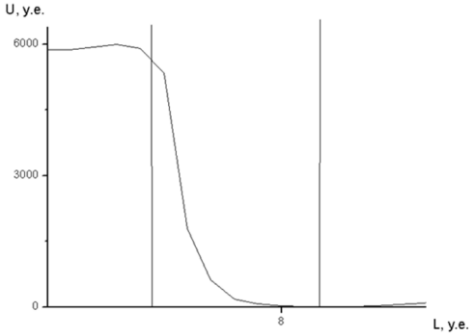


Рис. 3. График эпюра напряжения на границе электротехническая сталь – диэлектрик

На графике видно, что в области диэлектрика вносимое напряжение резко падает до значения 2300 у.е., но к нулю стремится значительно более медленно. В приближении видно, что на границе раздела, отклик ферромагнетика не прекращается резко до нуля, а ниспадает по экспоненциальному закону.

Выводы. Во время исследований выявились результаты, позволяющие производить анализ изменений вносимого напряжения на границах различных разделов. Данные исследования могут помочь в изучении толщинометрии и создании новых, более чувствительных датчиков на основе ВТП трансформаторного типа.

Полученные результаты для безэкранных датчиков позволяют построить нелинейные зависимости эпюров напряжения в поперечном направлении относительно границы диэлектрик - проводящее ферромагнитное пространство. В зависимости от свойств пространства, частоты поля, магнитной проницаемости и геометрии ВТП позволяют определить границу, где функция проводимости может быть аппроксимирована.

Литература. 1. Поляков В.В., Дмитриев С.Ф., Ишков А.В., Руденский Г.Е., Колубаев Е.А., Маликов В.Н. О дефектоскопии многослойных металлополимерных слоистых композитов системы al-(ПЭНД-al)x-al методом вихревых токов // Ползуновский вестник. - 2013 - №. 2 - С. 133-138. **2.** Поляков В.В., Дмитриев С.Ф., Ишков А.В., Колубаев Е.А., Маликов В.Н. Диагностика композиционных материалов на основе алюминиевых сплавов с помощью сверхминиатюрных вихретоковых преобразователей // Известия Алтайского государственного университета. - 2013 - №1-2(77). С. 181-183. **3.** Дмитриев С.Ф., Ишков А.В., Маликов В.Н., Сагалаков А.М. Вихретоковые преобразователи для исследования переходов металл-диэлектрик // Известия Алтайского государственного университета. - 2014 - №1-2 - С. 168-171.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗА МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ СТЕРЖНЕЙ

ХОРОХОРДИН А. Ю., АБАНИН В.А.

Одна из основных задач формирования нейронных сетей (НС) - аппроксимирование различных зависимостей, получаемых в результате проведения экспериментов или испытаний. НС применяются с целью повышения эффективности проведения испытаний в частности, для перехода от разрушающего метода испытаний к неразрушающему методу контроля механической прочности стержней из полимерных композиционных материалов на производстве ООО «Бийский завод стеклопластиков».

Целью работы является поиск эффективного критерия оценки НС для прогнозирования механической прочности стержней при переходе к неразрушающему методу контроля.

Сложность обучения НС заключается в необходимости оценки влияния большого числа параметров нейросетевой модели на точность прогнозирования механической прочности стержней.

Для достижения указанной цели применена следующая методика проектирования НС. Обучение НС проводится по методу обучения с учителем. Из имеющегося опыта установлена целесообразность использования нейронной сети с тремя слоями. В качестве активационной функции использована S-образная функция с диапазоном выходных значений [1,-1]. В качестве критерия эффективности обучения нейронных сетей принято использовать относительную ошибку прогноза.

В качестве данных для обработки использовались результаты испытания стеклопластиковой арматуры (стержней) методом продольного изгиба [1].

Входными данными для обучения нейронной сети являлась информация об участке завода, времени изготовления образца, а также значения прочности, силы и напряжения на стержне. Значения выбирались в двух

точках диаграммы нагружения при испытании методом продольного изгиба: первая точка - в момент потери стержнем устойчивости; вторая - при достижении механического напряжения во внутреннем объеме стержня 900 МПа. Вторая точка выбрана как максимально допустимое значение напряжения, при котором стержень сохраняет эксплуатационные свойства[2-4].

При построении моделей НС важно определить уровень достоверности прогнозирования. При использовании аппроксимирующих функций достоверность можно вычислить, используя среднюю ошибку аппроксимации. При использовании нейросетевой модели применение данного показателя точности является недостаточно достоверным.

Причина недостаточной достоверности в методе подготовки данных для обучения НС. Все данные, как обучающие примеры, так и требуемые выходные значения приведены к диапазону {1,-1}.

По этой причине НС даже на первых этапах обучения показывает высокую точность прогнозирования для всей совокупности обучающих примеров, выделяя среднее значение механической прочности стеклопластиковых стержней. Однако точность прогнозирования для каждого отдельного стержня невысокая. Точность прогноза прочности для каждого отдельного стержня можно оценить, рассчитав относительную погрешность в нормированных единицах.

На рисунке 1 представлено распределение относительной ошибки прогнозирования в двух размерностях.

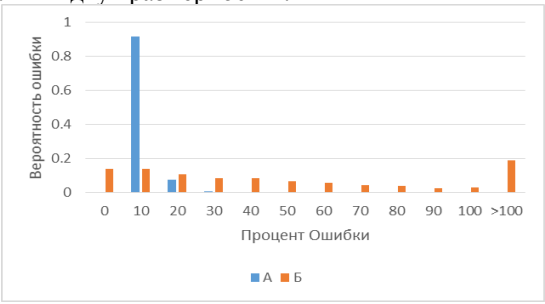


Рис. Распределение ошибки прогнозирования механической прочности стеклопластиковых стержней

Гистограмма «А» показывает распределение погрешности прогноза при расчете относительной ошибки в единицах механической прочности стержней, МПа. В этой размерности ошибка прогнозирования для большенства значений не превышает 10%.

Гистограмма «Б» показывает распределение точности прогноза при расчете в относительных единицах. Из анализа графика следует, что более чем 20% значений прогнозируются с погрешностью более 100%.

Из анализа рисунка следует, что НС слабо обучена. Погрешности для НС составляют 4,5% применительно к реальным значениям механической прочности и 220% для нормированных значений. НС с такими параметрами пригодна для выявления существенных ошибок в процессе технологии изготовления стержней, но не позволяет оценить качество каждого испытываемого стержня.

Выводы. В результате проведенных исследований установлено, что оценки эффективности НС, обучаемых для целей прогнозирования механической прочности стеклопластиковых стержней, целесообразно использовать относительную ошибку прогнозирования, определяемую в нормированных единицах.

Литература. 1. Блазнов А.Н. Методы механических испытаний композиционных стержней/ А.Н. Блазнов, В.Ф.Савин, Ю.П. Волков, А.Я. Рудольф, О.В. Старцев, В.Б. Тихонов; под ред. А.Н. Блазнова, В.Ф. Савина. [Текст] - Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та. 2011.-314 с. **2.** Хорохордин, А.Ю. Разработка информационной системы испытательной лаборатории ООО «Бийский завод стеклопластиков»/ А.Ю Хорохордин., М. Ю. Локтев, В. А Абанин. // В сборнике материалов 6-й Всероссийской научно-практической конференции «Управление качеством образования, продукции и окружающей среды».- Бийск.- 2012.-С.162-165. **3.** Хорохордин А.Ю. Информатизация испытательной лаборатории ООО «Бийский завод стеклопластиков» [Текст]/ А.Ю. Хорохордин, М.Ю.Локтев, В.А. Абанин // Ползуновский вестник. —Барнаул: Изд-во АлтГТУ. 2013. – №2. – С. 222–225 **4.** Хорохордин А.Ю. Применение нейросетевых технологий при проектировании информационных систем промышленных предприятий»[Текст]/А.Ю. Хорохордин, В.А. Абанин // Материалы 2-ой международной научно-практической конференции (Бийск, 2-5 марта 2014 г.)/Алтайская гос. академия обр-я им. В.М. Шукшина. – Бийск: ФГБОУ ВПО «АГАО», 2014. – С. 143-147..

Реквизиты для справок: 1. *Хорохордин А. Ю., инженер-лаборант, тел: 8-905-924-20-00,:sashaqpnet@mail.ru - ООО «Бийский завод стеклопластиков»; 2. Абанин В.А., д.т.н , профессор кафедры методов средств измерений и автоматизации Бийского технологического института(филиал)ФГБОУ ВО АлтГТУ,тел 8-923-646-53-78, aba@bti.secna.ru*

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВИХРЕТОКОВОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

ДМИТРИЕВ С.Ф., ИШКОВ А.В., МАЛИКОВ В.Н.,
САГАЛАКОВ А.М., КАТАСОНОВ А.О., РЕПЕТУН Д.Ю.

Вопросы дефектоскопии занимают важное место в современной прикладной физике и индустрии. В традиционных отраслях промышленно-

сти США, например, затраты на контроль качества составляют в среднем 1 – 3% стоимости выпускаемой продукции, а в таких отраслях промышленности, как оборонная, атомная, аэрокосмическая, затраты на контроль качества возрастают до 12 – 20%[1]. В этой связи актуальной задачей представляется разработка вихретоковых измерительных систем, предназначенных для локальных измерений электропроводности в неоднородных материалах, поиска дефектов в сплавах.

Конструктивное исполнение датчика – вихретокового преобразователя (ВТП). Конструкция измерительной системы включает в себя два дифференциально включенных сверхминиатюрных преобразователя, обеспечивающих высокую локализацию магнитного поля (в пределах 2500 мкм^2). Миниатюрные размеры и особая форма сердечника позволяют определять локальную электропроводность материалов в сильно неоднородных средах. В частности, разработанный датчик позволяет отыскивать микроскопические дефекты в неоднородных материалах на глубине до 5 мм благодаря миниатюрным размерам и особой форме сердечников.

Контролируемым параметром является величина электропроводности материала и ее распределение по исследуемому объекту. ВТП подключен к серии разработанных усилителей и полосовых фильтров, управляемых с помощью звуковой карты персонального компьютера, работающего под управлением специального программного обеспечения. Программное обеспечение управляет подачей напряжения на генераторную обмотку преобразователя, а также позволяет считывать значения напряжения с измерительной обмотки первоначально в некоторых условных единицах, которые далее, с учетом предварительной калибровки, переводятся в значения электропроводности[2].

Измерительная система, построенная на основе миниатюрного вихретокового преобразователя, работает следующим образом. Программное обеспечение персонального компьютера управляет работой генератора, который формирует последовательность прямоугольных импульсов напряжения с частотой следования f1, необходимой для работы вихретоковых преобразователей. Импульсы напряжения с выхода генератора передаются на два последовательно включенных интегратора, после чего направляются на вход усилителя мощности. С выхода усилителя импульсы напряжения поступают на возбуждающие катушки индуктивности вихретоковых преобразователей. Разность выходных напряжений измерительных катушек преобразователей несет информацию о структурных неоднородностях объекта контроля, находящихся в зоне действия вихретоковых преобразователей. Разность выходных напряжений преобразователей выделяется и усиливается в специальном микрофонном усилителе. Сигнал поступает на амплитудный детектор после прохождения двух последовательно подключенных качественных фильтров низких частот и двух

последовательно подключенных селективных усилителя. Далее сигнал через аналого-цифровой преобразователь передается на персональный компьютер. Благодаря одновременному управлению частотой генерируемого сигнала на возбуждающей катушке и частотой среза системы фильтрации, а также селективного усиления происходит выделение полезного сигнала, несущего информацию о распределении электропроводности внутри объекта, в частности, о возможных дефектах объекта. Программное управление позволяет изменять рабочую частоту измерительной системы так, чтобы сигнал, получаемый с измерительной обмотки, был надежно зарегистрирован.

Результаты экспериментов и их анализ. С целью оценки максимальной глубины залегания и линейных размеров дефектов, для нахождения которых целесообразно использовать вихретоковый метод контроля, был подготовлен образец с модельными дефектами. Образец представлял из себя пластину из сплава Al-Mg (Al-94%, Mg-3%). Толщина пластины составляла 5.5 мм. В пластине содержалось 6 дефектов в виде прорези толщиной в 0.25 мм, залегающих на глубине 1, 2, 3, 4, 5 и 5.3 мм.

С целью определения чувствительности датчика к дефектам, залегающим в глубине металла, осуществлялось сканирование с бездефектной стороны образца.

При проведении экспериментов с первой пластиной величина вносимого напряжения на возбуждающую обмотку преобразователя составляла 2 В.

Результаты исследования пластины при частоте 500 Гц и амплитуде сигнала 3 В позволили обнаружить пять дефектов (рис.1).

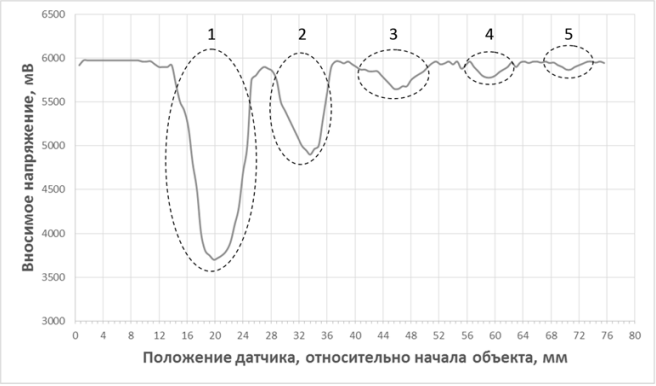


Рис. 1. Результаты сканирования пластины №2 с включенной системой фильтрации

Падение амплитуды сигнала на первом дефекте составляло 2.5 В, на втором дефекте – 1 В, на третьем дефекте – 0.4 В, на четвертом – 0.2 В, на пятом – 0.1 В. Изменения отклика сигнала при прохождении над шестым дефектом не зафиксировано в силу его малой величины. Рис. 2 пока-

зывает целесообразность использования системы усилителей и полосовых фильтров при поиске дефектов глубокого залегания.

Рис. 2. Результаты сканирования пластины №2 без использования системы фильтрации

Дефекты, лежащие на глубине 3 мм и более, практически незаметны на фоне помех.

Результаты эксперимента показывают эффективность разработанной измерительной системы для поиска дефектов толщиной от 0,25 мм, залегающих на глубине до 5 мм.

Выводы. Разработанная измерительная система, основанная на сверхминиатюрных вихретоковых преобразователях, позволяет добиться большей локализации электромагнитного поля в сравнении с известными ранее аналогичными системами.

Пирамидальная форма сердечника, система полосовых фильтров и наличие селективного усиления позволили существенно снизить уровень помех и добиться значительной глубины проникновения вихревых токов в исследуемый объект. Сканирование дефектов в алюминиевых сплавах позволяет обнаруживать дефекты с линейными размерами порядка 100 мкм, лежащими на глубине до 5 мм. Разработанное программное обеспечение, эффективно управляющее системой фильтрации, позволяет автоматизировать измерения и производить оперативное изменение рабочей частоты прибора.

Литература. 1. Поляков В.В., Дмитриев С.Ф., Ишков А.В., Руденский Г.Е., Колубаев Е.А., Маликов В.Н. О дефектоскопии многослойных металлополимерных слоистых композитов системы al-(ПЭНД-al)x-al методом вихревых токов // Ползуновский вестник. - 2013 - №. 2 - С. 133-138. **2.** Поляков В.В., Дмитриев С.Ф., Ишков А.В., Колубаев Е.А., Маликов В.Н. Диагностика композиционных материалов на основе алюминиевых

сплавов с помощью сверхминиатюрных вихретоковых преобразователей // Известия Алтайского государственного университета. - 2013 - №1-2(77). С. 181-183. **3.** Дмитриев С.Ф., Ишков А.В., Маликов В.Н., Сагалаков А.М. Вихретоковые преобразователи для исследования переходов металл-диэлектрик // Известия Алтайского государственного университета. - 2014 - №1-1 - С. 240-243. **4.** Дмитриев С.Ф., Маликов В.Н., Ишков А.В., Лященко Д.Н. Метрологическое обеспечение виртуализированных измерительных приборов, реализующих метод вихревых токов // Ползуновский вестник. – 2012 - №3-2. С. 147-149.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ВЫЧИСЛЕНИЯ ОЦЕНОК СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ МОЩНОСТИ

ЯКИМОВ В.Н., МАШКОВ А.В.

Решение широкого круга прикладных задач в таких областях науки и техники, как акустика, локация, диагностика, идентификация и др., связано со спектральным анализом (СА) непрерывных случайных процессов (СП). При этом одним из основных классических методов СА является коррелограммный метод, согласно которму осуществляется вычисление оценки спектральной плотности мощности (СПМ):

$$\hat{S}_{XX}(f) = 2\int_0^T \hat{R}_{XX}(\tau)\cos 2\pi f\tau d\tau, \qquad (1)$$

где $\hat{R}_{XX}(\tau)$ – оценка корреляционной функции СП $X(t)$; T – продолжительность времени СА.

В настоящее время широкое распространение получил цифровой подход к реализации коррелограммного метода оценивания СПМ. Однако он требует выполнения многочисленных операций цифрового умножения, что приводит к существенным временным затратам.

Достаточно эффективно решить задачу снижения временных затрат можно за счет использования знакового аналого-стохастического квантования. Такое квантование позволяет осуществлять грубое двухуровневое квантование СП без систематической погрешности [1].

Пусть в результате двух независимых процедур знакового аналого-стохастического квантования в пределах интервалов времени $0 \le t \le T$ и $0 \le t \le 2T$ сформированы знаковые сигналы:

$$z_1(t) = \mathrm{sgn}\{\overset{o}{x}(t) + \xi_1(t)\} \quad \text{и} \quad z_2(t) = \mathrm{sgn}\{\overset{o}{x}(t) + \xi_2(t)\}, \qquad (2)$$

где $\mathrm{sgn}\{...\}$ – оператор знакового преобразования; $\overset{o}{x}(t)$ – центрированная реализация исследуемого СП $X(t)$; $\xi_1(t)$ и $\xi_2(t)$ – вспомогательные равномерно распределенные случайные сигналы.

В качестве оценки $\hat{R}_{XX}(\tau)$ для $0 \le \tau \le T$ возьмем несмещенную оценку следующего вида [2]:

$$\hat{R}_{XX}(\tau) = \xi_{\max}^2 T^{-1} \int_0^T z_1(t) z_2(t+\tau) dt. \qquad (3)$$

Подставим (3) в (1) и изменим порядок интегрирования. Тогда:

$$\hat{S}_{XX}(f) = 2\xi_{\max}^2 T^{-1} \int_0^T z_1(t) \int_0^t z_2(\tau) \cos 2\pi f (t-\tau) d\tau dt. \qquad (4)$$

Знаковые сигналы $z_1(t)$ и $z_2(t)$ принимают значения -1 и $+1$, которые последовательно сменяют друг друга. Поэтому динамику изменения этих сигналов во времени можно однозначно описать с помощью их начальных значений $z_1(t_0)$ и $z_2(t_0)$, отсчетов моментов времени $\{t_i^{z_1}\}$ и $\{t_j^{z_2}\}$, в которые они пересекают нулевой уровень, где $1 \le i \le I-1$ и $1 \le j \le J-1$. При этом $t_0^{z_1} = t_0^{z_2} = t_0 = 0$, $t_I^{z_1} = T$ и $t_J^{z_2} = 2T$. С учетом данного представления знаковых сигналов $z_1(t)$ и $z_2(t)$ интегралы в (4) могут быть вычислены аналитически. В результате для дискретныхчастот $f_n = n\Delta f$, где $\Delta f = T^{-1}$, получаем [3]:

$$\hat{S}_{XX}(f_n) = \frac{T}{2}\left(\frac{\xi_{\max}}{\pi n}\right)^2 z_1(t_0) \sum_{i=0}^{I} (-1)^i \lambda_i z_2(t_i^{z_1}) \sum_{j=m(i)}^{m(i)+r(i)+1} (-1)^{j-m(i)+1} \gamma_j \cos 2\pi f_n t_{ji}, \qquad (5)$$

$$t_{ji} = t_j^{z_2} - t_i^{z_1}, \quad t_{m(i)}^{z_2} = t_i^{z_1}, \quad t_{m(i)+r(i)+1}^{z_2} = t_i^{z_1} + T,$$

$$\lambda_i = \begin{cases} 1, & i = 0 \text{ и } i = I; \\ 2, & 1 \le i \le I-1. \end{cases} \quad \text{и} \quad \gamma_j = \begin{cases} 1, & j = m(i) \text{ и } j = m(i)+r(i)+1; \\ 2, & m(i)+1 \le j \le m(i)+r(i). \end{cases}$$

Из (5) следует, что операции умножения вырождаются в процедуры, которые в своей основе требуют выполнения логических операций и арифметических операций суммирования и вычитания дискретных значений $\cos 2\pi f_n t_{ji}$, что снижает трудоемкость оценивания СПМ.

На основе (5) разработан цифровой алгоритм и соответствующее ему программное обеспечение (ПО). Данное ПО предназначено для функционирования в составе комплексного ПО статистической информационно-измерительной системы (ИИС). При разработке компонент ПО были учтены требования, обусловленные необходимостью оценки влияния ПО на метрологические характеристики ИИС и защиты обрабатываемой информации, в том числе и измерительной информации (ИИ), от непреднамеренных и преднамеренных изменений.

Помимо эффективности особое внимание было уделено качественной организации структуры ПО, логичности и доступности пользовательского интерфейса, а также возможности расширения системы для наращивания дополнительного функционала по мере необходимости. Эти харак-

теристики, в той или иной степени, определили архитектуру разработанного ПО, представляющую собой многоуровневую организацию системы, в которой каждый уровень выполняет определенную функцию. Для достижения баланса между функциональностью и сложностью структуры ПО было выделено три основных уровня: уровень представления, уровень логики и уровень данных (рис.1). [4]

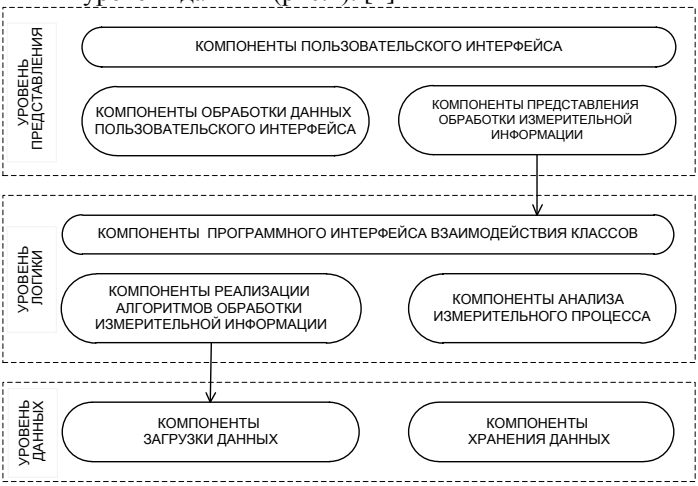


Рис. 1. Многоуровневая архитектура ПО ИИС

В соответствии с выделенными тремя уровнями была разработана структура классов ПО (рис.2). Данный подход к разработке ПО позволил реализовать принцип разделения ответственности программных компонентов, т.е. каждый компонент отвечает за выполнение только своей задачи и взаимодействует с компонентами других уровней по установленным связям через разработанные интерфейсы. Согласно этой концепции были выделены следующие классы, которые легли в основу программной реализации ИИС [5]:

– класс MainForm – определяет главную оболочку ИИС;

– класс MultiChart – определяет графический интерфейс визуализации промежуточных результатов обработки ИИ;

– классы BaseModel и BaseModelControl – определяют соответсвенно программный и графический интерфейсы модуля загрузки ИИ;

– классы BaseModelPreperer, BaseAnalyser и BaseAnalyserControl – определяют программный и графический интерфейсы модулей подготовки и анализа данных исследуемой реализации СП;

– класс RealSignalModelBase – организация хранения ИИ;

– класс RealSignalFromExcelFileModel – реализует процедуру загрузки данных исследуемой реализации СП в ИИС;

– класс ItemArray – предназначен для хранения оценок СПМ.

Детали реализации классов скрыты друг от друга, а взаимодействие между ними происходит через защищенные программные интерфейсы, что предотвращает ввод ошибочного набора параметров и данных.

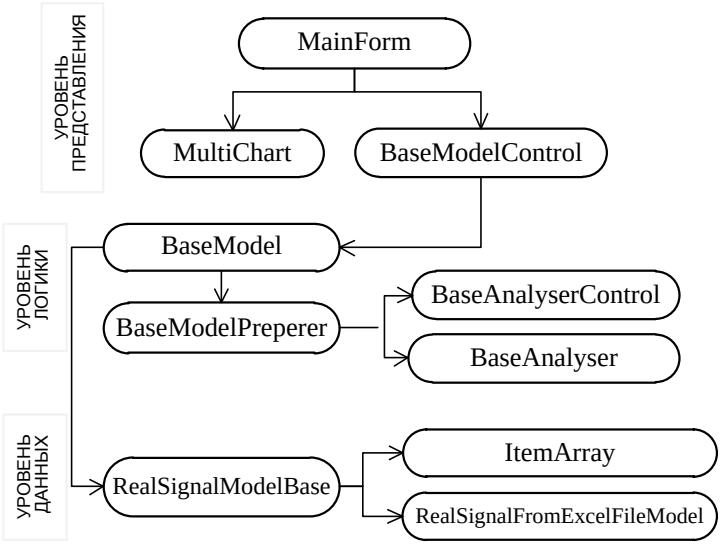


Рис.2. Многоуровневая структура классов ПО ИИС

Выбор парадигмы многоуровневой архитектуры организации классов позволил интегрировать разработанное ПО в структуру комплексного ПО статистической ИИС. Данный подход к разработке ПО способствует решению задачи оперативного вычисления оценок СПМ.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 16-08-00269-А).

Литература. 1. Якимов В.Н. Обобщенная математическая модель двухуровневого знакового преобразования // Техника машиностроения. – 2000. – № 4. – С. 72-74. **2.** Якимов В.Н. Цифровой корреляционный анализ на основе интервального представления результата знакового преобразования случайных процессов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2001. – №11. – С. 61-66. **3.** Якимов В.Н. Цифровое оценивание спектральной плотности мощности на основе знакового стохастического квантования непрерывных процессов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2001. №12. – С. 60-64. **4.** Гамма Э. и др. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования. СПб.:Питер, 2006. 366с. **5.** Якимов В.Н., Горбачев О.В. Программное обеспечение системы измерения амплитудных спектров колебательных процессов // Программные продукты и системы. – 2013. – № 2. – С. 166-171.

Реквизиты для справок: *Россия, 443100, Самара, ул. Молодогвардейская, 244, Самарский государственный технический университет,*

кафедра информационных технологий, д.т.н., профессор Якимов В.Н. - yvnr@hotmail.com., преподаватель Машков А.В. – mavstu@list.ru, тел. (846) 337-12-74.

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ КОНТРОЛЯ СИЛЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ СНЕЖНО-ЛЕДЯНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ РЕЗАНИЮ ДИСКОВЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

САТЫШЕВ А.С., ГАНЖА В.А., КОВАЛЕВИЧ П.В., КАПТЮК И.В., ПАНЧЕНКО И.В.

Общая протяжённость российской сети автодорог общего пользования федерального, регионального и местного значения оценивается Росавтодором в 1 396 000 км, в том числе 50 800 км федерального значения. Постоянно возрастающая величина грузонапряжённости, интенсивности и скорости движения влечёт за собой увеличение трудозатрат на их содержание. Наиболее затратным является зимнее содержание автодорог, так как 70% из них расположено в зонах, где длительность зимнего периода превышает 140 дней в году.

Среди основных задач зимнего содержания автодорог можно выделить механический метод удаления снежно-ледяных образований (СЛО) с помощью отвальных (плужных), щёточных, шнекороторных, фрезерно-роторных и других рабочих органов уборочных машин. Однако, в случае формирования прочных СЛО качественная очистка рабочими органами, перечисленными выше, затрудняется или становится невозможной.

Для модернизации существующих и создания новых рабочих органов в [1] предлагается использовать дисковый режущий инструмент, что позволяет снизить энергоёмкость и увеличить производительность. Основным контролируемым параметром, при оснащении рабочих органов уборочных машин дисковыми резцами, является сила сопротивления прочных СЛО резанию. Для более объективного изучения процесса взаимодействия дискового инструмента с прочными СЛО предлагается контролировать три составляющие силы резания: горизонтальную, боковую и вертикальную. Контроль составляющих непосредственно на рабочем органе требует больших трудозатрат и дорогостоящего оборудования (датчики силы, оснастка для их монтажа), поэтому целесообразно исследовать в лабораторных условиях одиночный полноразмерный дисковый резец. В ИНиГ СФУ создан лабораторный стенд [4], позволяющий проводить эксперименты с полноразмерным дисковым резцом. Стенд позволяет изменять такие параметры резания, как скорость, шаг, задний угол, глубину.

Для контроля составляющих силы сопротивления прочных СЛО резанию необходимо спроектировать измерительный комплекс. Наиболее широкое распространение, для измерения различных сил резания, получил тензометрический метод контроля [2, 3]. Он заключает в себе про-

стоту и дешевизну измерений без потери точности измерений. Задача контроля силы сопротивления прочных СЛО резанию сводится к контролю электрического сопротивления чувствительных элементов.

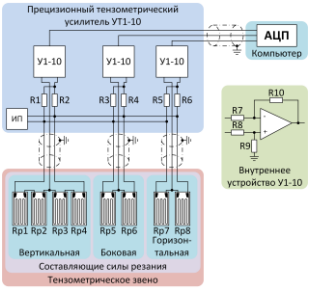


Рис. 1. Структурная схема измерительного комплекса для контроля силы сопротивления резанию

На рис. 1 приведена структурная схема измерительного комплекса, который состоит из тензометрического звена, прецизионного тензометрического усилителя УТ1-10 и компьютера с установленной платой АЦП L-154. Все элементы комплекса соединены экранированным, заземлённым кабелем. Чувствительным элементом комплекса является тензорезистор КФ5П1-20-200-А-12-С5, имеющий следующие технические характеристики:

- номинальное электрическое сопротивление – 200 Ом;
- ток питания – 20 мА;
- диапазон измеряемых деформаций – $\pm 3000 \cdot 10^{-6}$;
- коэффициент тензочувствительности – $1{,}9\ldots2{,}3$;
- рабочая область температура – от -70 до +200 °С.

Тензорезистор наклеен на тензометрическое звено, представляющее собой круглую бобышку с тонкими стенками, расположенную на прямоугольной плите, служащей для крепления его к лабораторному стенду. Изделие выполняется из стали марки 55С2. Такая конструкция обеспечивает наилучший уровень деформации тензорезисторов одновременно для всех составляющих силы сопротивления прочных СЛО резанию.

На рис. 2 приведён общий вид тензометрического звена (Б) с установленным на него кронштейном (2) для крепления режущего инструмента. Тензометрической звено в сборе с дисковым инструментом устанавливается на лабораторный стенд описанный в [4].

Также на рис. 2 приведена схема наклейки тензорезисторов (А). Для измерения горизонтальной составляющей силы резания используется полу мостовая схема включения, с избирательной чувствительностью, тензорезистор $R_{Г1}$ включён в первое плечо измерительного моста, а $R_{Г2}$ – в четвёртое. Такая схема позволяет обеспечить избирательную чувствительность тензометрического моста к деформации изгиба (не чувстви-

тельна к деформации растяжения-сжатия), возникающей в следствии действия горизонтальной составляющей силы резания. Для боковой составляющей используется схема включения тензорезисторов аналогичная приведённой выше. Тензорезистор $R_{Б1}$ включён в первое плечо измерительного моста, а $R_{Б2}$ – в четвёртое. Для измерения вертикальной составляющей, диаметрально расположенные тензорезисторы R_{B1} и R_{B2} необходимо включить в одно плечо полумоста. Во второе плечо включаются компенсационные тензорезисторы R_{B3} и R_{B4}, обеспечивающие также термокомпенсацию. Все схемы включения обеспечивают термокомпенсацию и компенсацию сопротивления соединительных проводов.

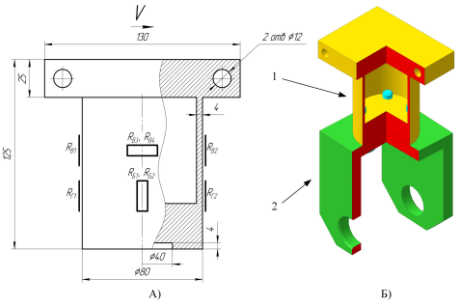


Рис. 2. Тензометрическое звено:
А – схема наклейки тензорезисторов; Б – общий вид тензометрического звена; 1 – тензометрическая головка; 2 – крепёж дискового режущего инструмента

Прецизионный тензометрический усилитель УТ1-10 имеет в основе прецизионный операционный усилитель (ОУ) 140УД17, двух полярный источник питания, калибровочные резисторы, стрелочные приборы указателя нулевого сигнала. ОУ имеет следующие характеристики:

- максимальное выходное напряжение – ±12 В;
- напряжение смещения нуля – 75 мкВ;
- ток потребления – 4 мА;
- коэффициент усиления напряжения – 200 000;
- напряжение питания – $\pm(13{,}6\ldots16{,}5)$ В
- температура окружающей среды – $-10\ldots+70$ °С;

Включение ОУ по дифференциальной схеме обеспечат исключительную чувствительность к изменению сопротивления, что в свою очередь повышает чувствительно всей системы к малому изменению нагрузки.

Усиленный сигнал поступает на вход платы АЦП L-154, которая обеспечивает обработку и фиксацию сигнала в удобном для анализа виде. Плата АЦП имеет следующие характеристики:

- разрядность – 12 бит;

- диапазон входного сигнала – ±5.12 В;
- максимальная частота преобразования – 70 кГц;
- входное сопротивление – 2 МОм;

Вывод. Совместное использование лабораторного стенда и измерительного комплекса позволяет с минимальными затратами контролировать три составляющие силы сопротивления прочных СЛО резанию, что позволяет на стадии проектирования: рассчитать трудозатраты на изготовление рабочих органов; рассчитать энергоэффективность проектируемого рабочего органа; дать рекомендации по способу применения рабочего органа.

Литература. 1. Ганжа, В. А. Обоснование конструкции и основных параметров дискового режущего инструмента для разрушения снежноледяных образований: // автореферат дис. канд. техн. наук / В. А. Ганжа – Красноярск, 2011. – 24с. **2.** Соколов, Л. К. Исследование процесса резания мерзлого грунта с целью обоснования и выбора рациональных параметров рабочих органов траншейных экскаваторов: // автореферат дис. канд. техн. наук / Л. К. Соколов – М., 1976. – 22 с. **3.** Карнаухов, А.И. Обоснование энергосберегающих параметров торцовых фрез и режимов резания лесных почв для выполнения работ в лесном хозяйстве: // автореферат дис. канд. техн. наук / А. И. Карнаухов – Красноярск, 2009. – 24с. **4.** 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. **5.** ДЛИЖ 411618.003 ТО. Плата L-154 / Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – М.: Л-Кард, 2003. – 39 с.

Реквизиты для справок. *Россия, 660041, Красноярск, пр. Свободный 82 ст. 6, СФУ, ИНиГ, кафедра ТОГСМ, ст. преподаватель* ***Сатышев А.С.*** *satushev@gmail.com, тел. 8-913-170-03-09.*

СТЕНД ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ШВА, ФОРМИРУЕМОГО ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СВАРКЕ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

ХМЕЛЁВ В.Н., СЛИВИН А.Н., АБРАМОВ А.Д., ВАКАР М.Е.

Решение технологических проблем современных производств во многих случаях требует формирования качественных, герметичных сварных соединений при производстве изделий из термопластичных полимерных материалов. Наиболее эффективным становится применение ультразвуковой (УЗ) сварки [1-3].

При УЗ сварке в сварном шве могут образовываться дефекты: поры, газовые полости, трещины, непровары, нарушения формы шва. Это может быть обусловлено недостатком энергии, выделяемой в зоне сварки,

что объясняется недостаточной или неравномерной амплитудой механических УЗ колебаний вдоль колеблющейся поверхности сварочного инструмента. Дефекты в виде перегаров могут возникать также из-за чрезмерной энергии, выделяемой в зоне шва. В процессе ультразвуковой сварки, происходящего нагрева, плавления и охлаждения могут изменяться свойства материалов, что приводит к их уплотнению и изменению толщины. Прочность получаемых сварных соединений при наличии дефектов всегда ниже, чем прочность исходных свариваемых материалов. Поэтому возникает необходимость формирования бездефектных швов с прочностью, близкой к прочности исходного материала. Ультразвуковая сварка является быстропротекающим процессом [4,5], и для большинства изделий из полимерных материалов толщиной 0,02–5 мм составляет 0,2–5 сек.

Для формирования качественного сварного шва необходимо исследование быстропротекающего процесса формирования сварного шва при УЗ воздействии.

Разработка стенда. Для исследования качества формируемого сварного шва в процессе УЗ сварки создан специализированный стенд, включающий оборудование для видеофотосъемки процесса УЗ сварки термопластичных материалов (рис. 1).

В состав стенда входит персональный компьютер 1 и цифровая окулярная видеокамера 5, которые позволяют, при разрешении 1024x768, обеспечить скорость передачи данных в 22 кадра в секунду, оцифровку изображения в файл, или вывод изображения исследуемого объекта на экран монитора через USB порт.

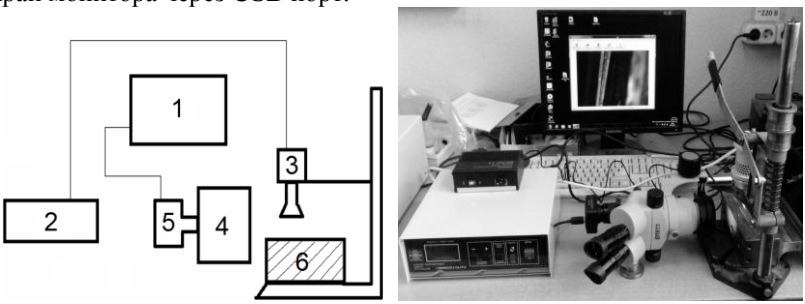


Рис. 1. Схема и стенд для исследования качества формируемого сварного шва в процессе УЗ сварки термопластичных материалов:
1 – ПК; 2 – УЗ аппарат; 3 – колебательная система со сварочным инструментом; 4 – микроскоп; 5 – камера для видеофотосъёмки

Камера используется совместно с микроскопом 4 «Альтами» с рабочим расстоянием 118 мм и диапазоном плавного увеличения изображения от 7 до 45 крат для наблюдения объемного изображения предметов в отраженном или проходящем свете. В состав стенда входит аппарат ультра-

звуковой сварки «Гименей-ультра» 2. Колебательная система 3 со сварочным инструментом для формирования сварного шва 25х2,5 мм устанавливается в штатив с металлической опорой 6, для обеспечения прижима с необходимым усилием 100-300 Н. Применение ультразвукового аппарата со штативом позволяет ввести в свариваемые материалы ультразвуковые колебания амплитудой от 20 до 50 мкм и частотой 22+1,65 кГц. Для контроля процесса сварки материалы из поливинилхлорида (ПВХ), толщиной 0,8 мм укладывались внахлёст на опору, так что бы был видна зона сварки между пластинами (рис. 2). При сварке формировалось соединение шириной 2,5-3 мм.

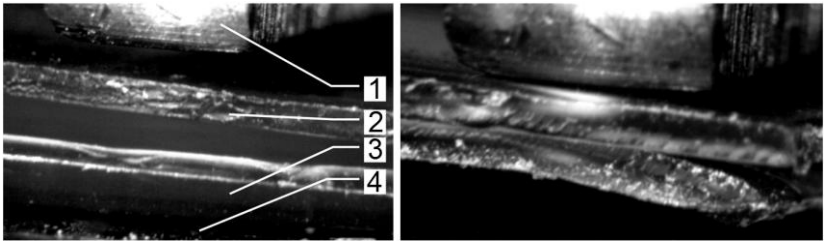


Рис. 2. Стадия обеспечения акустического контакта между сварочным инструментом и материалами: 1 – сварочный инструмент; 2,3 – свариваемые материалы; 4 – опора

По результатам видеосъемки формировался видеофайл с набором кадров, позволяющим контролировать протекание всего процесса.

Продолжительность процесса ультразвуковой сварки составила 1,5 с. Через 0,2 с. после образования УЗ контакта начинается разогрев поверхностей, через 0,5 с. начинается взаимопроникновение поверхностей и уже через 1,5 с. пластины ПВХ переходят в твердое состояние, и формируется герметичное, монолитное сварное соединение [6].

По окончании процесса формирования соединения происходит остывание и стабилизация сварного шва. Из полученных изображений следует, что в течение 0,5-1 сек. осуществляется движение текучего расплавленного материала даже при отсутствии УЗ воздействия. Проведённые исследования показали, что максимальное качество сварного шва (не имеющего дефектов, трещин, воздушных включений, и следов деструкции материала (рис. 4)) достигается при обеспечении равномерного по всей длине сварного шва, представленного на рис. 3.

Выводы. Разработанный стенд позволил осуществлять контроль процесса формирования сварного шва при УЗ сварке. Результаты контроля позволили визуально исследовать процесс и устанавливать режимы сварки, обеспечивающие максимальное качество шва.

Проведенные при помощи созданного стенда исследования позволили установить, что скорость протекания процесса и качество формируемого

сварного шва определяется амплитудой колебаний, временем УЗ воздействия и давлением сварочного инструмента.

Рис. 3. Сварной шов свариваемых материалов (качественный):
1 – Равномерный сварной шов.

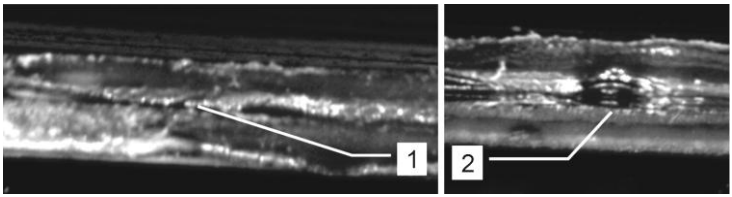


Рис. 4. Сварной шов с наличием дефекта (некачественный):
1 – Неравномерный сварной шов; 2 – дефект (газовая полость)

Увеличение длительности УЗ воздействия по сравнению с оптимальным приводит к перегреву материала в зоне сварки и его деструкции, что значительно снижает прочность сварного соединения. Уменьшение времени УЗ воздействия не позволяет нагреть материал в зоне сварки, что приводит к снижению интенсивности диффузионных процессов и в конечном результате, образованию менее прочных сварных соединений.

Литература. 1. Сливин, А. Н. Создание ультразвуковых аппаратов с оптимизацией энергетического воздействия для повышения эффективности сварки / А.Н. Сливин // диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Бийск: 2008. – 180 с.: ил. **2.** Khmelev, V. N., “Perfecting of the Technology and Development of the Apparatuses for Ultrasonic Welding ” / VA. N. Slivin, and A. D. Abramov, 14th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices EDM, 2013, pp. 182–186, July 2013. **3.** Хмелев, В.Н. Повышение эффективности энергетического воздействия при ультразвуковой сварке / В.Н. Хмелев, А.Н. Сливин, А.Д. Абрамов // Научно – технический вестник Поволжья. – 2013. – № 3. – С. 278–281. **4.** Хмелев, В.Н. Способ повышения качества работы ФАПЧ ультразвуковых технологических аппаратов / В.Н. Хмелев, С.Н. Цыганок, Барсуков Р.В., А.Н. Сливин, А.В. Шалунов // Измерения,

автоматизация и моделирование в промышленных и научных исследованиях: межвузовский сборник. - Бийск: АлтГТУ, 2002. **5.** Khmelev, V. N. “Model of process and calculation of energy for a heat generation of a welded joint at ultrasonic welding polymeric thermoplastic materials / V.N. Khmelev, A. N. Slivin, A. D. Abramov,” 2007 8th Annual International Workshop and Tutorials on Electron Devices and Materials, EDM'07 - Proceedings 2007 8th Annual International Workshop and Tutorials on Electron Devices and Materials, EDM'07. Russian Foundation of Basic Researches (RFBR), 2007, pp. 316–322, July 2007. **6.** Хмелёв, В.Н. Ультразвуковая сварка термопластичных материалов / монография / В.Н. Хмелев, А.Н. Сливин, А.Д. Абрамов, С.С. Хмелёв ; под ред. В.Н. Хмелева. – Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2014. – 281 с.

Реквизиты для справок. *Россия, 659305, Бийск, ул. Трофимова 27, Бийский технологический институт АлтГТУ, кафедра методов и средств измерений и автоматизации, д.т.н., профессор* ***Хмелев*** *В.Н. - vnh@bti.secna.ru, к.т.н., доцент.* ***Сливин*** *А.Н.– san@bti.secna.ru*; ***Абрамов*** *А.Д. – abramov@bti.secna.ru*; *магистрант* ***Вакар*** *М.Е.– 001_18@mail.ru, тел. (3854) 43-25-70.*

ГИПОТЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ НЕДОСТОВЕРНОГО УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

СОЛДАТОВ А.А.

Ранее, в работе «О критерии достоверности учета электроэнергии для информационно-измерительных комплексов» [1] говорилось, что учет электроэнергии на отходящих присоединениях 10(6) кВ подстанций 110/35/10(6) кВ (далее – Присоединение) обеспечивается информационно-измерительными комплексами, состоящими из многофункциональных счетчиков электрической энергии, измерительных трансформаторов тока и трансформаторов напряжения. Нами были описаны причины, приводящие к недоучету или к переучету электроэнергии, а главное – был найден критерий для определения достоверности учета электроэнергии на Присоединении.

Правильность работы измерительного комплекса предлагалось определять по мгновенному вольт-амперному состоянию узла учета электроэнергии. Данное состояние характеризуется множеством параметров, но для выяснения правильности работы измерительного комплекса посредством найденного нами критерия, достаточно знать величины вторичных токов и напряжений трехфазной сети, значения углов фазового сдвига между векторами токов и напряжений.

В настоящее время возможности интервальных приборов учета электроэнергии (далее – ПУ), устанавливаемых на присоединениях 10(6) кВ подстанций 110/35/10(6) кВ, позволяют обеспечить передачу по запросу «необходимых» вольт-амперных состояний сети для анализа достоверно-

сти работы узла учета в автоматизированные информационно-измерительные системы коммерческого (технического) учета электро-энергии (АИИСК(Т)УЭ). Распространённые в России АИИСК(Т)УЭ, имеющие в своем составе устройства сбора и передачи данных (УСПД), например, Сикон С70, 96Б ООО «ЧЭАЗ-ЭЛПРИ», ТокС «СКБ-Амрита», не способны передавать на уровень обработки необходимые для диагностики и контроля данные. В такой ситуации необходимо построение новой модели для контроля и диагностики системы учета электроэнергии подстанции, которая будет работать независимо от имеющихся систем АИИСК(Т)УЭ или в их составе.

Рассмотрим одну из типовых структурных схем системы АИИСК(Т)УЭ, используемую по сей день на подстанциях электросетей.

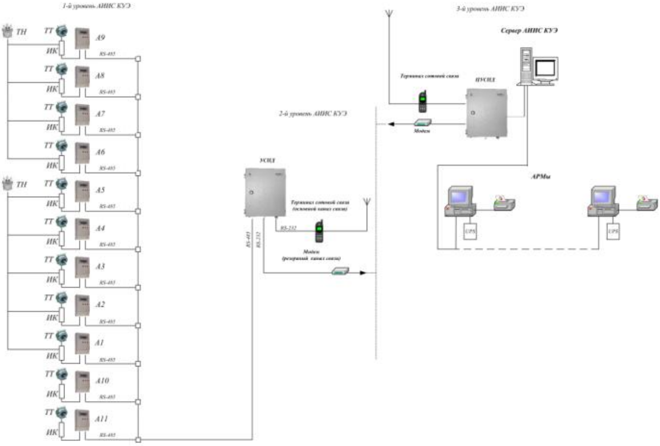


Рис. 1. Структурная схема автоматизированной системы учета электро-энергии подстанции.

Передача данных коммерческого учета по вышеуказанной схеме осуществляется методом опроса УСПД, установленного в помещении ПС 110/10 кВ, счетчиков электроэнергии через распространённые интерфейсы связи, исходя из рисунка по RS-485. Полученные сведения транслируются далее на центральное устройство сбора и передачи данных (ЦУСПД), сообщающимся с сервером всей системы. К недостаткам подобной схемы можно отнести:

1. отсутствие возможности опроса счетчиков на предмет получения информации о состоянии работы как узла учета, так и системы учета в целом;
2. каждая подобная система АИИСК(Т)УЭ должна лицензироваться в государственных контрольных органах средств измерений, что ведёт к значительному удорожанию всей системы учёта электроэнергии;
3. дороговизна технологического решения (УСПД, преобразователи интерфейсов).

Напомним, что данная схема актуальна для коммерческого (технического) учета электроэнергии. Для определения достоверности работы системы учета, требуется ее доработка.

Автоматизированную систему контроля и диагностики, сочетающую функции АИИСК(Т)УЭ удобно выполнить по клиент-серверной технологии. На подстанции требуется установка промышленного контроллера, клиентская роль которого сводится к получению текущего вольтамперного состояния прибора учета электроэнергии и отправки данного состояния через GSM на диспетчерский пульт энергетика, являющийся сервером. Под сервером следует понимать рабочую станцию с выходом в сеть Internet, на которой развернуто программное обеспечение контроля и диагностики состояния системы учета подстанции.

Предполагается, что клиентская часть должна иметь необходимые интерфейсы связи для коммуникации с электросчетчиками; в нашем случае используется распространенный в промышленности стандарт RS-485, в обозримой перспективе – Ethernet. Специализированное программное обеспечение, позволяющее производить считывание необходимых мгновенных значений в трехфазной электрической сети измеряемых прибором учета электроэнергии физических величин тока, напряжения, угла сдвига фаз, в исполняемом коде загружается в контроллер.

Рассмотрим рабочую схему автоматизированной системы контроля и диагностики, построенную на промышленных радиоэлементах.

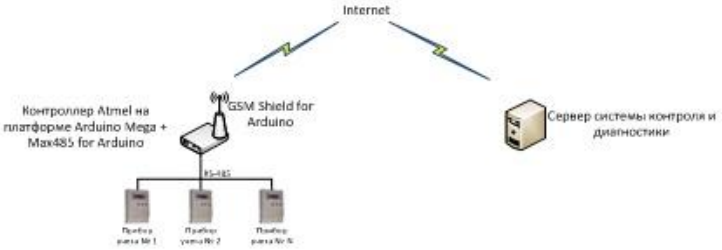


Рис. 2. Схема автоматизированной системы контроля и диагностики.

Клиентская часть системы располагается на подстанции электросетей. Состоит из платформы Arduino Mega с ядром микроконтроллера Atmel. Интегрируемая с основной платформой микросхема Max-485 обеспечивает канал связи с электросчетчиками подстанции в рамках стандарта RS-485. GSM Shield – gprs/gsm модем, также интегрируемый с Arduino Mega, служит для отправки данных через сеть Internet. Для работы в качестве интернет шлюза, следует заранее получить необходимые настройки для SIM-карты gprs/gsm модема у провайдера. При этом SIM-карте сопоставляется URI-имя, а модем, использующий ее, может получать и отправлять данные в сеть Интернет по http-запросу.

Серверная часть системы – компьютерная станция с разработанным программным обеспечением должна иметь следующие алгоритмы:

а) алгоритм отправки и получения запросов через сеть Internet, в рамках разработанного протокола обмена между клиентом и сервером;

б) алгоритм анализа полученных данных, с возможностью формирования заключения о работоспособности информационно-измерительных комплексов подстанции;

в) алгоритм визуального отображения диагностических отчетов о состоянии системы учета подстанции.

Программа позволяет сформировать запрос для клиентской части на предмет наличия приборов учета электроэнергии в сети RS-485 подстанции, результатом которого является возвращение списка сетевых адресов опрошенных устройств. Имея сетевые адреса электросчетчиков, возможно опросить единовременно все устройства сети, или любое в отдельности. Полученные текущие вольт-амперные состояния приборов учета используются в диагностике проверки нормальной работы информационно-измерительных комплексов подстанции.

Литература. 1. Солдатов, А.А. О критерии достоверности учета электроэнергии для информационно-измерительных комплексов / А.А. Солдатов // Вестник КГТУ им. А.Н.Туполева. – 2015. – № 3. – С. 126-131

Реквизиты для справок: *Россия, 429826, Алатырь, ул. Первомайская, 70 Алатырский филиал Чувашского государственного университета им. И.Н. Ульянова, старшему преподавателю, Солдатову А.А., тел. +7962 321-34-24. E-mail:aa.soldatov@bk.ru*

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗОНЫ ОСВЕЩЕННОСТИ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ

ГОПОНЕНКО А.С., КОВАЛЕВ М.К., ГРОЙПНЕР Ш., СИМЕНС Э.

В современных условиях развития энергоэффективных технологий большое внимание уделяется рациональному распределению электроэнергии в городе. По сравнению со стандартными уличными системами освещения интеллектуальная система освещения предполагает значительное снижение затрат на электроэнергию за счет контроля освещения в зависимости от внешних событий и условий[1].

Таким образом, разработка интеллектуальных систем освещения является актуальной в современных условиях.

Принципы, реализуемые в системе, могут быть представлены как:

1. Каждая лампа системы работает автономно и не требует настройки.

3. Система может легко коммутировать с другими системами города, может быть легко встроена в городскую систему.

4. Система распределена по узлам, то есть не существует центрального контролирующего элемента.

Каждая лампа оснащена средствами связи, датчиком и управляющим устройством (УУ). При обнаружении движущегося объекта, датчики по-

сылают сигнал в УУ, сообщая ему, что был обнаружен пешеход, велосипедист или автомобиль. Управляющее устройство, в свою очередь активирует свет освещения. Другие источники движения, как, например, мелкие животные или ветер, приводящий в движение кусты и деревья, не обнаруживаются.

Сигнал датчика состоит из информации о наличии движения, местоположении (X- и Y-координата), направлении и скорости (V) движущегося объекта. Управляющее устройство затем проводит необходимые расчеты и отправляет сообщение обнаружения движения соседним фонарям. Соседние узлы, в свою очередь, принимают сообщение, активируют необходимый уровень освещения и пересылают сообщение дальше по каналу передачи. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не будет достигнуто необходимое освещаемое расстояние. После того, как это расстояние было достигнуто, сообщение о движении больше не посылается по сети[2].

Расстояние, которое определяет количество включенных ламп, зависит от скорости объекта. Чем быстрее объект движется, тем больше огней должны быть активированы впереди объекта для обеспечения комфорта, а также соблюдения максимальной экономии.

На рисунке 1 представлен описанный ранее процесс.

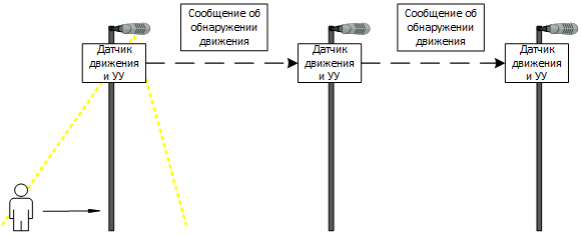


Рис. 1. Принцип работы интеллектуальной системы освещения

Структура системы освещения: аппаратная часть

Необходимые компоненты аппаратного обеспечения интеллектуальной системы освещения представлены в таблице 1 [1].

Таблица 1 – Компоненты аппаратного обеспечения

Компонент аппаратного обеспечения	**Возможные типы**
Датчики движения	Ультразвуковые, инфракрасные, веб-камера
Элемент освещения	Светодиоды, газоразрядные лампы, лампы накаливания
Связь	Wi-Fi, ZigBee, PLC
Управляющее устройство	Миникомпьютер, микропроцессор
GPS-модуль	-

В качестве датчика движения предпочтительно использовать сочетание ультразвуковых и инфракрасных датчиков. Это дешевые датчики,

которые способны обнаруживать движение. При объединении набора таких датчиков возможно определить направление движения и скорость. Преимущество таких датчиков заключается в том, что они просты в использовании, и экономичны. Использование камеры для определения движения является нецелесообразным. С одной стороны камеры являются дорогостоящими и имеют более высокое энергопотребление по сравнению с датчиками. Во-вторых, при их использовании могут возникнуть проблемы, касающиеся вопросов приватности граждан.

В качестве элемента освещения предпочтительнее использовать светодиодное освещение, так как оно обеспечивает очень экономичное потребление электроэнергии и позволяют сделать интеллектуальную систему освещения очень экономичной.

Система связи может быть обеспечена за счет использования либо беспроводной связи, такой как Wi-Fi и ZigBee, либо проводной связи, такой как PLC. Предпочтительной является беспроводная связь на основе, например, 802.11 или 802.15.4 Wi-Fi [3]. Wi- Fi не зависит от местной электросети, обеспечивает единую базу связи. Кроме того, использование беспроводной связи позволяет определить непосредственных соседей с учетом условий окружающей среды, так как соединение происходит над поверхностью дороги.

Использование PLC не рекомендуется по нескольким причинам. Высокая производительность и скорость передачи данных зависит от энергосистемы, используемых проводов. Существенной проблемой может быть затухание данных, а также шум на практической скорости передачи [4].

Управляющее устройство может представлять собой миникомпьютер, такой как Beaglebone, или микроконтроллер. Использование миникомпьютера имеет преимущество совместимости с практически любой технологией. Beaglebone, например, поддерживает практически все внутренние коммуникационные технологии, имеет встроенный USB и легко расширяем модулями GPS и Wi-Fi. Кроме того, миникомпьютер поддерживает большинство языков программирования высокого уровня, которые будут значительно способствовать процессу развития.

В качестве элемента определения местоположения может быть использован простой GPS-модуль, обеспечивающий основную функцию определения местоположения объекта. Специальных требований к GPS-модулю не предъявляется.

Структура системы освещения: программная часть

Разрабатываемая интеллектуальная система освещения не включает центрального блока управления. Но данное утверждение верно лишь относительно аппаратной реализации - нет специального устройства в системе, которое централизованно управляет и контролирует светильники. Однако, если рассматривать логические уровни функциональной схемы системы, такой центр существует (табл. 2).

Таблица 2. Структура интеллектуальной системы освещения

Центральный блок управления (Програм. обеспечение)
Скрипты
Маршрутизация/Уровень коммуникации
Среда передачи информации/Физический уровень
Уровень программного обеспечения

Центральный блок управления является управляющим элементом системы. Он контролирует все остальные слои, как показано в таблице 2, получает сигналы от датчиков, устанавливает связь между узлами и контролирует уровень освещенности источника освещения. Таким образом, центральный блок управления ассоциируется с каждым узлом интеллектуальной системы освещения. В ходе работы происходит коммуникация между данными узлами и реализация соответствующих сценариев.

При обнаружении движения данные с датчика передаются на центральный блок управления, который, в свою очередь, определяет направление, скорость, момент обнаружения движения и географические либо логические координаты, после чего полученная информация обрабатывается и выдается команда источнику освещения. Далее центральный блок управления посылает сообщение об обнаружении движения соседним узлам или получает от них ответ.

IPv6-автоконфигурация сети и получение информации о комфортной зоне освещения при обнаружении движения - сценарии, которые запускаются с помощью центрального блока управления, когда они необходимы.

Выводы. В ходе моделирования интеллектуальной системы освещения были рассмотрены основные элементы системы как в аппаратной части, так и в программной. Была рассмотрена функциональная схема интеллектуальной системы освещения, где рассмотрены физический и логический уровни взаимодействия элементов системы.

На основе полученной модели предполагается отработка алгоритма определения зоны освещения, дальнейшая имплементация которого позволит реализовать основную функцию интеллектуальной системы освещения с учетом ресурсоэффективности и комфорта участников дорожного движения.

Литература. 1. Patent DE 102010049121A1, Registration No.: H05B 37/02, Date of Publication:21.10.2010, Inventor: Eduard Siemens, Applicant: Eduard Siemens, 31319 Sehnde, DE. **2.**Stephan Greupner. Master thesis on topic: Development of a lighting zone detection scheme based on auto-configurable SmartLighting network, Koethen, Germany, 2015. **3.**Z. Kaleem, I. Ahmad and C. Lee, "Smart and energy efficient LED street light control system using zigbee network", Proc. FIT, pp. 361-365. **4.**Abdul Mannan, D.K.Saxena, MahrooshBanday, “A Study on Power Line Communication”, International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 4, Issue 7, July 2014, ISSN 2250-3153, P. 4.

Реквизиты для справок. *Россия, 634034, Томск, пр. Ленина 30, Томский политехнический университет, кафедра физических методов и приборов контроля качества, магистрант* ***Гопоненко А.С.*** *тел. 8-913-863-00-43, andreigoponenko@gmail.com; аспирант* ***Ковалев М.К.****, Kovalev@tpu.ru,* ***Гройпнер Ш., Сименс Э.***

ВЫЯВЛЕНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ ДЕФЕКТОВ ИЗОЛЯЦИИ ПРОВОДА С ПОМОЩЬЮ ИЗМЕРИТЕЛЯ ЕМКОСТИ

РЮМКИН А.В., ВАВИЛОВА Г.В.

Электрические провода широко применяются в различных сферах, и во многих случаях их качество определяет надежность работы изделий и оборудования, в которых они используются.

Качество изделия определяется, в первую очередь, отсутствием дефектов.

Дефектом называется каждое несоответствие продукции установленным требованиям [1]. К основным видам дефектов изоляции провода относятся сдир изоляции, шероховатость и растрескивание изоляции, местные разрывы и шишки по изоляции, занижение диаметра по изоляции, неравномерность наружного диаметра и другие.

Одним из основных видов контроля качества провода с полимерной изоляцией является контроль наличия дефектов изоляции высоким напряжением. Наличие дефектов в проводе определяется по возникновению электрического пробоя, при этом бездефектная изоляция не повреждается. Такой контроль относится к электроискровым способам неразрушающего контроля [2].

Наличие любого вида дефекта в изоляции провода приводит к резкому, скачкообразному изменению геометрических размеров провода или электрических характеристик изоляции. Следовательно, наличие локального дефекта приводит к резкому изменению погонной емкости дефектного участка провода. Поэтому для обнаружения дефектов можно использовать измеритель емкости.

Целью данной работы является анализ возможностей измерителя емкости САР-10 для обнаружения локальных дефектов изоляции типа: сдир изоляции, локальное утолщение и утонение, точечные проколы.

Принцип действия измерителя емкости САР-10. Измеритель емкости состоит из электроемкостного измерительного преобразователя (ЭЕИП), блока аналогового преобразования сигнала, устройства сопряжения и персонального компьютера. Внешний вид измерителя представлен на рисунке 1 [3].

Измерительный преобразователь представляет собой трубчатый электрод, погруженный вместе с контролируемым проводом в воду охлаждающей ванны экструзионной линии.

При известных амплитуде и частоте приложенного гармонического напряжения по значению силы тока можно судить о значении емкости одножильного электрического провода. В результате контроля измеряется емкость цилиндрического конденсатора, одной обкладкой которого

является жила провода, а другой – вода, заполняющая пространство между изоляцией провода и электроемкостным измерительным преобразователем, внутри которого движется контролируемый провод в процессе производства.

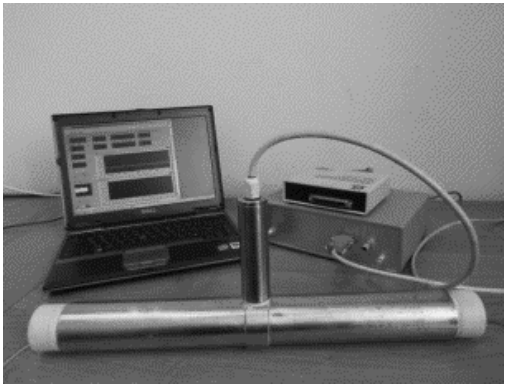


Рис. 1. Внешний вид измерителя

Применение измерителя емкости САР-10 для обнаружения локальных дефектов. Для выявления способности измеритель емкости САР-10 реагировать на наличие дефекта в изоляции провода был проведен измерительный эксперимент. В качестве объекта исследования использовался образец одножильного провода диаметра изоляции 1,5 мм, длиной 1 м и действительным значением погонной емкости бездефектной части C = 150 пФ/м. Действительным значением погонной емкости определено способом, рекомендуемым ГОСТ 27893-88 «Кабели связи. Методы испытаний» [4]. Дефекты изоляции формировались искусственным образом на отрезке бездефектного образца провода. Таким образом, был получен набор образцов провода со следующими видами дефектов сдир изоляции на участке (3х1,5 мм) и по всему диаметру провода (1 мм), утолщение изоляции (4 мм), точечный прокол (0,5х0,5 мм).

Эксперимент заключался в фиксации значения погонной емкости провода при размещении образца провода внутри измерительного электрода и погружении его в ванну, заполненную водопроводной водой комнатной температуры (22±2) °С. Провод перемешался (вручную) внутри ЭЕИП, имитируя движения провода при технологическом процессе его изготовления. Реакция измерителя емкости САР-10 при попадании различных видов дефектов изоляции провода в зону измерения показана на рисунках 2-5.

Анализ этих результатов показывает, что измеритель емкости способен идентифицировать наличие различных видов дефектов изоляции провода. Дальнейшие исследования будут направлены на определение чувствительности измерителя емкости САР-10 к габаритным размерам представленных видов дефектов.

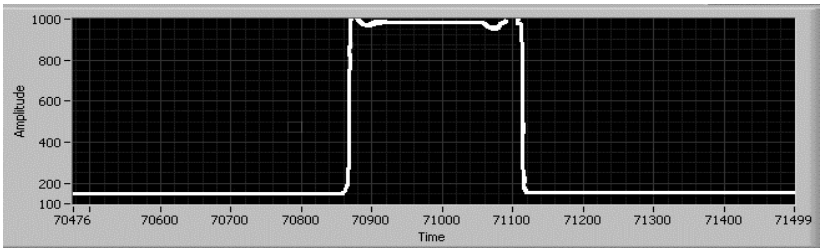


Рис. 2. Сдир изоляции

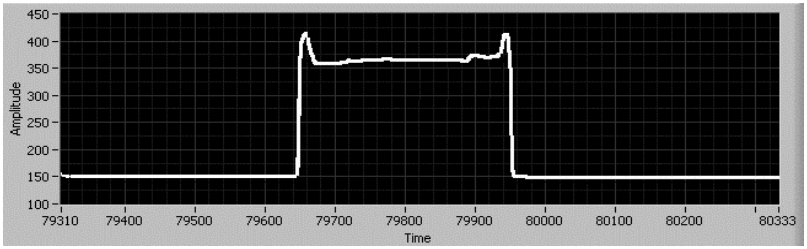


Рис. 3. Сдир изоляции по всему диаметру провода

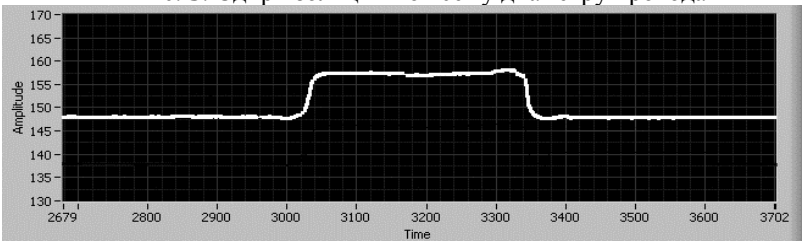


Рис. 4. Точечный прокол

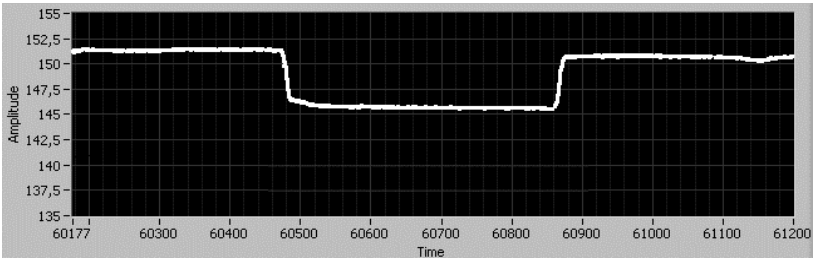


Рис. 5. Утолщение изоляции

Выводы. Показана принципиальная возможность измерителя емкости САР-10 обнаруживать локальные дефекты - сдир изоляции на участке и по всему диаметру провода, утолщение изоляции, точечный прокол. Выявлено, что САР-10 способен идентифицировать дефекты, вызывающие отклонение погонной емкости провода больше, чем 2,5 % от действи-

тельного значения погонной емкости бездефектного участка провода. Использование измерителя емкости САР-10 для обнаружения локальных дефектов имеет одно неоспоримое преимущество перед электроискровым методом: контроль ведется при наличии переменного напряжения амплитудой 3,5 В, что значительно безопаснее, чем использование высоковольтных электроискровых испытателей изоляции.

Литература. 1. ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения. – Введ. 1979-01-07. **2.** Редько В.В. Электроискровой контроль качества изоляции кабельных изделий: монография/ В.В. Редько – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – 176 с. **3.** Гольдштейн А.Е. Измеритель погонной емкости одножильного провода для технологического контроля/ А.Е. Гольдштейн, Г.В. Вавилова // Ползуновский вестник. – 2015 – № 3. – С. 38-42. **4.** 5. ГОСТ 27893-88 (СТ СЭВ 1101–87). Кабели связи. Методы испытаний. – Введ. 1990-01-01. – с измен. 2015-01-16.

УПРАВЛЕНИЕ АВТОНОМНОЙ ГИБРИДНОЙ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ

ОХОРЗИНА А.В., БИКБУЛАТОВ А.С.

Фактором, ограничивающим широкое использование солнечной энергии, является стоимость таких энергетических систем. Снижение стоимости фотоэлектрических систем для производства электроэнергии возможно за счет уменьшения стоимости фотоэлектрических модулей (ФМ) или повышения их эффективности, то же справедливо и для самих солнечных установок.

Одним из методов повышения выработки энергии является применение концентратора. Концентрированные системы используют зеркала или линзы, чтобы сосредоточить большую площадь падающего солнечного света на небольшой площади. Системы работают наиболее эффективно в концентрированном солнечном свете до тех пор, пока солнечная батарея находится в холодном месте за счет использования теплоотводов. Конструкция фотоэлектрических концентраторов представляет специфическую конструкторскую проблему: он должен отражать свет в заданном направлении, подходить для массового производства, быть способным к высокой концентрации, нечувствительным к неточностям при изготовлении и монтаже, и быть способным обеспечить равномерное освещение поверхности ФМ.

В России в данный момент еще не назрела необходимость использовать альтернативную энергетику повсеместно, потому что Россия имеет большой объем и инфраструктуру традиционных энергетических ресурсов: нефть, уголь, газ, гидро и атомной энергии. Но в тоже время вследствие экономических кризисов страдает доставка горючих материалов в отдаленные и труднодоступные населенные пункты. Также возрастает доля эксплуатационных затрат на поддержание функционирования линий электропередач в связи с деятельностью злоумышленников, которые срезают силовые кабели для получения личной выгоды.

Поэтому авторы видят большие перспективы для альтернативной энергии в обеспечении энергоресурсами небольших поселков и частных домов в отдаленных населенных пунктах и дачных поселках (например, деревни в тайге, домики лесничих, национальных парки и заповедники).

Описание установки. Установка представляет собой гибридную систему, которая преобразует солнечную энергию в электрическую и тепловую. Солнечный свет, падающий на фотоэлектрический модуль, преобразуется в электрическую энергию. Производство тепла происходит за счет охлаждения ФМ.

Чтобы увеличить производство энергии, в систему добавлен низко отражающий концентратор. Концентратор представляет собой отражающую поверхность, состоящую из трех сегментов. Обеспечивается концентрация солнечного излучения в 2-3 раза.

Концентратор увеличивает плотность приходящего потока энергии на поверхность ФМ, повышая тем самым эффективность и выработку электроэнергии модулем. Также из-за увеличения приходящего потока солнечной энергии на поверхность модуля ФМ нагревается; что приводит к потере эффективности и, возможно, к расслоению элементов модуля или ухудшению омических контактов фотоэлементов, при нагревании до температуры выше 130°C [1]. Поэтому для повышения надежности системы необходимо добавить охлаждение. Можно использовать различные радиаторы или жидкостное охлаждение. Тепло, переносимое охлаждающей жидкостью может быть использовано для дальнейших целей (например, для нагрева воды). Таким образом, получается комбинированная система, которая может генерировать как электрическую, так и тепловую энергию.

Применение концентрации и слежения за солнцем позволяет повысить эффективность работы солнечной системы, в результате получает более равномерное производство электроэнергии от восхода до захода солнца.

Контроль и управление системой. Для стабильной и простой для конечного потребителя работы солнечной установки, ее необходимо обеспечить системой контроля и управления. Данная система будет обеспечивать работу солнечной установки и требовать вмешательства человека только в случае поломки элементов конструкции.

Общее управление системой будет осуществляться на базе одноплатного компьютера Beaglebon. Компьютер Beaglebon содержит процессор от компании Texas Instruments серии Sitara AM3359AZCZ100 с тактовой частотой в 1ГГц содержит в своем составе вычислительное ядро Cortex-A8 и графический ускоритель SGX530. На плате установлено 512 Мб оперативной памяти DDR3L, Flash память eMMC объемом в 2 ГБ [2]. Данных характеристик более чем достаточно для решения широкого спектра задач контроля и управления.

При запуске системы выполняются начальные установки, такие как инициализация одноплатного компьютера Beaglebon и запуск программы управления. Программа производит контроль и управления всей установкой.

Программа контролирует температуру ФМ и обеспечивает ее охлаждение путем отведения тепла с помощью жидкостного охлаждения. Компьютер управляет насосом, который может поддерживать циркуляцию жидкости в системе с разной скоростью. Чем горячее ФМ, тем выше скорость течения жидкости. Также в задачу управления и контроля установкой входит ориентация на солнце всей установки для увеличения потока приходящей солнечной мощности, что приводит к увеличению выработки энергии и повышению однородности выработки энергии в течение дня. Алгоритм управления и датчик для системы ориентации используется из разработанной авторами ранее системы слежения [3].

Рассмотрим более подробно алгоритм подпрограммы по контролю температуры ФМ, представленный на рисунке ниже.

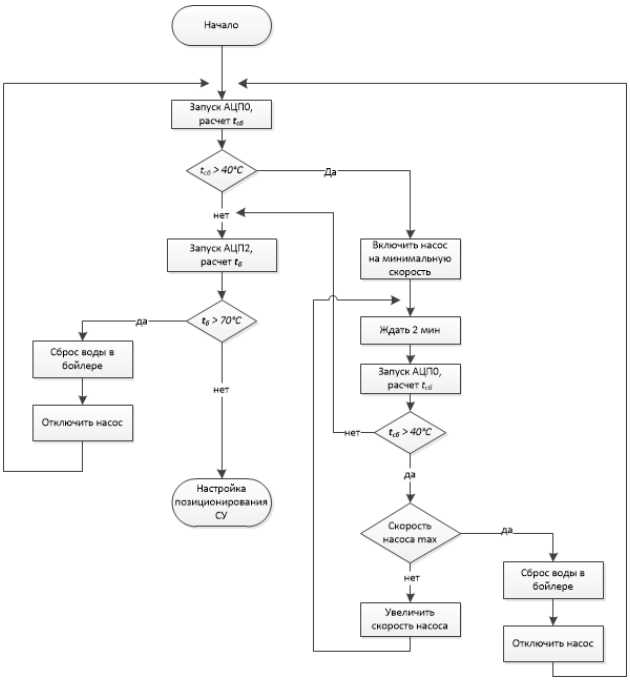


Рис. Подпрограмма, управляющая охлаждением ФМ

Вначале считывается значение температуры АЦП0 с датчика, далее проводится расчет температуры ФМ. В зависимости от значения температуры ФМ производится выбор режима работы насоса. Если температура ФМ меньше 40 С, то ФМ не охлаждается, так как в этом нет необходимости. При повышении температуры ФМ увеличивается скорость движения охлаждающей жидкости, что позволяет более интенсивно отводить тепло от ФМ. При достижении порогового значения температуры в

70 °С и максимальной скорости движения жидкости, запускается сброс воды в бойлере. Это необходимо для замены нагретой воды на холодную, что увеличит интенсивность теплообмена. Если все равно не удается снизить температуру, то система отворачивает ФМ от солнца до ее остывания.

Заключение. Представлено описание новой гибридной солнечной системы использующей концентрацию солнечного света и ориентацию на солнце. Эти добавления позволяют увеличить выработку электрической энергии, а также дополнительно получить тепло. Полученное тепло может быть далее использовано для нагрева воды в быту.

Описанный выше алгоритм управляет гибридной солнечной установкой. Он позволяет охлаждать ФМ и ориентировать всю установку на солнце. Основное внимание уделено части алгоритма управляющей системой охлаждения ФМ.

Литература. 1. H.A. Zondag. Flat-plate PV-Thermal collectors and systems: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews – 2008 - №12 – p. 891–959. **2.** BeagleBone Black, описание. Режим доступа: http://beagleboard.org/black. **3.** Юрченко А. В. , Козлов А. В. , Охорзина А. В. , Китаева М. В. Система контроля работы фотоэлектрического модуля // Ползуновский вестник. - 2014 - №. 2. - С. 79-83.

Реквизиты для справок. *Россия, 634034, Томск, пр. Ленина 30, Томский политехнический университет, кафедра ФМПК, магистрант каф. ФМПК Бикбулатов А.С.; Россия, 634034, Томск, пр. Ленина 30, Томский политехнический университет, кафедра ФМПК аспирант ИНК и Томский государственный университет, инженер МЛСТЗ Охорзина А.В. e-mail ameba_89@mail.ru,*

ВЫДЕЛЕНИЕ И ФИЛЬТРАЦИЯ ПОЛЕЗНОГО СИГНАЛА В ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

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

Качество композитного пломбировочного материала определяется безотказностью работы пломбы на его основе (где отказ означает либо разрушение пломбы, ее ограниченное повреждение, либо накопление чрезмерных деформаций на границе зуб-пломба). При этом важнейшими показателями качества материала являются характеристики его сопротивления деформированию (аналогичные характеристикам твердых тканей зуба) и разрушению. Необходимо проводить испытания как удаленного зуба с пломбой в динамическом режиме, так и образцов пломбировочных материалов в статическом режиме. Автоматизация испытаний образцов осуществляется с применением информационно-измерительной системы (ИИС) (рис.1) на основе двух последовательно установленных

силовых пьезопреобразователей (ПП), имитирующих возвратно-поступательные движения жевательного процесса с частотой Fs [1,2].

Для повышения точности измерений, как в статическом, так и в динамическом режимах, выполняется выборка всех зазоров образца с помощью системы «винт-гайка». Для этого на исследуемый образец ИО действует начальное сжимающее усилие, которое измеряется с помощью тензодатчика ТД1, формирующего постоянную составляющую полезного сигнала. Как отмечалось в [3], для получения информации о деформации образца используются фольговые тензодатчики ТД2 и ТД3, которые приклеиваются непосредственно к образцу. В аппаратной части ИИС применены мостовые схемы М1-М3 и дифференциальные усилители ДУ1-ДУ3 с большим коэффициентом усиления для выделения и усиления полезного сигнала. Делитель напряжения ДН предназначен для контроля напряжения на ПП. Вся аналоговая информация оцифровывается на аналого-цифровых преобразователях АЦП1-АЦП4 и передается в ПЭВМ для ее сбора и вывода. Акустический датчик АД с усилителем-детектором УД предназначен для обнаружения сигнала акустической эмиссии и момента возникновения дефектов в ИО. При проведении испытаний по заданной программе микроконтроллер МК формирует сигнал на ПП через цифро-аналоговый преобразователь ЦАП и высоковольтный усилитель ВУ. Следует отметить, что первичные преобразователи ИИС очень чувствительны к внешним электромагнитным и, особенно, акустическим помехам, и применение аналоговых фильтров низких частот ФНЧ между ДУ и АЦП может оказаться недостаточным. В связи с этим задача выделения и фильтрации информационного сигнала является весьма актуальной. Анализ осциллограмм этого сигнала показал, что он состоит из двух компонент: постоянной составляющей от выборки зазоров в нагрузочной схеме ИО и гармонического сигнала с заданной частотой Fs возвратно-поступательных движений ПП [3,4].

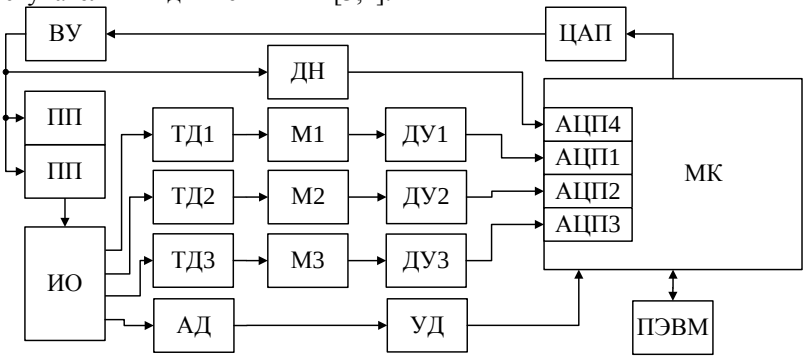


Рис.1. Структурная схема ИИС с пьезоэлектрическим преобразователем для испытаний композитных материалов

Для цифровой реализации блока фильтрации целесообразно использовать фильтр с бесконечной импульсной характеристикой (БИХ-фильтр), главным преимуществом которого перед фильтром с конечной импульсной характеристикой (КИХ-фильтром) является меньшее число коэффициентов и резкие срезы [5]. Необходимо также отметить, что синтез БИХ-фильтра проще. Это дает возможность автоматически в реальном масштабе времени подстраивать фильтр с нужными коэффициентами на частоту Fs, которая задается по программе МК. Сигнал, прошедший через фильтр, имеет сдвиг фазы, т.е. задержку. В связи с этим, для обеспечения синхронности сигналов от ТД необходимо применять фильтрацию в каждом канале АЦП. При этом коэффициенты фильтров для каждого канала должны быть одинаковые. Последовательная установка ФНЧ порядка m с частотой среза F_{C2} и ФВЧ порядка m с частотой среза F_{C3} формирует полосовой фильтр ПФ порядка m, при этом частоты среза определяются согласно выражений:

$$F_{C2} = F_S + \frac{F_W}{2}; \qquad F_{C3} = F_S - \frac{F_W}{2}, \tag{1}$$

где Fw – ширина полосы пропускания ПФ.

Для уменьшения влияния единичных выбросов целесообразно использовать медианный фильтр, входным параметром которого является размер окна $L_{МФ}$. Для фильтрации единичных импульсов необходимо выполнять условие $L_{МФ} \geq 3$. Применение медианного фильтра для выделения постоянной составляющей целесообразно постоянно.

Структурная схема разработанного цифрового фильтра представлена на рис.2.

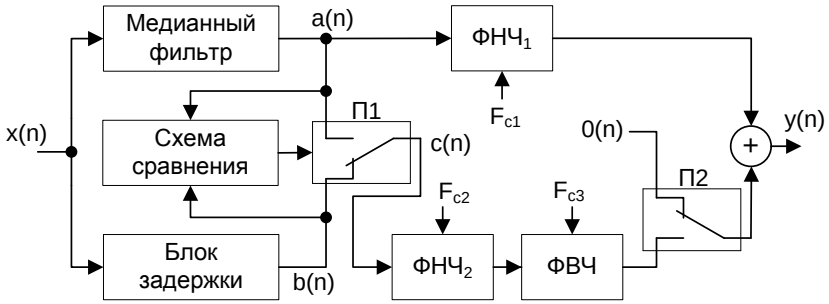


Рис. 2. Структурная схема цифрового фильтра

В динамическом режиме сигнал c(n) (где n – дискретный отсчет) на выходе переключателя П1 определяется по условию (2), которое реализовано в схеме сравнения:

$$c(n) = \begin{cases} a(n), & |a(n) - b(n)| > Kf; \\ b(n), & |a(n) - b(n)| \leq Kf, \end{cases} \tag{2}$$

где Kf – уровень порога сравнения. Блок задержки необходим для обеспечения синхронности сигналов a(n) и b(n). При этом порядок блока задержки $L_{БЗ}$ определяется по формуле (3):

$$L_{БЗ} = \frac{L_{МФ}+1}{2}, \quad L_{МФ} = 3,5,7,... \tag{3}$$

Переключатель П2 переводится в положение «0» в статическом режиме. Иначе к системе подключается ПФ, состоящий из $ФНЧ_2$ и ФВЧ. Переключение происходит по команде от микроконтроллера ИИС.

Следует отметить, что применение схемы сравнения с переключателем П1 позволяет устранить недостатки медианного фильтра в случае отсутствия внешних помех. Для обеспечения оптимальных параметров схемы сравнения, медианного фильтра, ПФ (порядка фильтра m; ширины полосы пропускания Fw; задержки сигнала на частоте Fs; минимальных выбросов на выходе фильтра) и $ФНЧ_1$ (порядка фильтра d; задержки сигнала; минимальных выбросов на выходе фильтра) необходимо осуществлять дополнительный анализ откликов фильтров y(n) как по времени, так и по частоте.

Литература: 1. Наймушин Ю. Н., Реди нова Т. Л., Тимофеев А. А., Метелева Т. Ю., Ефремов С. М., Морозов А.В., Шелковников Ю. К., Кириллов А. И. Устройство для прочностных испытаний пломбировочных материалов и пломб дефектных зубов // Патент РФ на полезную модель №114843 МПК A61C19/04; опубл. 20.04.2012, бюл. №11. **2.** 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 «Измерения, контроль, информатизация».– Барнаул: АлтГТУ, 2015. – Том 2, С.142-145. **3.** А.И. Кириллов Информационно-измерительная система для исследования прочностных характеристик композитных материалов // Сборник трудов НТК «Информационные технологии в науке, промышленности и образовании». - Ижевск: ИжГТУ, 2014. – С.266-271. **4.** Е.Ю. Шелковников, А.И. Кириллов, С.М. Ефремов, Т.Л. Реди нова, А.А.Тимофеев, Т.Ю. Метелева Установка с силовым пьезоэлектрическим преобразователем для исследования прочностных характеристик пломбировочных материалов // Ползуновский вестник – 2013, №2. **5.** Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. М: Мир, 1978.

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

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

ИЗМЕРЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СТРУКТУРЫ ЖЕЛЧНЫХ КАМНЕЙ С ПОМОЩЬЮ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ

БАШКОВ И.В., ПОЛЯКОВ В.В., УСТИНОВ Г.Г.

Для проведения медицинской диагностики и выбора оптимальных режимов лечения в случае желчнокаменной болезни необходимо знание основных характеристик структуры патологических биоминеральных образований, вызывающих эту болезнь - желчных камней. Эти камни имеют весьма сложное и неоднородное строение и отличаются существенными различиями в химическом и фазовом составе[1, 2].Данные обстоятельства требуют развития новых методов исследования, обеспечивающих надежное измерение характеристик структуры. В настоящей работе для измерения этих характеристик применялся метод атомно-силовой микроскопии, обеспечивающий получение трехмерного изображения рельефа поверхности исследуемого объекта.

Анализ рельефа желчных камней с помощью атомно-силовой микроскопии. Принцип работы атомно-силового микроскопа основан на силовом взаимодействии между зондом и поверхностью, для регистрации которого используются специальные зондовые датчики (кантилеверы), представляющие собой упругую консоль с острым зондом на конце. Процесс исследования образца методом атомно-силовой микроскопии происходит следующим образом. Исследуемый образец крепится к столику пьезоэлектрического сканера, который перемещает его относительно зонда с использованием развертки по строкам и по кадру[3, 4]. С помощью системы позиционирования зонд приближается непосредственно к поверхности образца до контакта (0,1-10нм). Сила, действующая на зонд со стороны поверхности, приводит к изгибу консоли. Система обратной связи отслеживает и поддерживает положение зонда относительно поверхности (либо постоянное расстояние зонд-образец в режиме постоянной высоты, либо постоянное взаимодействие в режиме постоянной силы). Регистрируя величину изгиба с помощью оптической системы, можно контролировать силу взаимодействия зонда с поверхностью и получать информацию о топографии и свойствах поверхности. Регистрируемый сигнал записывается, обрабатывается компьютером, который формирует сканированное изображение рельефа поверхности и строит его с помощью графических средств. Это дает возможность получить и проанализировать трёхмерный рельеф исследуемой поверхности. В настоящей работе непосредственные измерения проводились на сканирующем зондовом микроскопе SolverNext.

Для проведения измерений была разработана специальная методика подготовки камней, заключавшаяся в следующем. Вначале изготовлялись шлифы камней путем подготовки специальной пластины требуемого размера. Далее из полученных шлифов вырезались плоско-параллельные образцы размером 10×10×10 мм, которые затем проходили шлифовку и полировку. Измерения рельефа поверхности шлифа проводились вдоль наиболее информативных секущих, пересекавших основные зоны – ядра камня, участки вокруг ядер, приграничные области и основные структурные элементы, предварительно выделявшиеся с помощью оптической микроскопии.

Анализ структурных элементов проводился по выделявшимся при микроскопии особенностям рельефа отдельных участков шлифа. При сканировании выбирались наиболее характерные участки зон камня, которые последовательно изучались при различных увеличениях от 1 000 крат до 30 000 крат. Такой подход позволял получить данные о структурных составляющих камня на разных масштабных уровнях. Это давало возможность выявить особенности формирования структуры конкретного биоминерального образования в процессе его формирования в организме человека.

Результаты измерений. В качестве примера приведем результаты измерений для желчного камня со строением в виде концентрических слоев и отчетливо выделяющимися зонами ядра и оболочки, его шлиф приведен на рис. 1 [5]. Преобладающим компонентом камня является пигмент, по-видимому, билирубинат кальция, кроме того, в нем присутствуют соли кальция и другие кристаллические включения.

Рис. 1. Шлиф желчного камня

В случае желчных камней различия в прочностных свойствах и геометрических размеров отдельных структурных элементов проявляются в микронеоднородностях рельефа поверхности шлифа. В тех случаях, когда структурные элементы обладают одинаковыми механическими свойствами[6, 7], они одинаково обрабатываются при полировании и характеризуются одинаковой высотой выступов. Структурные элементы с разными прочностными характеристиками проявляются в виде неровностей разной величины. Именно эти особенности рельефа фиксируются при атомно-силовых измерениях. Таким образом, анализ получаемых трехмерных изображений рельефа поверхности позволяет получать количест-

венные характеристики отдельных структурных элементов, образующих желчный камень.

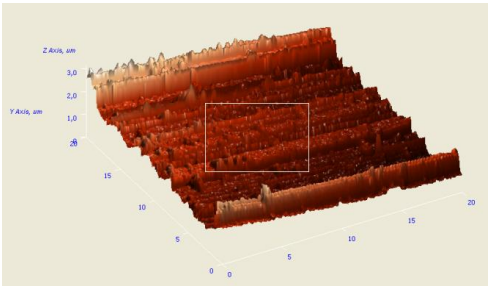


Рис. 2. Изображение зоны ядра желчного камня, х3300

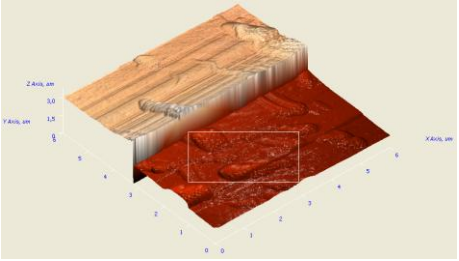


Рис. 3. Изображение зоны ядра желчного камня, х10000

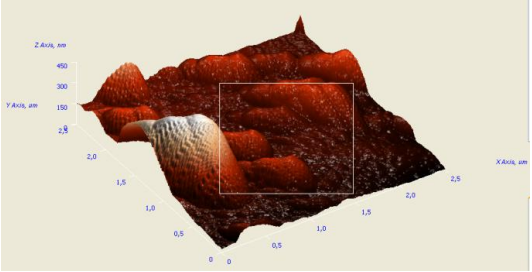


Рис. 4. Изображение зоны ядра желчного камня, х24000

При атомно-силовой микроскопии первоначально выделялась относительно большая область размером 20х20мкм, относящаяся к центральной зоне камня. Полученный трехмерный рельеф приведен на рис. 2 (х3300). Светлые участки изображения описывают более высокие точки рельефа. Видно, что отдельные неоднородности фиксируются достаточно надежно. Следующим этапом было изучение выделяемой из представленного на рис. 2 рельефа области при большем увеличении (эта область отмечена квадратом). Полученный результат приведен на рис. 3 (х10000), видны неровности, образуемые на относительно ровном участке с размером 6х6мкм. При увеличении 24000 крат (рис.4) выделяются неровности рельефа, характеризующие уже строение одного выделенного структурного элемента.

Выводы. В работе предложена новая методика измерений характеристик отдельных структурных элементов биоминеральных образований, апробированная на примере желчных камней. Эта методика заключается в получении трехмерного рельефа поверхности шлифа камня с помощью атомно-силовой микроскопии. Получаемое атомно-силовое изображение позволяет количественно оценить размеры и особенности строения отдельных структурных элементов, формирующих желчный камень. Полученные результаты могут быть использованы при проведении медицинской диагностики, а также для разработки новых эффективных способов безоперационного лечения.

Литература.1.Поляков В.В., Устинов Г.Г., Петрухно Е.В. Исследование элементного состава и структуры желчных камней с помощью растровой электронной микроскопии// Медицинская физика. - 2010. - №4. - С. 71-77.**2**. Устинов Г.Г., Поляков В.В. Структура и физико-механические свойства желчных камней: монография //Барнаул, Изд-во Алтайского унта, 2014. - 152с.**3.**Количественный электронно-зондовый микроанализ// Под ред. В. Скотта, Г. Лава. - М.: Мир, 1986. — 352 с.**4.**Глезер А.М. Сканирующая электронная микроскопия и рентгеноспектральный микроанализ // М.: Изд-во «Техносфера», 2010. – 208 с.**5.**Устинов Г.Г., Поляков В.В. Применение электронной микроскопии для исследования разрушения желчных камней с помощью камнелизатов// Известия АлтГУ. 2016. № 1. С. 79-83.**6.**Поляков В.В., Петрухно Е.В., Устинов Г.Г. Применение многомерного анализа данных к исследованию физико-механических характеристик биоминеральных образований// Биомедицинская радиоэлектроника. - 2011. - №12. - С. 37-41.**7.** Ryan E. S., Amanuel Z. Z., Jennifer A. S.J. An in situ Atomic Force Microscopy Study of Uric Acid Crystal Growth // Phys. Chem. B. - 2005.-V.109.-P.9989-9995.

Реквизиты для справок: *Россия, 656049, Барнаул, пр. Ленина, 61., Алтайский государственный университет, проф., д.ф.-м.н. Полякову В.В., тел. .(385-2)36-70-59, e-mail: pvv@asu.ru*

СУТОЧНАЯ ДИНАМИКА КОНЦЕНТРАЦИИ ХЛОРОФИЛЛА “a” В БЕССТОЧНОМ ОЗЕРЕ КРАСИЛОВСКОЕ

БУКАТЫЙ В.И., СУТОРИХИН И.А., ФРОЛЕНКОВ О.М., ФРОЛЕНКОВ И.М.

В комплексных исследованиях водных экосистем значительное место занимают исследования фитопланктона, как первого звена трофической цепи, которое определяет структуру и функционирование водной экосистемы. Фитопланктон как биоиндикатор реагирует на загрязнения и дает интегральную характеристику качества воды как среды обитания, является лучшим индикатором эвтрофирования водных объектов, а его основной фотосинтетический пигмент хлорофилл “a” служит показателем уровня развития водорослей [1]. Поэтому определение его концен-

трации необходимо для комплексной оценки экологического состояния водоема, находящегося под воздействием разнообразных природных и антропогенных загрязнителей.

Содержание основного пигмента зеленых растений хлорофилла «а» считается универсальным эколого-физиологическим показателем, который отражает фотосинтетическую активность фитопланктона, однако закономерности суточной динамики количества пигмента в озерах до настоящего времени недостаточно изучены.

Содержание фитопланктона в озерах и морях колеблется в течение суток, поэтому разовое определение численности и биомассы фитопланктона без учета их суточной динамики не может дать правильного представления о происходящих процессах[2].

В колебаниях количественных характеристик фитопланктона обнаруженных в, частности, в морях, наблюдается суточная периодичность: период нарастания численности, приуроченный в основном к светлому времени суток, сменяется периодом убывания, приуроченным к темному времени суток[3,4].

Целью данной работы является исследование суточной изменчивости содержания хлорофилла “а” в клетках фитопланктона озера Красиловское в 2013–2015 гг.

Озеро расположено на правом берегу реки Оби, в зоне сочленения так называемых боровых террас с четвертой террасой Верхней Оби. Максимальная глубина бессточного озера равна 6,5 м, площадь – 0,8 км^2[5].

Концентрация хлорофилла “а” определялась по ГОСТу 17.1.4.02-90 спектрофотометрическим методом на различных глубинах, который от большинства других отличается более высокой точностью (10-15%) и меньшей трудоемкостью.

Для определения концентрации хлорофилла “а” пробы воды объемом 1,5 л отбирались одновременно в различных точках озера из поверхностного слоя и по одной пробе в опорной точке на его различных глубинах. Спектрофотометрирование ацетоновых экстрактов клеток водорослей фитопланктона, осевших на мембранных фильтрах “Владипор” типа МФАС-ОС-3 с диаметром 35 мм и размером пор 0,8 мкм, осуществлялось с помощью прибора ПЭ-5400УФ.

На озере Красиловское летом 2013 г. и 2015 г., весной 2014 г. были проведены суточные исследования динамики концентрации хлорофилла "а" C (мг/м^3), спектрального показателя ослабления света ε (м$^{-1}$), температуры воды T (^{0}C) на разных глубинах водоёма.

Отбор проб в пелагиальной части озера осуществлялся каждые два часа для определения значений ε и T, а через шесть часов − для значений C. Так как концентрация хлорофилла "а" влияет на показатель ослабления света, то вызывает научный интерес сравнение этих двух параметров. С этой целью также параллельно проводились измерения

прозрачности исследуемой воды на длине волны 430 нм, на которой характерно максимальное поглощение хлорофилла.

Для примера результаты измерений *C* и *ε* представлены на рисунках 1,2.

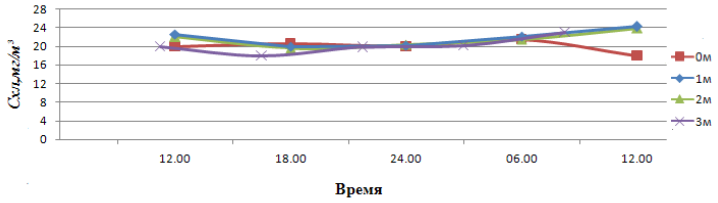


Рис. 1. Суточная динамика концентрации хлорофилла “а” 28-29 мая 2014 г.

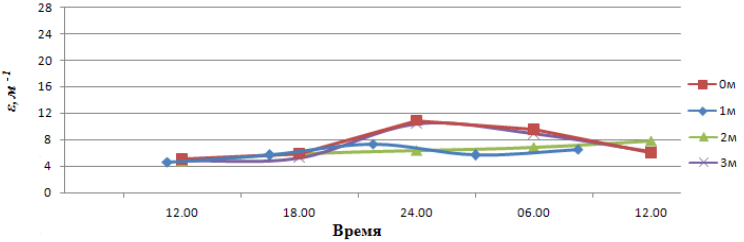


Рис. 2. Показатель ослабления света на длине волны 430нм 28-29 мая 2014 г.

Из рисунков видно, что в поверхностном слое концентрация меняется в интервале от 20-22мг/м^3, на глубине 1м – 22–24 мг/м^3,т.е. незначительно. Заметное изменение концентрации хлорофилла “а” прослеживается на глубине 2м– 20-24мг/м^3 и 3м–16-24 мг/м^3.

Из сравнения рисунков 1 и 2 следует, что в период с 12.00 до 24.00 имеет место слабая корреляция между величинами *C* и *ε* для всех глубин, т.е. *ε* растет с увеличением *C*. В промежуток времени с 24.00 до 12.00 данная закономерность нарушается.

В процессе измерения суточного хода концентрации хлорофилла летом 18–19 июня 2013 г. наблюдается рост величины *C* в период с 18.00 до 6.00 для всех глубин озера. Величина *ε* в данном временном промежутке не коррелирует с концентрацией хлорофилла.

В летний период 2015 г. на глубине 3 м значительно изменяется концентрация хлорофилла и колеблется в пределах 21–44 мг/м^3. Для всех глубин максимумы и минимумы колебаний концентрации хлорофилла не совпадают с соответствующими экстремумами величины *ε*.

Таким образом, по результатам измерений можно сделать следующие выводы. В течение суток наблюдается значительное изменение концентрации хлорофилла на различных глубинах озера. Это может быть обусловлено как миграцией частиц фитопланктона вследствие

конвективного переноса за счет градиентов температуры в толще воды, так и вследствие вертикального перемещения клеток водорослей с прилипшими к ним пузырьками кислорода, образующимися в результате процесса фотосинтеза. Проведенные исследования показали, что величины C и ε слабо коррелируют между собой, что свидетельствует о более существенном влиянии других компонентов водной среды на ослабление света в исследуемой озерной воде.

Авторы выражают благодарность О.Б.Акуловой за предоставленные экспериментальные данные по прозрачности воды.

Литература. 1. Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. – 395с. **2.** Морозова-Водяницкая Н. В. Суточные изменения численности и биомассы фитопланктона в Черном море / Н. В. Морозова-Водяницкая // Фитопланктон Черного моря. Часть I: тр. Севастопольск. биолог. ст. АН СССР. – 1954. – Т. VIII. – С. 40–97. **3**. Маштакова Г. П. Суточная динамика фитопланктона в Черном море / Г. П. Маштакова // Океанографические исследования в Черном море. – М: Тр. АзчерНИРО, 1968. – Вып. 27. – С. 60–71. **4.** Трофимова В.В., Макаревич П.Р. Суточная динамика хлорофилла а фитопланктонного сообщества эстуарной зоны Кольского залива (Баренцево море) / В.В. Трофимова, П.Р. Макаревич // Альгология. — 2009. — Т. 19, № 2. — С. 145-154. **5.** Барышникова О.Н. Физико-географическая характеристика комплексного учебно-научного стационара АлтГУ «Озеро Красилово»: учебное пособие / О.Н. Барышникова, Н.Ф. Харламова, Ю.В. Козырева, Г.И. Ненашева. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, − 2013. – 112 с.

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, Барнаул, ул. Молодёжная 1, Институт водных и экологических проблем СО РАН, доктору физико-математических наук, профессору, Суторихину И.А., тел. (385-2) 66-65-02. E-mail:sia@iwep.ru*

КЛИНИКО-ЛАБОРАТОРНЫЕ ТЕСТЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕЧЕНИЯ КОРОНО-РАДИКУЛЯРНЫХ ПЕРЕЛОМОВ ПРЕМОЛЯРОВ ВЕРХНЕЙ ЧЕЛЮСТИ

АЙВАЗЯН А.Л., СЕМЕННИКОВ В.И., СЕМЕННИКОВА Н.В., КАНАЙКИН И.А

Актуальность. Основным методом лечения продольных переломов многокорневых зубов является их экстракция (В.М. Безруков, Л.А. Григорьянц, Н.А. Рабухина, 2015; Cvek M., Andreasen J.O., Borum M.K.,2001; Andreasen J.O., Andreasen F.M.,2007). Появившиеся в настоящее время органосохраняющие способы лечения продольных переломов многокорневых зубов [Семенников В.И., Семенникова Н.В. и соавт, 2009-2015; Mitsuhiro T.,2000) свидетельствуют о новой тенденции в терапии травмы зубов и обусловливают поиски новых более эффективных материалов и методик.

Цель работы – изучение эффективности лечения коронорадикулярных переломов многокорневых зубов с использованием фиксаторов из никелида титана.

Материалы и методы. Нами предложена методика лечения продольных переломов многокорневых зубов с использованием фиксаторов из никелида титана (патенты РФ № 139251, № 139354), пролечено 47 премоляров у 47 пациентов в соответствии с информированным согласием пациентов в возрасте от 20 до 57 лет. Противопоказания - нежелание пациента сохранить зуб и тяжелая степень пародонтита. Тесты эффективности: степень выраженности болевого синдрома по шкале Хоссли – Бергмана и шкалы САН; степень воспалительного процесса в деснах определялась с помощью индекса ПМА в модификации Parma (1960). Кровоточивость десен оценивали по индексу Мюллемана (Mhhlemann H.R., Son S., 1971) в модификации Коуэлла (Cowell C.R. et. al., 1975). Способ определения индекса Мюллемана-Коуэлла: производилось зондирование зубодесневой борозды со щечной и язычной (небной) поверхности при помощи пуговчатого зонда. Кончик зонда без давления прижимали к стенке бороздки и медленно проводили от медиальной к дистальной стороне зуба. Критерии оценки: 0 – кровоточивость при зондировании отсутствует;1 – кровоточивость появляется не раньше, чем через 30 секунд;2 – кровоточивость возникает или сразу после зондовой пробы, или в пределах 30 секунд; 3 – кровоточивость возникает при приеме пищи, чистке зубов или под действием воздушной струи пистолета. Значение индекса рассчитывается как частное от деления суммы показателей на количество обследованных зубов. Интенсивность воспаления в деснах оценивали по пробе Шиллера-Писарева, которую выражали в баллах в зависимости от интенсивности окрашивания; 0 – соломенный; 1– светло-коричневый; 2 – коричневый; 3 – темно-коричневый; 4 – бурый. Степень подвижности зубов (“PeriotestC” (Siemens, Германия) и прицельная рентгенография до-, через 3,6 и12 месяцев после лечения с использованием периапикального индекса (Orstavik D.,1996). Статистическую обработку результатов проводили с использованием компьютерных программ Statistika 6.0, Excel 2010 и критерия Wilcoxon и статистической значимости при $p<0,05$.

Результаты исследования. На 1-е сутки после лечения субъективные показатели боли были минимальны или полностью отсутствовали в 43 (89,19%), через 2,0±0,5 суток боль отсутствовала у всех пациентов. Кровоточивость десны составила в степнях – до лечения 0- степень у 5 пациентов, у 42- 2 степени. Лечения через 14 суток- отсутствие кровоточивости у 45 пациентов, первой степени – у 5. Через 30 дней - кровоточивость отсутствовала у всех 47 пациентов. Проба Шиллера – Писарева-до лечения 0 баллов – 5 пациентов, 1 балл – 42 пациента. После лечения через 30 суток- у всех пациентов -1 балл, что может быть обусловлено наличием коронки как раздражителя краевой десны. Умеренная подвижность–13 баллов наблюдалась у 1 пациента. Через 3месяца - высо-

кая устойчивость зубов установлена во всех случаях-5,7±0,2 балла ($p<0,02$). При проведении внутриротовой прицельной рентгенографии выявлено незначительное расширение зоны периодонта до лечения и ее полную редукцию у всех пациентов и стабилизацией показателей в исследуемые сроки ($p<0,002$). **Заключение**. Полученные данные свидетельствуют о простоте, рациональности и эффективности предложенной методики.

Литература. 1. Безруков В.М. Амбулаторная хирургическая стоматология: Руководство для врачей / В.М. Безруков, Л.А. Григорьянц, Н.А. Рабухина. – М.: МИА., 2015. - 52 с.. 2.Семенников В.И., Семенникова Н.В. Способ лечения продольных переломов многокорневых зубов верхней челюсти. Патент РФ на изобретение № 2376954 от 27.12. 2009. Опубл. 27.12.2009. Бюл. № 36. 3. Семенников В.И.,Семенникова Н.В., Шишкина О.Е.,Юферов А.Е. 4.Способ лечения продольных и поперечных переломов многокорневых зубов верхней и нижней челюстей. Патент РФ на изобретение № 2446769. Опубл.10.04.12. Бюл. № 10. 5.Andreasen J.O. Textbook and color atlas of traumatic injuries to the teeth / Andreasen J.O., Andreasen F.M. – Copenhagen: Munksgaard, 2007. – 912 p. 6.Cvek M. Healing of 208 intraalveolar root fractures in patients aged 7–17 years / Cvek M., Andreasen J.O., Borum M.K. // Dental Traumatology. 2001. – Vol. 7. - P. 53. 7. Mitsuhiro T. Treatment Planning for Traumatized teeth / Tsukiboshi Mitsuhiro. – Illinois :Quintessence Publishing Co., 2000. – 124 p.

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, Барнаул, ул. Н.Крупской,143-14, доктору мед. наук, профессору, Семенникову В.И., тел. (385-2) 62-80-22. E-mail:vsem32@mail.ru*

ПОКАЗАТЕЛИ КОНУСНО-ЛУЧЕВОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ КАК КОНТРОЛЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕЧЕНИЯ ФОТОДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ ОДОНТОГЕННЫХ КИСТ И ГРАНУЛЕМ, ОСЛОЖНЕННЫХ ВЕРХНЕЧЕЛЮСТНЫМ СИНУИТОМ

СЕМЕННИКОВА Н.В., ЕГОРОВА А.И.,
СЕМЕННИКОВ В.И.,ТУКЕНОВ Е.С.

Актуальность проблемы лечения одонтогенных кист и гранулем обусловлена все не снижающимся их количеством, сложностью лечения (Зарецкая А.С., Рабухина Н.А., Семкин В.А.,2010) и развития осложнений в виде абсцессов, флегмон челюстно-лицевой области и шеи, одонтогенных верхнечелюстных синуитов, медиастинита, сепсиса (Christgau, M. соавт., 2010; A. Delantoni, P. Papademitriou, 2007). На кафедре хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии АГМУ Семенниковой Н.В., Егоровой А.И.,Семенниковым В.И. разработана методика односеансного лечения одонтогенных кист и, осложненных одонтогенным верхнечелюстным синуитом с использованием трансканальной лазерной фотодинамической терапии (ФТД). Изучение эффективности ее применения на практике необходимо для уточнения показаний и разра-

ботки протокола в зависимости от степени выраженности патологических изменений в тканях периодонта и верхнечелюстного синуса.

С **целью** повышения объективности и точности рентгенологической оценки состояния тканей пародонта и верхнечелюстного синуса при лечении радикулярных кист и гранулематозного периодонтита с ФТД , осложненного одонтогенным верхнечелюстным синуитом в отдаленные сроки, применена конусно-лучевая компьютерная томография.

Материалы и методы. Проведено лечение 47 пациентов с указанной патологией в возрасте 25-50 лет, средний возраст 35,8±15,5 лет, из них 37 женщин, 10 мужчин. Лечение проведено по методике, разработанной на кафедре хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии Алтайского ГМУ (патент РФ № 2543031). Для исследования тканей верхне-челюстного комплекса и придаточных пазух носа использовалась конусно-лучевая компьютерная томография с использованием аппарата Planmeca ProMax 3D®) (Germany), ПЛАНМЕКА(– это серия аппаратов, состоящая исключительно из аппаратов "все-в-одном". Три различных типа трехмерной визуализации, а также панорамная, цефалометрическая и внешняя съемка прикуса. Эти многофункциональные аппараты могут удовлетворить все потребности челюстно-лицевой визуализации. Технология Planmeca ProMax ® 3D позволяют съемку в уникальном режиме протокола Planmeca Ультра Низкой Дозы™, что позволяет получение КЛКТ с еще более низкой лучевой нагрузкой на пациента, чем при стандартной 2D панорамной съемке. Благодаря системе удаления шума Planmeca AINO™ и алгоритмам удаления артефактов Planmeca APA™, получаемые изображения бесшумные и с высокой чистоты, режим съемки идеален для всех случаев, когда необходима визуализация маленьких анатомических деталей.

Исследовались оптическая плотность периапикального дефекта костной ткани, динамика восстановления кости в области дефекта, состояние слизистой оболочки верхнечелюстного синуса. Сроки проведения: сразу после лечения и через 6, 12 месяцев.

Результаты исследования. Показатели оптической плотности кости по шкале "Haunsfield" в области периапикального дефекта составили 115,0±13,0 ед Н., в здоровых участках - 780,0±25,0 ед Н. Размеры дефектов составили 0,7±0,2 см. Исследование качества пломбирования каналов показало их равномерное заполнение по всему объему, плотность - 2100±77 ед Н. Изменение слизистой при острых синуитах сопровождалось утолщением ее до 0,3±0,1 мм у 7 пациентов, при обострении хронических полипозных синуитов от 0,6 мм - у 27 пациентов, до почти полного заполнения пазухи полипами - у 6 человек. Через 2 года наблюдалось отсутствие утолщения у 2 пациентов, наличие единичных полипов размером 0,2х0,2х0,3 ± 0,1см у 35 пациентов, которые отказались от оперативного лечения в связи с отсутствием каких-либо симптомов воспале-

ния, у 10 - выявлены полипы от 0,7 см и больше. Всем пациентам этой группы проведена полипэктомия с помощью эндоскопического метода. При исследовании степени восстановления кости в области периапикального дефекта установлено, что у всех пациентов наблюдалась тенденция к уменьшению периапикального дефекта. Через год у 45 пациентов (97,52%) наблюдалось полное восстановление структуры пародонта.

Сохранение «причинного» зуба может быть только при условии мотивации пациента на сохранение зуба, отсутствие тяжелой соматической патологии, проходимость каналов зуба, высокая техническая оснащенность стоматологического отделения и владение врачом стоматологом терапевтическим и хирургическим арсеналом способов и средств лечения этой патологии.

Выводы. Применение КЛКТ позволило выявить высокую эффективность предложенной методики лечения радикулярных кист и хронического гранулематозного периодонтита, осложненного верхнечелюстным синуитом, избежать в подавляющем большинстве случаев оперативного вмешательства на тканях пародонта и пазухи. Полученные данные позволяют отнести разработанную технологию к разряду миниинвазивных и органосохраняющих технологий.

Литература. 1. Зарецкая А.С., Рабухина Н.А., Семкин В.А. Обширные одонтогенные кисты различного гистологического строения в рентгенологическом изображении // Вестник рентгенологии и радиологии.-2010.-№3.-С.26-31. Семенников В.И, Хайжок А.В., Семеникова *Н.В.* Способ лечения радикулярных кист, проросших в верхнечелюстную пазуху и дно полости носа.//Аллергология и иммунология. - 2009. - Том 10. - № 1. - С.130; 2. Соловьев М.М., Семёнов Г.М., Галецкий, Д.В. Оперативное лечение одонтогенных кист. - С-Пб.: Спецлит. 2004. – 113 с.; 3. Christgau, M. Guided tissue regeneration in intrabony defects using an experimental bioresorbable polydioxanon (PDS) membrane / M. Christgau, N. Bader, A. Felden, J. Gradl, A. Wenzel, G. Schmalz // Journal of Clinical Periodontology. – 2010. – V. 29. – P. 710–723; 4. Delantoni, A. An unusually large asymptomatic periapical lesion that presented as a random finding on a panoramic radiograph / A. Delantoni, P. Papademitriou // Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology. – 2007. – V. 104. – P. 62–65.

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, Барнаул, ул. Н.Крупской,143-14, доктору мед. наук, профессору, Семенникову В.И., тел. (385-2) 62-80-22. E-mail:vsem32@mail.ru*

СПЕКТРАЛЬНАЯ ПРОЗРАЧНОСТЬ ВОДЫ ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА

СУТОРИХИН И.А., ФРОЛЕНКОВ И.М., ЯНКОВСКАЯ У.И.

Телецкое озеро находится на юге Западной Сибири и занимает четвертое место в России среди самых глубоких озёр, включено ЮНЕСКО в список природных объектов Мирового Наследия

[1]. Часть его акватории и восточное побережье входит в состав Алтайского госзаповедника - одного из старейших в стране. Район Телецкого озера исторически являлся местом проживания коренных малочисленных этносов Алтая - тубаларов и челканцев. В последние годы в связи с бурным развитием туризма, сопровождающимся ростом потока отдыхающих, массовым строительством объектов туриндустрии и резким увеличением транспортных средств, в том числе маломерных судов, заметно возросла антропогенная нагрузка на окружающую среду озера, отмечаются следы туристов и в заповедных зонах[2, 3].

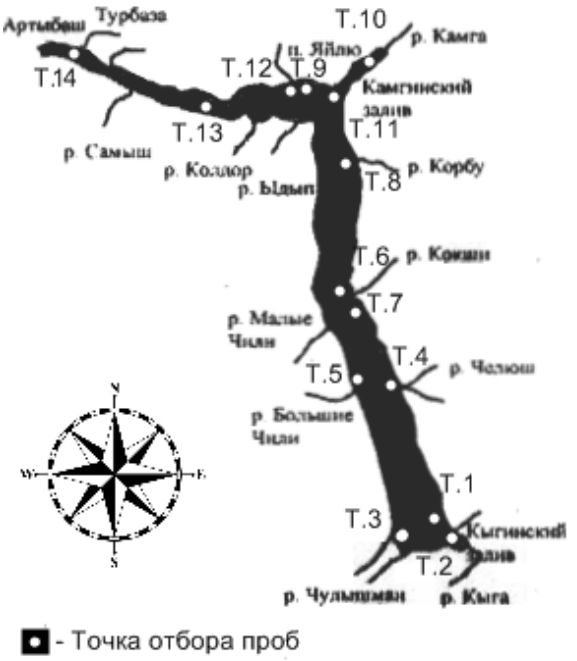
Прозрачность воды в видимом диапазоне длин волн – довольно информативный показатель экологического состояния водоема и качества воды.

Следует отметить, что для оценки качества воды водоемов в последнее время все чаще применяются оптические методы, как довольно универсальные и точные. К основоположникам здесь следует отнести таких авторов как М.В.Козлянинов, Г.Г.Неуймин, К.С.Шифрин, Р.Прайзендорфер, С.Дантли, Дж.Тайлер. Одной из наиболее важных гидрооптических характеристик выполняющего роль индикатора экологического состояния водных экосистем, является спектральный показатель ослабления света ε, измеряется в обратных метрах ($м^{-1}$).

Оптические характеристики естественных водоемов разнообразны и подвержены сезонной изменчивости. Основным компонентом, определюящим оптические параметры вод, является гидрозоль биологического происхождения – зоо- и фитопланктон. В этой связи целью проводимых исследований являлось измерение спектральной прозрачности воды в озере Телецком на различных глубинах и разных участках акватории.

Телецкое озеро, уникальный природный объект Горного Алтая, является хранилищем более 40 $км^3$ экологически чистой пресной воды. Длина Телецкого озера равна 77,7 километра, наибольшая ширина — 5 километрам, средняя ширина 3,2 километра. Максимальная глубина по полевым исследованиям 2015года составляет 265 м. Основная часть притока воды в озеро (более 70 %) поступает через р. Чулышман в южную часть озерной котловины, а весь сток осуществляется через р. Бия в противоположной северо-западной части водоема.

Телецкое озеро имеет удлиненную руслообразную форму. Оно состоит как бы из двух частей — длинной меридиональной, которая в северной части изгибается под прямым углом и образует более короткую широтную часть, идущую на запад (рисунок 1). По морфологическим признакам принято выделять в Телецком озере два плеса: один



Места отбора проб	Названия
Т.1	Кордон Чири
Т.2	Кыга
Т.3	Чулышман(пелагиаль)
Т.4	Чилюш(поверх.)
Т.5	Большие Чили (поверхн.)
Т.6	Кокши(поверхностный)
Т.7	Кокши(пелагиаль)
Т.8	Б. Корбу
Т.9	Ок-Порок
Т.10	Камга (литораль)
Т.11	Камга (устье)
Т.12	Яй-Лю (пелагиаль)
Т.13	Каменный залив
Т.14	Артыбаш (пелагиаль)

Рис. 1. Территориальное расположение точек отбора проб на оз. Телецкое

основной широкий и глубокий, другой –северо-западный узкий и мелководный. Разделяются они перетяжкой в районе мыса Ажи. К основному плесу относится вся меридиональная часть озера и восточная треть широтной части; к нему примыкают два наиболее крупные залива озера – Камгинский и Кыпинский, а также четыре бухты (Чодор, Ыдып, Айрараш и Колдор). В северной части плеса располагаются наибольшие глубины озера. К северо-западному плесу относится примерно две трети широтной части озера. Пролив Карараш делит ее на две части: западную мелководную, с глубинами до 20 метров, и восточную – область падения глубины от 20 метров у Карараша до 200 метров у мыса Ажи[4].

В основе метода определения прозрачности природных вод лежат измерения на спектрофотометре отношений двух световых потоков, прошедших через объемы эталонного (дистиллированная вода) и исследуемого образцов. Исследования проводились на борту теплохода ИВЭП СО РАН 23.07.2013, 28.08.2013 и 28-30.07.2015 гг. Пробы отбирались в разных местах акватории озера (рисунок 1., таблица 1) с использованием малообъемного батометра и глубоководного батометра Паталаса. Измерения прозрачности воды проводились на спектрофотометре ПЭ-5400УФ, в диапазоне 400-800 нм с шагом 30 нм. Водные пробы помещались в кварцевые кюветы размером 5х5 мм с длиной оптического пути 10 мм.

Показатель ослабления определялся по формуле

$$\varepsilon = \frac{1}{L} ln1 /T$$

где L – длина кюветы, равная 10мм, T – прозрачность, равная I/I_0.

I,I_0 – интенсивности прошедшего и падающего света, соответственно.

Максимальная абсолютная погрешность в определении ε составила около $0{,}5м^{-1}$

Величины отношений общих и минеральных форм азота и фосфора в целом характеризуют озеро, как олиготрофный водоем. По концентрации кислорода, БПК5 и перманганатной окисляемости, за исключением отдельных литоральных участков вода озера соответствует классам “предельно чистых”, “очень чистых” и “чистых ” вод [5]. Однако результаты измерений по спектральному показателю ослабления света на различных глубинах показывают пространственную и временную динамику качества воды, которые и представлены на рисунках 2-3.

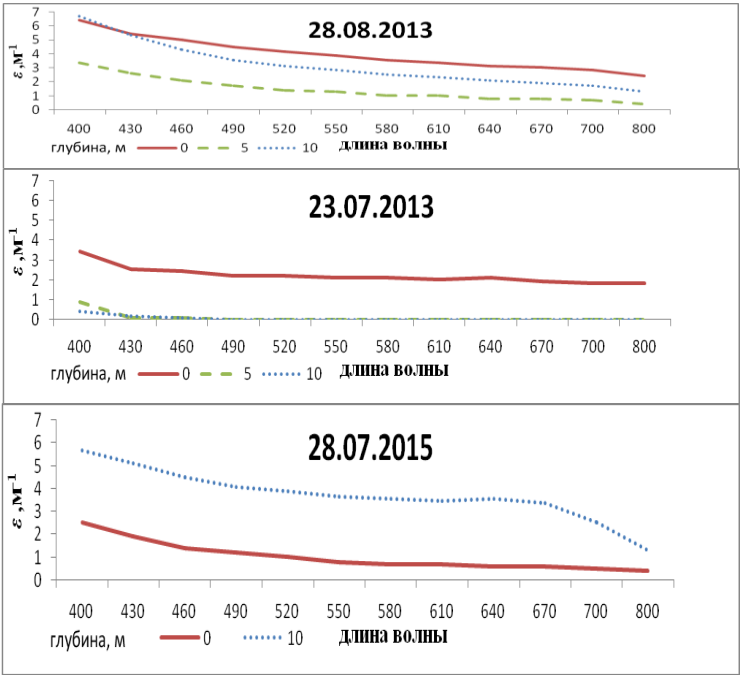


Рис. 2.Показатель ослабления света на различных глубинах за 2013-2015 гг. вблизи пос. Артыбаш

Вблизи пос. Артыбаш 28.08.2013 г. на глубине 0 м максимальное значение ε составляет 6,4 $м^{-1}$, а на глубине 10 м показывает – 6,7 $м^{-1}$. Такие показатели обуславливаются наличием в этом месте основной части туристических баз, большого скопления водного транспорта. Исследования в 2015 года показывают положительную динамику поверхностного слоя (ε = 2,53 $м^{-1}$), но так же высокие показатели на глубине 10 метров (ε = 5,66 $м^{-1}$).

Рис. 3. Показатели ослабления света в поверхностном слое за 2013 г. вблизи устья р. Чулышман

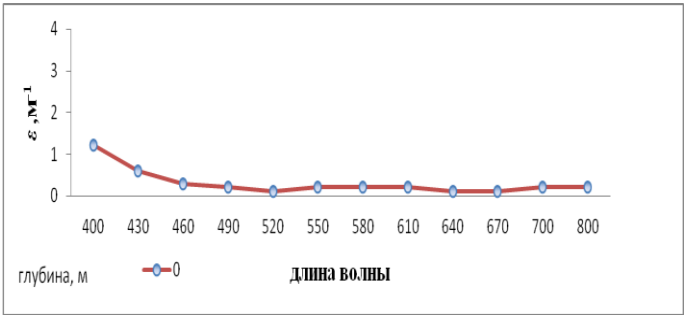


Рис. 4. Показатели ослабления света в поверхностном слое за 2013 г. вблизи устья р. Кокши

Участки вблизи притоков озера чистые и прозрачные, характеризуются незначительной минерализацией воды и низким содержанием органических веществ, подвергшиеся антропогенной трансформации в малой степени. Максимальное значение поверхностного слоя за 28.08.13 г. ε = 1,71 $м^{-1}$ на участке вблизи р. Чулышман, ε = 1,21 $м^{-1}$вблизи устья р. Кокши.

Вывод. Проведение нашего исследования показало, что воды Телецкого озера относятся к классу чистых. Наиболее чистым участком озера является центральная, глубоководная часть. Районы впадения крупных притоков озера. Телецкое озеро можно отнести к олиготрофному водоему в среднем показатель ε поверхностного слоя составляет 1,4$м^{-1}$, с чертами мезотрофности (ε = 2,53 $м^{-1}$) в заливах, вблизи наиболее урбанизированных участков показатель ослабления света превышает 6,7 $м^{-1}$, такие участки не характеризуют статус всего озера, но заставляют задуматься об экологическом состоянии водоема.

Литература.1. Алтай. Всемирное наследие: Алтайский заповедник, Катунский заповедник, Зона покоя "Укок", оз. Телецкое, г. Белуха / Под.ред. А.М. Маринина. – Горно-Алтайск: Универ-Принт, 1999.-С. 15-49.2. Дучков, А.Д. Тепловой поток Телецкого озера / А.Д. Дучков, Я. Клеркс, С.А. Казанцев // Геология и геофизика. 1995. - Т. 36, № 10. - С. 143-153.3. Селегей В.В., Селегей Т.С. Телецкое озеро. Л.: Гидрометеоиздат, 1978. - 142 с.4. Физико-географическая и геологическая характеристика Телецкого озера / под ред. В. Селегея, Б. Дехандсхюттера, Я. Клеркса, Е. Высоцкого. – Тервюрен (Бельгия), 2001. – Т. 105.5.Безматерных Д. М., Архипов И. А., Бурмистрова О. С., Ведухина В. Г., Котовщиков А. В., Крылова Е. Н., Соколова М. И.Биологические индикаторы как интегральные показатели состояния экосистемы Телецкого озера // Матер. V конф. молодых учёных, посвящённой М. А. Лаврентьеву. Ч. 2. — Новосибирск, 2007. — С. 117—119.

АНАЛИЗ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ОТЧЕТОВ ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ, С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПОДХОДА

МУДРИЧЕНКО Г.В., ТУШЕВ А.Н

Кабинеты медицинской статистики имеются во всех лечебно-профилактических учреждениях (ЛПУ) в течение многих десятилетий. С появлением персональных компьютеров значительно возросла роль статистических отчетов для оценки деятельности ЛПУ, в частности причин нетрудоспособности населения, расчет посещаемости различных категорий пациентов, анализа и прогноза заболеваемости по ЛПУ и в целом по населенным пунктам и расчет ряда других важных показателей.

Особенностью представляемых отчетов в отделы здравоохранения является отсутствие динамического анализа статистических талонов, заполняемых врачами за рассчитываемый период, что снижает качество профилактики заболеваний, особенно во время эпидемий острых заболеваний, таких как грипп, ОРВИ и других[1]. Для выявления тенденций в эпидемиологии за периоды отчетности наиболее подходящим представляется анализ временных рядов.

С увеличением мощности компьютеров и развитием методов обработки данных анализ временных рядов претерпел значительные изменения. Классический метод построения моделей авторегрессии – скользящего среднего (АРПСС) постепенно заменяется нейросетевым подходом. Его использование позволит хорошо прогнозировать нелинейные функции после обучения нейронной сети на исходных данных[2]. Это позволяет обнаружить многие скрытые динамические характеристики важных для региона болезней и улучшить их профилактику.

Целью работы является создание программного средства, осуществляющего анализ и прогнозирование временных рядов медицинской статистики на основе нейросетевого подхода.

Для создания программного средства была выбрана среда разработки Visual Studio 2015 и язык C#.

Исходными данными для программного комплекса являются таблицы, полученные программой медицинской статистики для данного ЛПУ в течение нескольких лет. На рисунке 1 приведен фрагмент таблицы для Городской больницы № 4 г. Барнаула.

Из таблицы выбираются временные ряды, которые интересуют исследователя, например, заболевания острого лорингофарингита (шифр J06) для оценки влияния сезонности заболевания или количество выявленных больных гриппом ежедневно во время эпидемии.

Таким образом, в качестве входных данных выступает временной ряд, полученный из таблиц. Выходными данными программного продукта является прогноз поведения временного ряда на некоторый интервал, заданный пользователем (день, 3 дня, неделя и т.п.).

Для реализации нейросетевого подхода была создана однослойная нейронная сеть с обратным распространением ошибки (backpropagation neural network). Параметры и результат обучения такой сети представлены на рисунке 2.

	A	C	D	H	M	S	T
1	FAMB	DATRB	P	SHIFR1	DATSB	FIST1	STTAL1
2	ШЕВЕЛЕВА ЛЮБОВЬ АНДРЕЕВНА	15.06.1970	ж	M42	05.12.2007	д	д
3	БЕРНС ОЛЬГА АЛЕКСЕЕВНА	10.11.1965	ж	M42	05.12.2007	д	д
4	КОРНИЛОВ ГЕННАДИЙ АЛЕКСАНДР	09.07.1974	м	M42	05.12.2007	д	д
5	ШИРШОВ МИХАИЛ ЮРЬЕВИЧ	14.02.1979	м	G57.0	05.12.2007	д	д
6	КУДРЯВЦЕВА ЛИЛИЯ АЛЕКСАНДРО	16.07.1960	ж	M42	05.12.2007	д	д
7	ЕРМАКОВА НАДЕЖДА СЕМЕНОВНА	28.12.1945	ж	M42	05.12.2007	д	д
8	ДМИТРИЕВА ЛИДИЯ АЛЕКСЕЕВНА	25.10.1959	ж	M42	05.12.2007	д	д
9	САЛАЗКИН ВАСИЛИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ	01.02.1979	м	M42	05.12.2007	д	д
10	ТОЛСТЫХ ЛЮБОВЬ АРХИПОВНА	23.09.1955	ж	M42	05.12.2007	д	д
11	БАЛКУНОВА СВЕТЛАНА НИКОЛАЕВ	25.03.1983	ж	G90	05.12.2007	д	д
12	ОРЛОВА ВЕРА ГЕННАДЬЕВНА	27.12.1962	ж	M42	05.12.2007	д	д
13	МАЛЬЦЕВА ОЛЬГА КОНСТАНТИНОВ	23.08.1966	ж	M42	05.12.2007	д	д
14	КОСТОЛОМОВА ЛЮДМИЛА ДМИТР	18.03.1949	ж	G57.0	05.12.2007	д	д
15	КУЛИКОВА ЮЛИЯ АЛЕКСАНДРОВН	09.03.1989	ж	M42	05.12.2007	д	д
16	КОСТЫЛЕВА СВЕТЛАНА МИХАЙЛОІ	26.01.1981	ж	M42	05.12.2007	д	д
17	ШАБАНОВА АННА ВЛАДИМИРОВНА	25.09.1959	ж	M42	05.12.2007	д	д
18	БУЯНОВА СВЕТЛАНА ВАЛЕРЬЕВНА	13.08.1985	ж	M42	05.12.2007	д	д
19	ДЕМЧЕНКО АНАСТАСИЯ АНАТОЛЬЕ	12.07.1987	ж	M42	05.12.2007	д	д
20	ФЕЩЕНКО СЕРГЕЙ НИКОЛАЕВИЧ	05.03.1987	м	M42	05.12.2007	д	д
21	УШАКОВ МАКСИМ НИКОЛАЕВИЧ	14.07.1989	м	M42	05.12.2007	д	д
22	БИКЕТОВА ТАТЬЯНА ЮРЬЕВНА	25.02.1986	ж	G90	05.12.2007	д	д
23	БОРОДИН КОНСТАНТИН АЛЕКСАНД	09.02.1990	м	M42	05.12.2007	д	д
24	ДОРОГИНА ДАРЬЯ ОЛЕГОВНА	10.08.1989	ж	G90	05.12.2007	д	д
25	ШЕВЕЛЕВА ЛЮБОВЬ АНДРЕЕВНА	15.06.1970	ж	M42	12.12.2007	д	д

Рис. 1. Фрагмент исходных данных

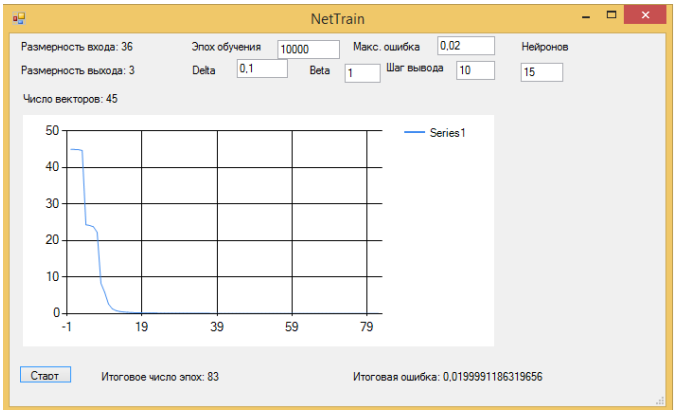


Рис. 2. Результат обучения однослойной нейронной сети

Разработанный программный комплекс позволяет проводить анализ временных рядов в области медицинской статистики с использованием нейронных сетей, основанных на обратном распространением ошибки.

Литература. 1. Жижкин К.С. Медицинская стастистика. Р/Дону: Феникс, 2007. — 160с. 2. Хайкин С. Нейронные сети. Полный курс. М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. – 1104 с.: ил.

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова», кафедра ИВТиИБ, Тушев А.Н., к.т.н., доцент, E-mail: tushev51@mail.ru, (3852) 29-07-18.*

НОВЫЙ АЛГОРИТМ ИЗМЕРЕНИЯ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ СМАРТФОНА

ЗРЮМОВ Е.А., ЗРЮМОВ П.А., КАДИРОВ Р.В.

Мониторинг состояния здоровья стал неотъемлемой частью жизнедеятельности современного человека. В первую очередь, контролю подвергаются жизненно важные органы, одним из таких органов является сердце, наблюдение за которым осуществляется посредством измерения пульса.

На данный момент существует много способов измерения сердечного ритма человека, в том числе при помощи метода пальпации, электрокардиографа, монитора сердечного ритма или пульсометра. Для любителей активного образа жизни, и для тех, у кого нет под рукой специального устройства для слежения за пульсом, актуальным является способ измерения при помощи видеокамеры смартфона. Для осуществления измерения необходим смартфон со встроенной камерой, вспышкой и приложение для измерения сердечного ритма.

Примерами приложений для измерения сердечного ритма на ОС Android являются Heart Beat Rate [1], Instant Heart Rate [2], Runtastic Heart Rate [3]. Основным недостатком данных приложений является низкая точность, возникающая из-за изменения кадровой частоты видеокамеры в процессе измерения, что обуславливает потребность в разработке и реализации новых алгоритмов измерения.

Целью работы является разработка и реализация нового алгоритма измерения сердечного ритма на основе смартфона.

В рассмотренных выше приложениях измерение пульса происходит следующим образом: пользователь запускает соответствующее приложение, затем прикладывает палец к видеокамере смартфона, после этого включается вспышка смартфона, затем приложение на смартфоне начинает захватывать кадры и формировать сигнал изменения красной составляющей в изображении кожи пальца человека, появляющееся в связи с пульсацией крови, далее происходит обработка полученного сигнала, после чего делается вывод о значении измеряемого сердечного ритма.

Распространено применение алгоритма, предполагающего фильтрацию сигнала при помощи скользящего среднего или сглаживающего дифференцирования, после чего в отфильтрованном сигнале подсчитывается количество пиков в заданном временном интервале [4]. Недостатком

данного подхода является сложность детектирования пиков. Другим подходом в измерении сердечного ритма человека с помощью смартфона является подсчет не количества пиков сигнала, а среднего расстояния между ними [5]. Недостатком данного алгоритма является высокая погрешность из-за изменения кадровой частоты видеокамеры в процессе измерения.

Для устранения вышеописанных недостатков существующих методов измерения сердечного ритма человека с помощью смартфона предложен новый алгоритм, который заключается в следующем. Сначала полученный с видеокамеры сигнал обрабатывается с помощью скользящего среднего для сглаживания высокочастотных всплесков (рисунок 1). Как видно из представленного рисунка, детектировать пики очень сложно, как и найти среднее расстояние между ними.

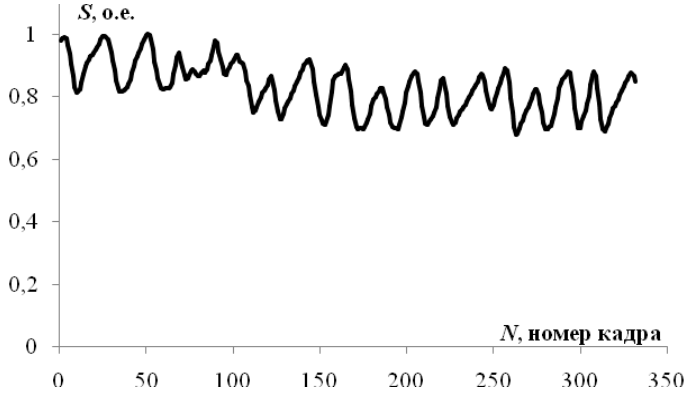
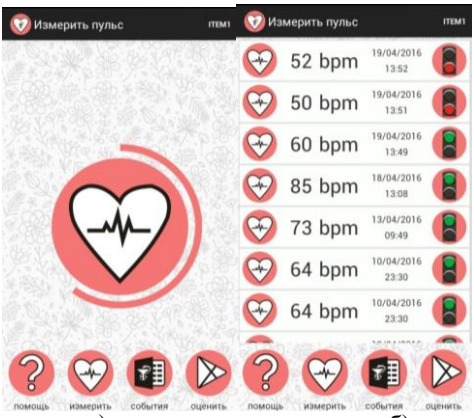


Рис. 1. График изменения сигнала от номера кадра при частоте пульса 72 уд/мин и кадровой частоте видеокамеры 30 Гц

Далее полученный сигнал разбивается на 10 интервалов, длительность которых $T_{И}$ изменяется от 0,4 до 1,5 сек, что соответствует частоте сердечного ритма 150 и 40 уд/мин. После этого для каждого значения $T_{И}$ в сигнале подсчитывается количество глобальных максимумов N в каждом интервале. Затем вычисляется первое значение $T_{И\ MAX}$, соответствующее максимальному количеству N_{MAX}. После этого находятся глобальные максимумы в первом и десятом интервале, длительность которых равна $T_{И\ MAX}$, рассчитывается время между ними T, по которому определяется значение пульса P по формуле 600 / T (уд/мин).

Алгоритм измерения сердечного ритма реализован в приложении, работающем под управлением операционной системы Android. Интерфейс разработанного приложения представлен на рисунках 2,а и 2,б. Приложение позволяет измерять значение сердечного ритма человека, сохранять результаты в спроектированной базе данных [6].



а) б)

Рис. 2. Интерфейс разработанного приложения для ОС Android

Выводы. В результате работы создан новый алгоритм и приложение для измерения сердечного ритма человека. Точность измерения предложенного алгоритма выше, чем у аналогов, так как точность измерения не зависит от неравномерности временных интервалов получения изображений с видеокамеры смартфона. На данном этапе приложение публикуется в интернет магазине Google Play. В дальнейшем планируются работы по расширению спектра поддерживаемых устройств, увеличению быстродействия приложения, добавлению дополнительного функционала.

Литература. 1. Heart Beat Rate [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://play.google.com/store/apps/details?id=air.com.bio2imaging.HeartBeatRate. **2.** Instant Heart Rate [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://play.google.com/store/apps/details?id=si.modula.android.instantheartrate. **3.** Runtastic Heart Rate [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.runtastic.android.heartrate.lite. **4.** Dantu R. Measuring Vital Signs Using Smart Phones: Ph. D. thesis. University of North Texas, 2010. **5.** Лаурэ, Д.А. Разработка алгоритма измерения частоты пульса человека с помощью камеры мобильного телефона / Д.А. Лаурэ, Н.С. Лагутина, И.В. Парамонов // Моделирование и анализ информационных систем. – Ярославль : Изд-во , ЯГУ, 2014. - №4. – С. 91-103. **6.** Зрюмов, Е.А. Базы данных для инженеров / Е. А. Зрюмов, А. Г. Зрюмова. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2010. – 131 с.

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, Барнаул, пр-т Ленина 46, Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, кандидат технических наук, Зрюмов Е.*А., тел. (3852) 29-09-13. E-mail: e.zrumov@mail.ru.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПО ПАРАМЕТРАМ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММ И ДИСКРЕТНЫМ ОТЧЕТАМ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММ

СМИРНОВА В.В, ТУШЕВ А.Н

С момента появления и развития концепции искусственных нейронных сетей (ИНН) появилось большое число работ, связанных с их применением в задачах медицинской диагностики.

Проблема выявления диагностических признаков сердечно-сосудистых заболеваний по результатам регистрации 12 отведений электрокардиограмм (ЭКГ) является достаточно четкой и изолированной от других физиологических показателей, т.е. можно получать важные выводы даже без привлечения данных других анализов и диагностических методов. В связи с этим имеется ряд работ выявления диагностических признаков заболеваний искусственных нейронных сетей (ИНС) с классическим методом обратного распространения ошибки (backpropagation).

Вместе с тем до недавнего времени имелись существенные ограничения на использование ИНС при анализе ЭКГ из-за большой размерности входа и медленной сходимости ИНС. Поэтому стандартная обучающая выборка для нейронной сети состояла из набора параметров немногих отведений ЭКГ, т.е. из ряда интервалов и амплитуд зубцов.

В настоящее время существенно расширились возможности аппаратных комплексов цифровой регистрации кардиосигналов, резко возросла производительность компьютеров, особенно мобильных устройств, что особенно важно для практического врача при осмотре больного. В 2005-2007 годах произошел существенный прогресс в методах обучения нейронных сетей. Широкое распространение получила, так называемая, сверточная нейронная сеть (convolutional neural network, CNN) и основанный на ней метод глубокого обучения (Deep Learning).

Целью данной работы является разработка программного комплекса для выявления диагностических признаков заболеваний по ЭКГ на основе как классического метода обучения ИНС, так и глубокого машинного обучения. Особенностью работы является существенное увеличение количества выявляемых заболеваний, использование характерных параметров всех 12 отведений ЭКГ (стандартных, усиленных и грудных), и кроме этого, использование альтернативного подход построения обучающей выборки по самим дискретным отчетам ЭКГ без предварительного оценивания параметров.

На данном этапе используется классический метод обучения нейронной сети с помощью метода обратного распространения ошибки.

Для выполнения поставленной цели был решен ряд задач, часть решений опиралась на известные методы. Для других задач необходим новый подход.

Основные задачи построения программного комплекса для диагностики заболеваний.

1 Построение обучающей выборки.

В настоящее время, в отличие от более ранних работ, стало недостаточно использовать набор кардиограмм, имеющихся в различных медицинских учреждениях, так как требуется достаточно большая выборка, с большим количеством заболеваний. Поэтому необходимо по различным атласам ЭКГ с выявленными заболеваниями построить модель кардиосигналов с необходимой минимальной частотой дискретизации 250 Гц. Поскольку в атласе представлены графические изображения кардиосигналов, был разработан программный модуль перевода изображений в дискретные отчеты сигнала.

Пример работы программы представлен на рис. 1.

2 Фильтрация кардиосигналов.

В реальных условиях регистрации ЭКГ, сигналы содержат высокочастотные и низкочастотные помехи, необходима их цифровая фильтрация. Так как сигнал имеет небольшую продолжительность (2 - 3 секунды) и обычно частота дискретизации равна 250 Гц (в разработанном АлтГТУ цифровом кардиографе 320 Гц), для фильтрации достаточно использовать дискретное преобразование Фурье с удалением частот, считающимися помехами в конкретном случае.

В частности для кардиосигналов частота свыше 70 Гц считается помехой и для велоэргометрии происходит сильный дрейф изолинии, поэтому необходимо фильтровать высокую частоту с частотой среза 5 Гц.

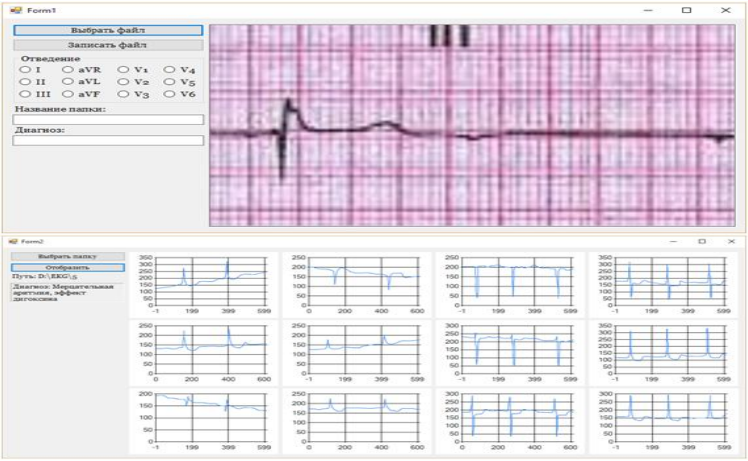


Рис. 1. Пример работы программы моделирования отчетов ЭКГ

Примеры фильтрации реальных сигналов регистрации пациента разработанного программного модуля представлены на рисунках 2, 3.

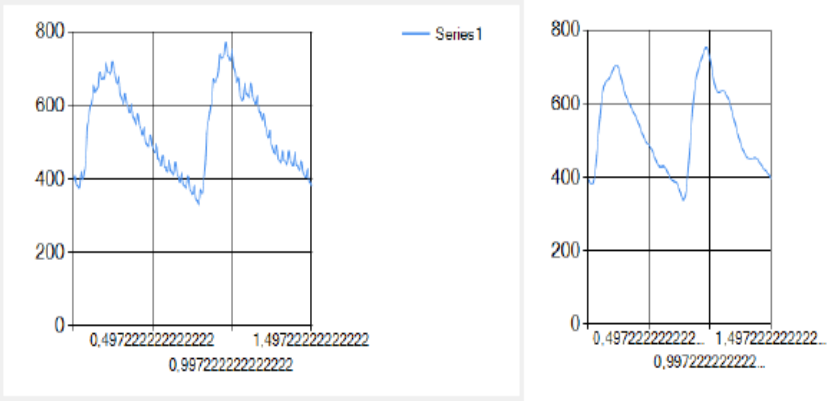


Рис. 2. Применение фильтра нижних частот для ЭКГ

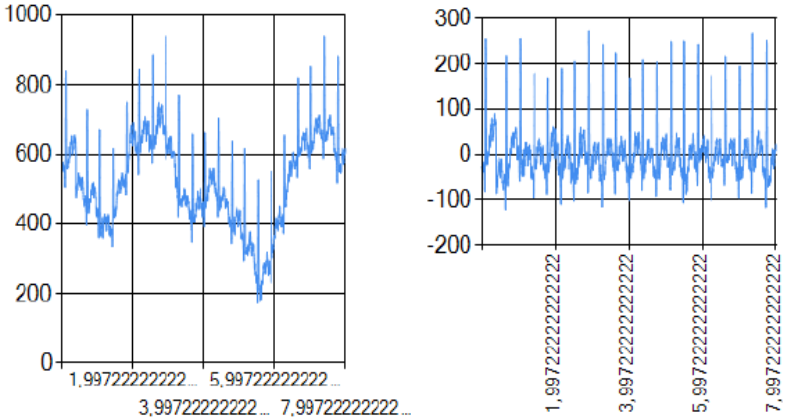


Рис. 3. Применение фильтра верхних частот

3 Вычисление параметров 12 отведений ЭКГ

Для параметрического подхода построения обучающей выборки необходимо иметь алгоритмы вычисления параметров кардиосигнала. К таким параметрам относится амплитуды и длительности QRS-комплекса, а так же параметры зубцов P и T и кроме этого, важным показателем является смещение S-T сегмента относительно изолинии.

Для определения R-R-интервала был использован пороговый метод, а для выделения всех зубцов комплекса использовались структурные методы определения.

Основными параметрами ЭКГ являются длительность QT-интервала, длительность PQ-интервала, длительность ST-сегмента, а также значения зубцов P, T, Q, R и S.

В таблице, расположенной ниже, приведен пример возможных значений ЭКГ для одного из отведений.

Название параметра	Значения параметра ЭКГ					
	Зубец P	Интервал PQ	Комплекс QRS	Интервал QT	Сегмент ST	Зубец T
Амплитуда, мВ	0-0,25	-	0,3-5,0	-	-	0,4-1,0
Длительность, С	0,07-0,11	0,12-0,2	0,06-0,1	0,35-0,44	0,06-0,15	0,10-0,25

4 Реализация многослойной нейронной сети с обратным методом распространения ошибки. Был рассмотрен случай, когда входными параметрами нейронной сети являются параметры электрокардиограммы. Ниже в таблице представлен фрагмент данных выборки.

ЧСС	$P_{амп}I$	...	$P_{амп}V6$	...	QRS I	...	QRS V6	...	S I	...	S V6	Тип заболевания
60	0,5	...	0,8	...	0,06	...	0,08	...	4	...	5	{норма}
100	1,5	...	1,7	...	0,07	...	0,07	...	10	...	9	{син тах}

Выводы: поскольку реальное количество заболеваний больше и объем выборки увеличивается, необходима модификация методов обучения нейронной сети.

Литература. 1. Хайкин С. Нейронный сети: полный курс, 2-е изд.: Пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.: ил. – Парал. тит. англ. 2. Хэмптон Д. Атлас ЭКГ. 150 клинических ситуаций.: Издательство – Медицинская литература, 2008. – 300 с. 3. Калядин Н.И., Леменков В.А., Коробейников А.В. Автоматический анализ сигнала ЭКГ в компьютерном мониторном комплексе.// IV Всероссийская с участием стран СНГ конференция «Методы и средства обработки сложной графической информации», тезисы докладов, 2001. - С. 98-100.

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова», кафедра ИВТиИБ, Тушев А.Н., к.т.н., доцент, E-mail: tushev51@mail.ru, (3852) 29-07-18.*

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПО РЕНТГЕНОВСКИМ СНИМКАМ И ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ

НОВОСЕЛЬЦЕВ В.А., ТУШЕВ А.Н.

В настоящее время специалистов в области информационных технологий, которые связывают свою деятельность с исследованием нейронных сетей для решения каких-либо задач, с каждым годом становится все больше.

Так, например, ключевыми факторами в распознавании опухолей являются: клинический опыт и степень онкологической подготовки врача. При этом существует и человеческий фактор, который тоже играет нема-

лую роль в идентификации онкологического заболевания. Поэтому исследование нейронных сетей для распознавания опухолей, поможет в будущем снизить риск идентификации неправильного диагноза. Ранняя диагностика заболевания поможет специалистам своевременно назначить все необходимы процедуры для лечения и уменьшить риск развития онкологической патологии.

Целью данной работы, является проведение исследования обучения нейронной сети для диагностики онкологических заболеваний.

Распознавание заболевания можно осуществить несколькими способами, такими, как экспрессия генов или с использованием рентгеновских снимков места исследования. Для более точного распознавания лучше применять эти два метода в сочетании. Но на ранних стадиях есть вероятность того, что по снимкам будет невозможно идентификация опухоли, поэтому, правильным решением, будет сначала использование распознавании по экспрессии генов с последующим дополнением анализа рентгенограмм.

Для достижения указанной цели были решены следующие задачи: выбор и реализация определённого типа нейронной сети, выбор и реализация различных фильтров для предварительной обработки изображений рентгеновских снимков опухолей. Программное обеспечение для анализа онкологических заболеваний разработано в среде IntelliJ на языке Java.

Для того, чтобы была возможность применения рентгеновских снимков в нейронной сети, необходимо предварительно обработать изображения. Алгоритм обработки представлен на рисунке 1.

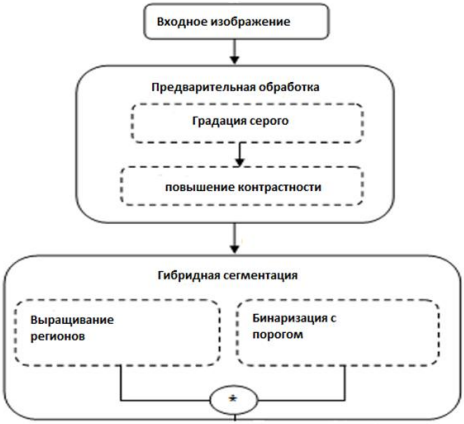


Рис. 1. Алгоритм предварительной обработки изображения.

На первом этапе обработки цветного изображения преобразовывается в оттенок серого и повышается контрастность. На втором этапе применяется сегментация изображения. Для этого используется бинаризация с

порогом и выращивание регионов. На выходе получается изображение с двумя используемыми методами вместе или какого-то одного.

Обучение нейронной сети на основе метода обратного распространения ошибки для распознавания изображения представлено на рисунке 2.

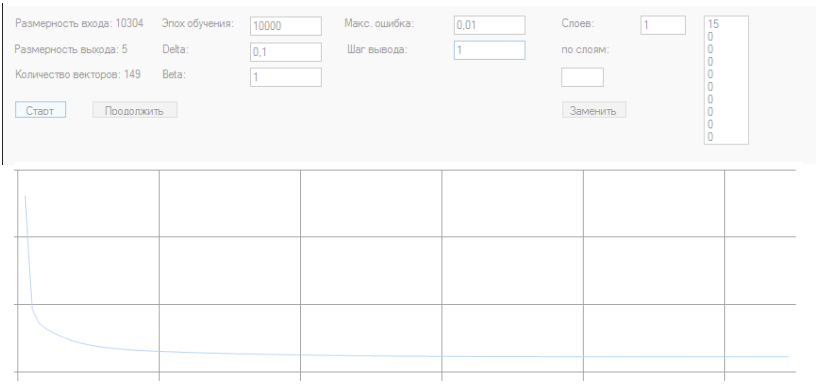


Рис. 2. Обучение нейронной сети для распознавания изображений рентгеновских снимков

В задаче выявления опухолей по экспрессии генов нейронной сетью для тестирования использованы обучающая и тестирующая выборка для распознавания по экспрессии генов, предоставленная для статистического анализа Стэнфордским университетом. Фрагмент обучающей выборки для распознавания по экспрессии генов представлена на рисунке 3. Набор из 144 чисел определяет величину экспрессии одного из генов.

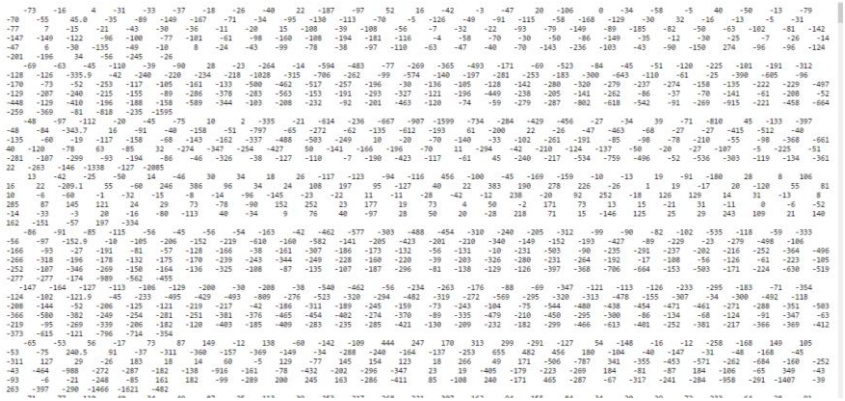


Рис. 3. Обучающая выборка для распознавания по экспресси генов

После чисел для нескольких строк набора одного элемента выборки следует номер опухоли , как номер выходного класса нейронной сети.

На рисунка 4-6 представлена выборка по экпрессии генов трёх классов: breast, prostate и lung.

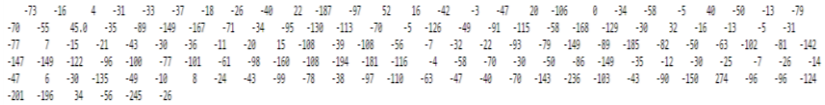


Рис. 4. Класс breast

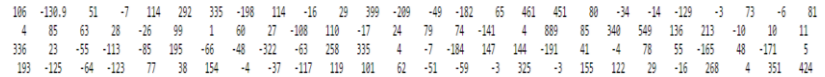


Рис. 5. Класс prostate

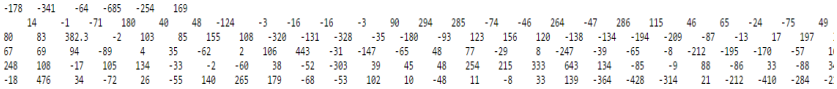


Рис. 6.Класс lung

Эксперименты на приведенных выборках показывают, что в обеих задачах качество распознавания обычной нейронной сетью с обратным распространением ошибки не превосходит 95%. В онкологических пролблемах из-за их крайней важности, необходимо использовать все возможности увеличения доли правильного распознавания. Поэтому в дальнейших исследованиях предполагается использование современной концепции нейронных сетей - “глубокого обучения”. Концепция “глубинного обучения” предполагает, что машина сама создаёт себе функционал. Моделирование многоуровневых абстракций позволяет нейронной сети выполнять более высокоинтеллектуальные задачи.

Использование глубокого обучения для двух типов входных параметров (изображение и последовательность нуклеотидов), можно с большей достоверностью распознавать типы доброкачественных и злокачественных опухолей, совмещая указанные типы исследования.

Литература. 1. Барский А. Б. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений. — М.: Финансы и статистика, 2004. — 176 с. 2. Хайкин С. Нейронный сети: полный курс, 2-е изд.: Пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.: ил. – Парал. тит. англ.

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова», кафедра ИВТиИБ, Тушев А.Н., к.т.н., доцент, E-mail: tushev51@mail.ru, (3852) 29-07-18.*

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

РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДИСКОВОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА СО СНЕЖНО-ЛЕДЯНЫМИ ОБРАЗОВАНИЯМИ

КАПТЮК И.В., ГАНЖА В.А., КОВАЛЕВИЧ П.В.,
САТЫШЕВ А.С., ПАНЧЕНКО И.В.

В процессе очистки дорожных покрытий от свежевыпавшего и уплотненного снега используется механический способ зимнего содержания дорог, за счет применения на спецмашинах отвальных (плужных), щеточных, шнекороторных, фрезерно-роторных и других рабочих органов [1]. При этом разрушение прочных снежно-ледяных и гололёдных образований значительной толщины механическим способом ограничено конструктивной неприспособленностью рабочих органов существующих спецмашин [2].

Создание высокоэффективного рабочего оборудования для разрушения снежно-ледяных образований расширит область применения механического способа очистки. Таким оборудованием является рабочий орган, оснащенный режущим инструментом в виде заостренных дисковых резцов.[3]

При создании оснащаемого дисковым инструментом высокоэффективного оборудования для разрушения прочных снежно-ледяных образований важнейшим вопросом является зависимость усилий, возникающих на рабочем органе от геометрических параметров режущего инструмента, углов его установки, скорости перемещения оси, несущей дисковый резец, скорости подачи рабочего органа на забой, параметров среза, физико-механических свойств разрушаемой среды, и т. д.

С целью определения рациональных параметров резания, при которых обеспечивается наиболее эффективное разрушение прочных снежно-ледяных образований дисковым инструментом и оценки влияния этого параметра, а также физико-механических свойств льда и параметров среза на силовые показатели процесса резания льда таким инструментом в СФУ проведен ряд экспериментальных исследований [3,4,5].

Характер процесса разрушения будет изучен путем построения регрессионной модели. Необходимым для применения регрессионного анализа является выполнение следующих требований. Во-первых, параметр оптимизации есть случайная величина с нормальным законом распределения (дисперсия воспроизводимости). Ввиду значительного экспериментального материала гипотеза была подтверждена стандартными статистическими средствами (критерий хи-квадрат). Следующее требование, которое было подтверждено, что дисперсия выходной величины не зави-

сит от ее абсолютной величины. Выполнимость этого постулата проверялась с помощью критерия однородности дисперсии в разных точках факторного пространства. Третье предположение – установление каждого фактора на заданный уровень и его поддержание существенно точнее, чем ошибка воспроизводимости. Существует еще четвертый постулат, налагающий ограничения на взаимосвязь между значениями факторов, но у нас он выполняется автоматически в силу ортогональности матрицы планирования [6].

Нахождение регрессионной модели выполняется согласно рис. 1.

Рис. 1. Алгоритм нахождения регрессионной модели

При анализе результатов исследований изучаемая величина зависит от двух факторов: температуры и шага резания.

Исследование зависимости усилия резания от таких факторов, как температура и шаг резания предполагает построение трех регрессионных моделей для горизонтальной, вертикальной и боковой составляющей силы резания.

Задача множественного регрессионного анализа состоит в построении уравнения плоскости в $(p+1)$-мерном пространстве. Или, другими словами, следует вычислить значения коэффициентов b_0, b_j в полиноме (модели).

В регрессионном анализе расчет неизвестных коэффициентов в модели осуществляют по методу наименьших квадратов (МНК). Его суть заключается в том, что коэффициенты определяют из условия минимума суммы квадратов отклонений результатов наблюдений y_i от точек модели.

Значимость уравнения регрессии определяется его предсказательной силой, т. е. возможностью надежно прогнозировать средние значения зависимой переменной у по заданным значениям независимых перемен-

ных x_i. Уравнение $\hat{y} = f(x_1, x_2, \ldots, x_p)$, согласно которому должно проводиться прогнозирование, получено на основании статистической обработки частичной совокупности. Это уравнение может существенно отличаться от гипотетического уравнения, соответствующего генеральной совокупности. Для оценки надежности уравнения регрессии применяют F-критерий Фишера.

При проверке адекватности модели разумнее делать прогноз не точечный, а интервальный. Для этого вычисляем доверительные интервалы выходной величины.

Результат представляет собой аналитическую регрессионную модель (пример для горизонтального усилия резания):

$$\hat{y} = 0.39291 - 0.011081 \cdot x_1 + 0.0075956 \cdot x_2 - 0.00066807 \cdot x_1 \cdot x_2$$
$$+ 0.0021555 \cdot x_1^{\,2} - 1.7836 \cdot 10^{-5} \cdot x_2^{\,2}$$

Модель горизонтального усилия резания представлены на рис. 2.

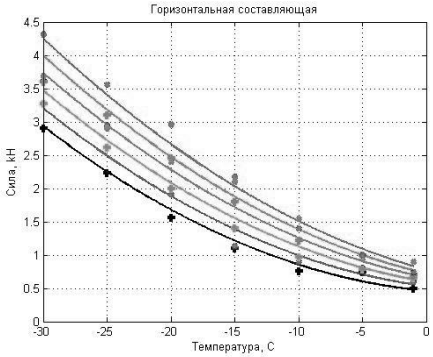


Рис. 2. Регрессионная модель горизонтального усилия резания

Полученные модели обеспечат построение метода разрушения снежно-ледяных образований дисковым инструментом в широком диапазоне отрицательных температур, и тем самым позволят снизить энергоемкость и повысить производительность разрушения прочных снежно-ледяных образований.

Литература. 1. ГОСТ Р 50597-93 Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. – Введ. 01.07.94. –М.: Изд-во стандартов, 1994. – 11 с. **2.** Ганжа, В.А. Обоснование конструкции и основных параметров дискового режущего инструмента для разрушения снежно-ледяных образований: автореф. дис. канд. техн. наук / В.А. Ганжа; СФУ. – Красноярск, 2011. – 24с. **3.** Ганжа, В.А. Дисковый режущий инструмент для разрушения снежно-ледяных образований / В.А. Ганжа, Ю.Н. Безбородов, Р.Б. Желукевич, Н.Н. Малышева, П.В. Ковалевич // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2012. - № 2. – С. 34-37. **4.**

Ганжа, В.А. Разрушение прочных снежно-ледяных образований / В.А. Ганжа, Ю.Н. Безбородов, П.В. Ковалевич, И.В. Каптюк // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2015. - № 3. – С. 21-23. **5.** Каптюк, И.В. Основные результаты анализа процессов взаимодействия дискового режущего инструмента со льдом при его механическом разрушении / В.А. Ганжа, П.В. Ковалевич, И.В. Панченко, А.С. Сатышев // Архитектура, строительство, транспорт. Материалы Международной научно-практической конференции – 2015. – С. 1728-1733. **6.** Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. – Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий – 1976. – С. 148-150 с.

Реквизиты для справок. *Россия, 660041, Красноярск, пр. Свободный 82-6, Сибирский федеральный университет, кафедра топливообеспечения и горючесмазочных материалов, ст. преподаватель* ***Каптюк И.В.*** *– ivkaptuk@gmail.com, тел. (960) 760-00-85.*

ВИРТУАЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

БЕССОНОВ А.С.

В связи со снижением объемов денежных средств, выделяемых на покупку программного обеспечения, особенно актуальным становится выбор программных инструментов проектирования и разработки измерительных систем (ИС). Существенными преимуществами здесь обладает технология виртуальных приборов, реализованная в среде графического программирования NI LabVIEW. Среди прочих преимуществ в первую очередь следует выделить:

- простоту интеграции аппаратных и программных средств;
- возможность создания исполняемых приложений;
- единую технологию моделирования и создания прикладных программ;
- расширяемость функциональных возможностей среды и возможность ее адаптации для решения конкретных задач сбора и обработки данных;
- дружественную политику компании National Instruments по отношению к учебным заведениям и отдельным учащимся.

Целью работы стало расширение функциональных возможностей среды LabVIEW за счет создания библиотеки виртуальных приборов (ВП), предназначенных для решения интегральных уравнений только с помощью базовых средств указанной среды. В качестве одного из требований стала также пригодность ВП для создания исполняемых приложений, не требующих установки среды LabVIEW на компьютере пользователя.

Как известно, при обработке сигналов в ИС довольно часто решаются корректные и некорректные обратные задачи, описываемые интегральными уравнениями. Среди них наиболее часто встречаются уравнения Фредгольма и Вольтерра различных видов. Примером некорректной задачи, приводящей к решению уравнения Фредгольма первого рода, может служить восстановление исходного сигнала по сигналу, полученно-

му на выходе измерительного канала с заданной функцией преобразования [1, 2].

Для решения интегральных уравнений применяются различные численные методы. Этот факт привел к необходимости их изучения, которое было проведено по книге [3]. В результате изучения был сформирован список из одиннадцати ВП, которые предполагалось разработать для формирования соответствующей LabVIEW библиотеки.

При разработке ВП были использованы единая технология программирования, форматы данных и стиль отображения данных и оформления. Поскольку в рамках доклада нет возможности подробно описать разработанную библиотеку, рассмотрим в качестве характерной иллюстрации один из ВП, предназначенный для решения уравнения Вольтерра второго рода методом последовательных приближений [3].

Общий вид уравнения Вольтерра второго рода следующий

$$u(x)-\lambda\int_a^x K(x,s)u(s)ds=f(x), \qquad x\in[a,b], \quad (1)$$

где $u(x)$ – искомая функция, $K(x,s)$ – известное ядро, $f(x)$ – известная функция правой части.

При использовании метода последовательных приближений и при значении параметра $\lambda=1$ уравнение (1) представляется для решения в следующем виде

$$u_{i+1}(x)=-\int_a^x K(x,s)u_i(s)ds+f(x). \qquad (2)$$

При решении уравнения входящие в него функции и отрезок $[a,b]$ дискретизируются с шагом h, а взятие интеграла аппроксимируется по формуле трапеции. Итерационная процедура (2) продолжается, пока выполняется, пока истинно следующее выражение:

$$C=\left(\left\|u_i-u_{i+1}\right\|\le eps\right)\&\left(it<it\max\right), \qquad (3)$$

где $\left\|u_i-u_{i+1}\right\|$ - норма отклонения решений уравнения на двух соседних итерациях, $eps>0$ – параметр точности сходимости итераций, it – номер текущей итерации, $itmax$ – максимальное число итераций.

Одним из требований *универсальности* ВП является обеспечение возможности ввода формулы, определяющей ядро $K(x,s)$, с лицевой панели (см. центральную часть рис. 1). Функция $f(x)$ при решении практических задач вводится извне в виде массива чисел, но для удобства тестирования ВП и его использования в учебном процессе желательно также реализовать возможность ее ввода и в виде формулы. Поэтому в левой части лицевой панели (рис. 1), предназначенной для ввода $f(x)$, присутствует переключатель источника данных *Inp*.

В описываемой разработке текстовый ввод формул обеспечивается благодаря использованию средств *Parse Formula String* и *Eval Parsed*

Formula String. На их вход поступают необходимая формульная строка и значения переменных, а на выходе формируется вычисленное значение функции. Рядом расположены элементы интерфейса пользователя для ввода границ отрезка *a* и *b*, на котором ищется решение.

В центральной части лицевой панели (рис. 1) также находятся элементы для ввода параметров вычислений. Сюда входят параметр точности *eps*, максимальное число итераций *itmax*, число точек дискретизации *N*. По значениям *a*, *b* и *N* вычисляется шаг вычислений *h*.

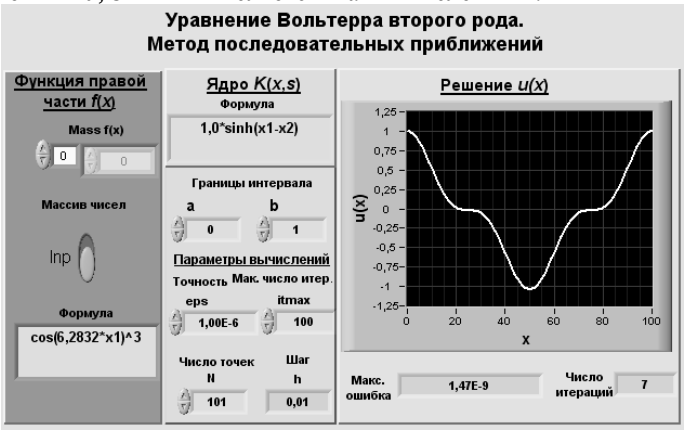


Рис. 1. Лицевая панель виртуального прибора для решения уравнения Вольтерра второго рода

В процессе вычислений индицируются текущие значения нормы отклонения и номера итерации, входящие в выражение (3). После окончания вычислений полученное решение $u(x)$ отображается на графическом экране вместе с максимальной ошибкой вычислений и номером последней итерации. В приведенном на рис. 1 примере решение ищется на отрезке [0,1] при установленном ядре $K(x,s)=\sinh(x-s)$ и функции правой части $f(x)=\cos^3 2\pi x$.

Другим требованием универсальности ВП можно считать возможность его использования в составе прикладных программ. Для выполнения этого требования элементы интерфейса пользователя подключаются к терминалам, после чего они становятся доступными для программного ввода и вывода данных. На рисунке 2 представлен вид ВП на блок-диаграмме LabVIEW. Поскольку число терминалов не превышает максимально допустимое значение, к терминалам подключены все элементы ввода данных и индикаторы.

Важной особенностью разработанной библиотеки для решения интегральных уравнений является использование только базовых средств LabVIEW 2011, то есть необходимость установки дополнительных мате-

матических сред (MATLAB, Mathcad и др.) и наличия соответствующих лицензий отсутствует. Для исполняемых приложений, созданных с использованием данных ВП, требуется только бесплатно распространяемая среда исполнения RunTime Engine, то есть отсутствует необходимость полной установки среды LabVIEW.

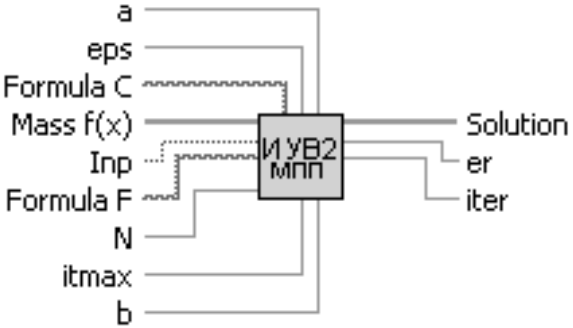


Рис. 2. Вид виртуального прибора на блок-диаграмме

Библиотека ВП для решения интегральных уравнений работоспособна и используется в практикумах для подготовки студентов по направлению обучения «Приборостроение» на кафедре информационных систем МИРЭА. Кафедральная лицензия для этого имеется. С помощью данных ВП можно изучать численные методы решения уравнений, технологию графического программирования, строить модели измерительных каналов и разрабатывать прикладное программное обеспечение ИС.

Литература. 1. Сизиков В.С. Обратные прикладные задачи и MATLAB. – СПб.: Издательство «Лань», 2011. – 256 с. **2.** Бессонов А.С. Виртуальные модели измерительных систем концептуального уровня проектирования // Южно-Сибирский научный вестник. – 2014. - №1(5). – С. 74-79. **3.** Плохотников К.Э. Вычислительные методы. Теория и практика в среде MATLAB. - М.: Горячая линия – Телеком, 2009. – 496 с.

Реквизиты для справок. *Россия, 119454, Москва, пр. Вернадского 78, Московский технологический университет (МИРЭА), к.т.н., доцент* ***Бессонов А.С.*** *– bessonov@mirea.ru, тел. (499) 215-65-65 доб. 4045.*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ УМЕНЬШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ПЬЕЗОДАТЧИКОВ ДИНАМИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ ЖИДКИХ И ГАЗООБРАЗНЫХ СРЕД

КИКОТ В.В.

Обеспечение стабильности и точности измерений динамических давлений, которые подробно рассматриваются в [1 – 4], являются актуальной проблемой при эксплуатации пьезодатчиков [5] при мощных и быстроизменяющихся температурных воздействиях в диапазоне от минус 253

до 700 °С с градиентом температуры более 200 °С в секунду (термоударах).

Цель исследования. Целью исследования является уменьшение зависимости электрической ёмкости пьезоэлемента пьезодатчика от нестационарной температуры рабочей среды, а также использование этой зависимости в качестве информативного по температуре пьезоэлемента параметра для уменьшения погрешности пьезодатчиков при измерениях динамического давления жидких и газообразных сред.

Исследовано влияние температуры спекания пьезоэлементов из керамики ЦТС-83Г при изготовлении на температурную стабильность их электрической ёмкости при эксплуатации. На рис. 1 приведены экспериментально определённые температурные характеристики при изменении температуры в диапазоне от 25 до 200 ºС для пьезоэлемента из керамики ЦТС-83Г в зависимости от температуры его спекания при изготовлении. При снижении температуры спекания пьезоэлемента уменьшается влияние температуры T на величину электрической ёмкости C_0 пьезоэлемента. Это объясняется уменьшением среднего размера зёрен структуры пьезоэлемента при снижении температуры спекания. Подтверждена возможность измерения температуры пьезоэлемента для формирования сигнала коррекции температурной погрешности измерения динамического давления с использованием температурной зависимости электрической ёмкости пьезоэлементов из различных материалов. На рис. 2 приведены экспериментально полученные графики зависимостей отношения электрической ёмкости *Ct* пьезоэлементов из сегнетомягких материалов *APC*-850, ЦТС-83Г и сегнетожёстких материалов *APC*-840, ЦТСБ при температурах рабочей среды в диапазоне от 25 до 200 ºС к электрической ёмкости C_0 при температуре 25 ºС. Температурные зависимости электрической ёмкости исследованных пьезоэлементов имеют однозначную зависимость во всем температурном диапазоне, их отклонение от номинального значения достигают 40 %, это позволяет их использовать в качестве информативных по температуре параметров пьезоэлементов датчиков динамических давлений (в том числе акустических).

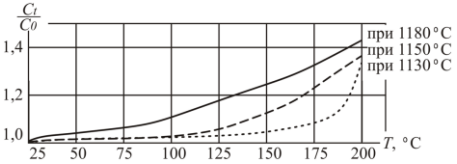


Рис. 1. Повышение термостабильности электрической ёмкости пьезоэлемента изменением температуры спекания при изготовлении

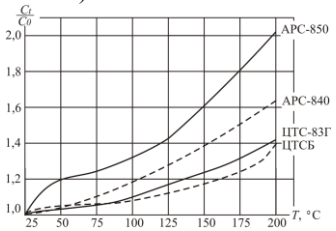
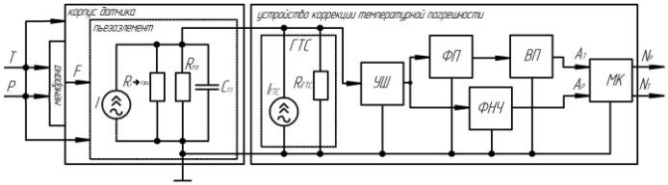


Рис. 2. Температурные зависимости электрической ёмкости пьезоэлементов из различных материалов

На рис. 3 представлена структурная схема разработанного вторичного измерительного преобразователя (ВИП) с коррекцией температурной погрешности.



$$R_i >> R_{ПЭ}, R_{ГТС} >> |Z_{ПЭ}|$$

Рис. 3. Структурная схема ВИП

Пьезоэлемент показан на рис. 3 в виде эквивалентной схемы замещения, состоящей из источника тока I с внутренним сопротивлением $R_i \to \infty$ и комплексного сопротивления, которое состоит из сопротивления пьезоэлемента $R_{ПЭ}$ и ёмкости пьезоэлемента $C_{ПЭ}$. Пьезоэлемент подключен к генератору тест-сигнала (ГТС). ГТС задаёт синусоидальный ток $I_{ГТС}$ со стабильной амплитудой и частотой $f_{ГТС}$, причём значение $f_{ГТС}$ превышает верхнюю границу частотного диапазона измерения динамического давления. Зависимость пьезоэлектрического напряжения, которое возникает в пьезоэлементе и пропорционально силе F от деформации мембраны датчика при воздействии динамического давления ΔP, используется для получения значения измеряемого динамического давления ΔP. Зависимость падения амплитудного значения напряжения токового сигнала $I_{ГТС}$ на комплексном сопротивлении пьезоэлемента датчика от температуры, а именно изменение ёмкости пьезоэлемента $C_{ПЭ}$ от температуры используется для измерения температуры пьезоэлемента. Электрический сигнал, который снимается с электродов пьезоэлемента, усиленный усилителем широкополосным (УШ) поступает на вход фильтра полосового (ФП) с нижней границей полосы пропускания, которая превышает максимальную частоту диапазона изменения пульсации давления рабочей среды, и на фильтр нижних частот (ФНЧ) с полосой пропускания, соответствующей диапазону изменения частоты давления рабочей среды. Микроконтроллером (МК) на основании полученной при предварительной настройке пьезодатчика зависимости выходного сигнала пьезодатчика от температуры рабочей среды, зависимости пьезоэлектрического напряжения от давления рабочей среды и зависимости комплексного сопротивления от температуры рабочей среды вычисляется сигнал коррекции ошибки измерения давления от воздействия температуры, и производится преобразование скорректированного сигнала о давлении рабочей среды в цифровой выходной сигнал в виде кода $N_{ВЫХ}$ и аналоговый выходной сигнал в виде напряжения $U_{ВЫХ}$.

Проведены испытания ВИП (рис. 4). В диапазоне температур от минус 180 до + 250 °С градиентом температуры 400 °С в час, пульсациях

давления 50 кГц с частотой 50 Гц определено влияние температуры на коэффициент преобразования.

Рис. 4. Внешний вид пьезодатчика подключенного к ВИП

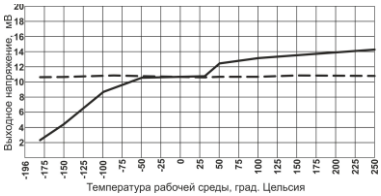
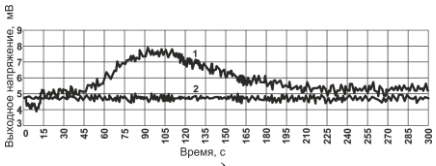


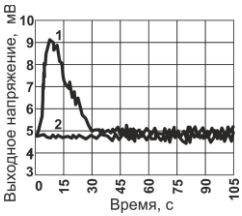
Рис. 5. Зависимость коэффициента преобразования от температуры

Из рис.5 видно, что при подключенном ВИП выходной сигнал пьезодатчика (пунктирная линия) меньше зависит от изменений температуры, чем выходной сигнал без ВИП (сплошная линия).

Исследовано изменение выходных сигналов пьезодатчика при термоударных воздействия рабочей среды с температурами минус 196 и +96 °С с градиентом температуры 200 °С в секунду при атмосферном давлении и пульсациях давления 500 кПа с частотой 50 Гц без ВИП и с подключенным ВИП.



а)



б)

Рис. 6. Временная зависимость выходного сигнала пьезодатчика при термоударном воздействии: а) минус 196 °С; б) + 96 °С

Из рисунков 6а) и 6б) видно при подключенном ВИП выходной сигнал пьезодатчика (кривые 2) меньше зависит от термоударных воздействий рабочей среды, чем выходной сигнал пьезодатчика без ВИП (кривые 1).

Выводы. Разработан и испытан ВИП, улучшающий характеристики пьезодатчика динамического давления для жёстких условий эксплуатации. Погрешность измерения акустического давления при термоударном воздействии рабочей среды с температурой минус 180 °С снижена с 67 до 3 %, с температурой + 200 °С – с 35 до 2 %. Диапазон коэффициента влияния температуры на коэффициент преобразования в диапазоне температур от минус 180 до (25 ± 10) °С уменьшен с (0,8…1,05) до (0,95…1,02), в диапазоне температур от (25 ± 10) до 200 °С уменьшен с (0,95…1,2) до (0,98…1,03).

Литература. 1. Богуш М.В. Проектирование пьезоэлектрических датчиков на основе пространственных электротермоупругих моделей / под

ред. Панича А.Е. // М.: «Техносфера», 2014. – 312 с. **2.** Проектирование датчиков для измерения механических величин / под ред. Осадчего Е.П. // М.: «Машиностроение», 1979. – 482с. **3.** Богуш М.В. Влияние температуры на коэффициент преобразования пьезоэлектрических датчиков.//Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2008. №2. С. 26-39. **4.** Доля В.К. Компенсация температурной зависимости чувствительности.// Проектирование интеллектуального датчика акустического давления. Ростов-на-Дону. –2009 –Издательство ФГОУВПО «ЮФУ». – 21 с. **5.** Датчики. Преобразователи. Системы. Каталог ОАО «НИИФИ» // Пенза: «Пензенская правда», 2011. – С. 70-98.

Реквизиты для справок. *Россия, 440026, Пенза, ул. Красная, 40, Пензенский государственный университет, аспирант кафедры «Автоматика и телемеханика» Кикот В.В., тел. (927)380-12-34, e-mail: inbox@post.su.*

МЕТОД НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНОЙ ПОЛОСЫ

АБУЛКАСЫМОВ М.М., ЧЕРНЫШ Т.Г. ШОСТАК А.С.

Безопасность полетов летательных аппаратов (ЛА) в сложных метеоусловиях зависит от своевременного и точного прогноза погоды, получаемого в центрах управления воздушным движением (УВД) и на борту ЛА, а также от своевременного и достоверного контроля состояния взлетно-посадочной полосы (ВПП) [1].

Существует проблема расширения функциональных возможностей радиолокационной системы контроля состояния ВПП путем теоретического исследования отраженных сигналов от неоднородностей ВПП на основе решения задачи о входном импедансе полуволновой линейной антенны, расположенной над поверхностью плоскослоистой среды.

Для проведения численного моделирования коэффициента отражения были использованы диэлектрическая проницаемость воды, льда и диэлектрическая проницаемость асфальтобетона.

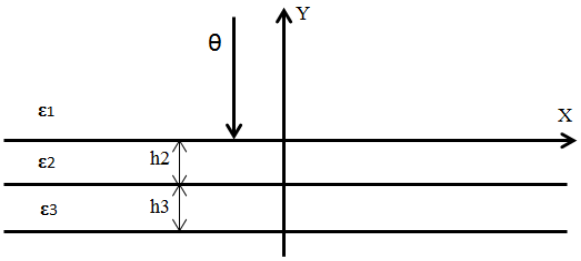


Рис. 1. Математическая модель, содержащая n-слоев (каждый единичный слой имеет свою толщину hi).

Требуется определить коэффициент отражения ($\mathbf{R_{отр.}}$) от исследуемой среды в зависимости от длины волны.

Конечное выражение для коэффициента отражения $\mathbf{R_{отр.}}$ (в нашем случае 3 слоя) имеет следующий вид:

$$R_{12}(f) = \frac{r_{12}(\theta)+r_{24}(f)\cdot e^{\gamma(f)}}{1+r_{12}(\theta)+r_{24}(f)\cdot e^{\gamma(f)}} \quad (1)$$

$$R_{15}(f) = \frac{r_{15}(\theta)+r_{25}(f)\cdot e^{\gamma(f)}}{1+r_{15}(\theta)+r_{25}(f)\cdot e^{\gamma(f)}} \quad (2)$$

$$R_{16}(f) = \frac{r_{16}(\theta)+r_{26}(f)\cdot e^{\gamma(f)}}{1+r_{16}(\theta)+r_{26}(f)\cdot e^{\gamma(f)}} \quad (3)$$

По формулам (1), (2), (3) был рассчитан модуль коэффициента отражения [3] в частотном диапазоне 30 – 60 ГГц. Поверхность представлена дискретными слоями толщиной 1; 2; 3 см. значения коэффициента отражения представлены в виде графиков.

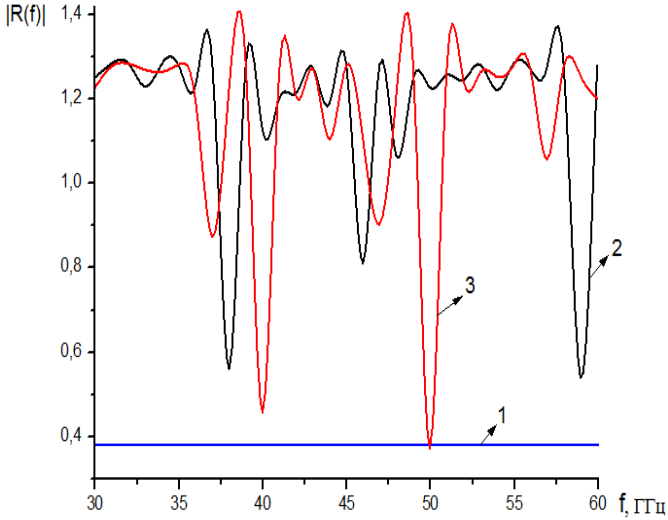


Рис. 3. Зависимость модуля коэффициента отражения от частоты на ВПП(1-ВПП пустая; 2-дождь; 3-лед)

Из графика видно, что наличия дождя или наледи тонких слоев приводит к сильной зависимости $\mathbf{R_{отр.}}$ от частоты электромагнитной волны.

Обобщив и систематизировав теоретические расчеты в процессе выполнения задачи, была разработана структурная схема (рис.3).

В состав структурной схемы войдут следующие элементы: генератор с перестройкой частоты (СВЧ ГЕНЕНРАТОР); антенна (А); Приемник (Пр.); Детектор; Усилитель низких частот (УНЧ); устройство обработки информации (УОИ); дисплей (Дс).

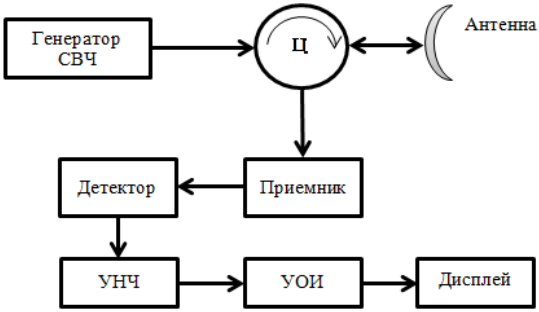


Рис. 3. Структурная схема устройства

- В результате работы было исследовано влияние дождя и толщины льда на ВПП, на величину коэффициента отражения сверхширокополосного сигнала.
- Разработана структурная схема устройства.
- Наличие тонких диэлектрических слоев на ВПП оказывает сильное влияние на (Rотр.) электромагнитной волны.

Литература.1. Гончаров А.В., Толстых А.И., Бычков С.А. Обеспечение комплексного контроля качества состояния взлетно-посадочной полосы//Материалы 13 международной конференции «Качество – стратегия 21-го века». Томск, администрация Томской обл., ТПУ – 2008. Научный руководитель Шостак А.С. **2.** Шостак А.С., Першанин Д.А. Зондирование неоднородных материальных сред плоскими волнами горизонтальной и вертикальной поляризации. Известие Вузов Физика. – 2012. – № 8/3. – 128-130 с.**3.**Финкельштеин М. И., Кутев В. А., Золотарев В. П. Применение радиолокационного подповерхностного зондирования в инженерной геологии. – М.: Недра, 1986. – 128 с.

Реквизиты для справок: *Россия, 634000,Томск, пр. Ленина 40, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, д.т.н., профессору, Шостак А.С., тел.+79234234748 E-mail:a-s-shostak@yandex.ru*

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ АКУСТИЧЕСКОГО МИКРОСКОПА С ЦИРКУЛЯТОРОМ

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

Циркулятор – это устройство для направленной передачи электромагнитной энергии. Он может заменить один из важных элементов акустического микроскопа – аналоговые ключи, которые коммутируют высокочастотные сигналы от генератора зондирующих импульсов к пьезопреобразователю и акустической линзе, а от нее – к приемнику эхо-сигнала (рис.1).

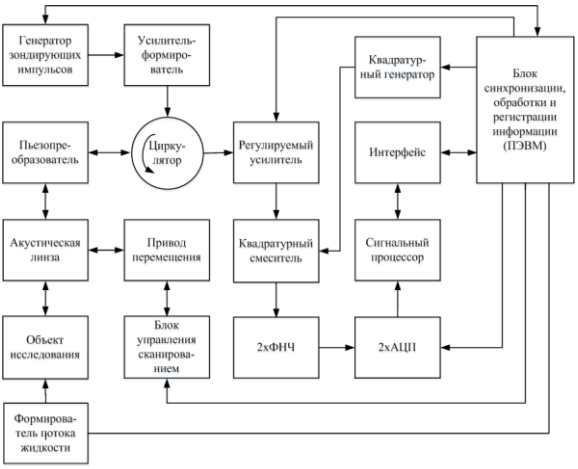


Рис. 1. Структурная схема акустического микроскопа с циркулятором

Отличительная особенность циркулятора по сравнению с аналоговыми ключами – это отсутствие схемы управления, а также переходных процессов при переключении сигналов. Более распространены циркуляторы на феррите. Они могут работать даже в СВЧ диапазоне и передавать мощные сигналы. Однако частотный диапазон таких циркуляторов очень узок. Их конструкция предполагает работу на определенной частоте. Построение циркулятора на основе быстродействующих операционных усилителей позволяет расширить частотный диапазон применения в несколько раз по сравнению с ферритовым аналогом. Это позволяет оперативно изменять частоту акустических колебаний для исследуемых образцов. Схема разработанного циркулятора на операционных усилителях приведена на рис.2.

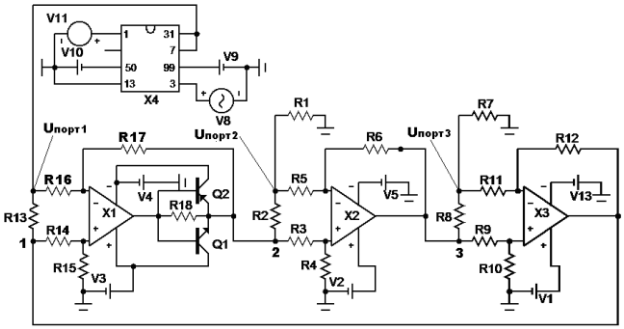


Рис. 2. Схема циркулятора с различной нагрузкой на каждый порт и усиленным выходным каскадом

Принцип работы такого циркулятора следующий. Сигнал, поданный в порт 1, инвертируется и поступает в порт 2. В порт 3 сигнал должен подаваться сильно ослабленным и близким к нулю. Для второго и третьего порта цикл работы аналогичен [1]. Отклонения величин этих сигналов при разбросе номиналов радиоэлементов и несогласованности сопротивлений порта циркулятора и нагрузки могут привести к неработоспособности циркулятора, поэтому определение допустимой погрешности величин сигналов в портах циркулятора для обеспечения его работоспособности является актуальным. Согласно [2,3] можно записать:

$$U_{ВЫХ} = \frac{U_{ВЫХ.N-1}}{2} + \frac{R_3 U_{ВЫХ.N-1}}{4R_2} + \frac{R_3 U_{ВЫХ.N-1}}{4(2R_1 + R_2)} - \frac{R_1 R_3 U_{ВЫХ.N\text{-}1}}{R_2(2R_1 + R_2)} - \frac{R_3 U_{ПОРТN}}{2R_1 + R_2}, \quad (1)$$

где $U_{ВЫХ.N-1}$ – сигнал с предыдущего порта; $R_2 = R_4 = R_5 = 2 \cdot R_1$; $R_3 = R_6 = 6{,}472 \cdot R_1$.

Запишем выражение для выходного напряжения порта при использовании резисторов с разными номиналами допуска:

$$U_{ВЫХ.ПОГ} = \frac{U_{ВЫХ.N-1}}{2} + \frac{(R_3 + \Delta r_3)U_{ВЫХ.N-1}}{4(R_2 + \Delta r_2)} + \frac{(R_3 + \Delta r_3)U_{ВЫХ.N-1}}{4(2(R_1 + \Delta r_1) + (R_2 + \Delta r_2))} -$$

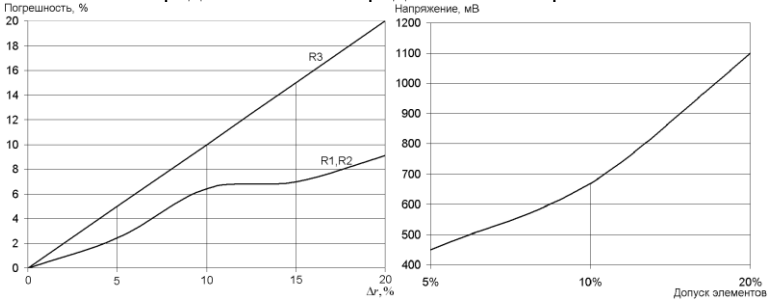
$$- \frac{(R_1 + \Delta r_1)(R_3 + \Delta r_3)U_{ВЫХ.N\text{-}1}}{(R_2 + \Delta r_2)(2(R_1 + \Delta r_1) + (R_2 + \Delta r_2))} - \frac{(R_3 + \Delta r_3)U_{ПОРТN}}{2(R_1 + \Delta r_1) + (R_2 + \Delta r_2)}, \quad (2)$$

где Δr_i – разброс значения сопротивления R_i.

Относительную погрешность выходного сигнала можно определить следующим образом:

$$\gamma = \left| \frac{U_{ВЫХ} - U_{ВЫХ.ПОГ}}{U_{ВЫХ}} \right| \cdot 100\% \cdot \quad (3)$$

Зависимости относительной погрешности выходного сигнала от разброса номиналов радиоэлементов представлены на рис.3а.



а) б)

Рис. 3. Графики зависимостей относительной погрешностей выходного напряжения порта: а – от разброса номиналов радиоэлементов; б – от рассогласования входного сопротивления порта и нагрузки

На рис.3б представлен график зависимости выходного напряжения порта 3 от допуска элементов циркулятора. График показывает, что происходит ухудшение гашения сигнала в порту три. Это вызвано рассогласованием входного сопротивления порта циркулятора и нагрузки (сопротивление нагрузки в данном случае минимально и составляет 5 Ом). Для проверки работоспособности схемы было проведено ее моделирование в среде MicroCap 9.0 с применением метода Монте-Карло. На рис.4 приведены осцилограммы разброса выходного сигнала третьего порта циркулятора при 5% изменении допуска элементов.

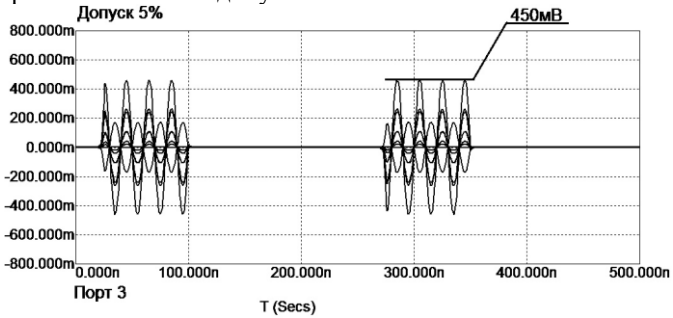


Рис.4. Осциллограмма третьего порта циркулятора при 5% допуске элементов

Анализ полученных результатов показал, что с увеличением номинала нагрузки порта циркулятора и при допуске элементов более 10%, можно получить недостаточное гашение сигналов в циркуляторе и, как следствие, неработоспособную схему. Сопротивление обратной связи в каждом порту циркулятора необходимо подбирать максимально близким к расчетному значению, так как оно имеет наибольшее влияние на конечную ошибку работы устройства. Согласование циркулятора с нагрузкой можно проверить по ослаблению сигнала в порту. Оно должно быть минимальным, либо стремиться к расчётным значениям схемы. Следует отметить, что любой порт циркулятора можно настроить на необходимое согласование с нагрузкой. Относительная погрешность выходного сигнала устройства имеет линейную зависимость от допуска резисторов. Однако к резистору R3 предъявляются более высокие требования по точности.

Литература. 1. Ермолин К.С., Шелковников Ю.К., Осипов Н.И. Повышение нагрузочной способности циркулятора на основе операционных усилителей // «Ползуновский альманах». – Барнаул: АлтГТУ. – 2015. – С.24-26. **2.** Шелковников Ю.К., Осипов Н.И., Ермолин К.С. Исследование влияния компонентов циркулятора на основе операционных усилителей на его работу // Труды международной НТК «Информатизация, контроль, информатизация». – Барнаул: АлтГТУ. – 2015. – С.149-152. **3.** Low Frequency Circulator/Isolator Uses No Ferrite or Magnet [Электронный ресурс] RF design awards. – режим доступа к ресурсу: http://techlib.com/files/RFDesign3.pdf.

Реквизиты для справок: *Россия, 426067, г.Ижевск, ул. Т. Барамзиной 34, Институт прикладной механики УрО РАН, Шелковникову Ю.К., т.(3412)-508200, E-mail: evshelk@mail.ru*

ПРИМЕНЕНИЕ АППАРАТА НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ СТМ-ИЗОБРАЖЕНИЙ

ЛИПАНОВ С.И.

Задача распознавания результатов исследования поверхности образцов методами сканирующей туннельной микроскопии в настоящее время является актуальной, так как изображение, формируемое сканирующим туннельным микроскопом (СТМ) в атомных масштабах, имеет сложное квантовофизичекое происхождение. Формализация и решение задачи при наличии нечеткой информации требует привлечения математического аппарата нечеткой логики и теории нечетких множеств.

В настоящее время наиболее распространены алгоритмы нечеткого логического вывода Мамдани и Сугено [1-3]. Алгоритм Мамдани распознавания СТМ-профилограмм состоит из следующих этапов [4,5]:

1. Введение нечеткости. Функции принадлежности, определенные на входных переменных, применяются к их фактическим значениям для определения степени истинности каждой предпосылки каждого правила.

2. Логический вывод. Вычисленное значение истинности для предпосылок каждого правила применяется к заключениям каждого правила.

3. Композиция. Все нечеткие подмножества, назначенные каждой переменной вывода (во всех правилах), объединяются вместе и формируют общее нечеткое множество:

4. Приведение к четкости (дефаззификация) используется для перехода от нечеткого числа к четкому.

Для решения задачи идентификации профилограмм необходимо построить модель, механизм нечетких выводов которой основывается на базе знаний, состоящей из набора нечетких предикатных правил. Для распознавания СТМ-профилограмм предложена база знаний, основанная на алгоритме Сугено, следующего вида:

Правило №1: *если* $z_1 = z_1^{эт_1}$ *и* $z_2 = z_2^{эт_1}$ … *и* $z_n = z_n^{эт_1}$, *то*

$$w = w^{(1)} = \sum_{i=1}^{n} a_{i1} z_i^{эт_1} \left(\textit{образец есть эталот №1}\right);$$

Правило №2: *если* $z_1 = z_1^{эт_2}$ *и* $z_2 = z_2^{эт_2}$ … *и* $z_n = z_n^{эт_2}$, *то*

$$w = w^{(2)} = \sum_{i=1}^{n} a_{i2} z_i^{эт_2} \left(\textit{образец есть эталот №2}\right);$$

. . . . . .

Правило №k: *если* $z_1 = z_1^{эт_k}$ *и* $z_2 = z_2^{эт_k}$ … *и* $z_n = z_n^{эт_k}$, *то*

$$w = w^{(k)} = \sum_{i=1}^{n} a_{ik} z_i^{эт_k} \left(\textit{образец есть эталот №k}\right),$$

где z_i – i-я ордината сигнала; $z_i^{эт_K}$ – i-я ордината k-го эталонного сигнала; a_{ik} – коэффициент, описывающий влияние *i*-й входной переменной на *k*-е правило ; *w* – значения выходной переменной.

На рис. 1. приведена равномерная дискретизация произвольной нормированной профилограммы-сигнала.

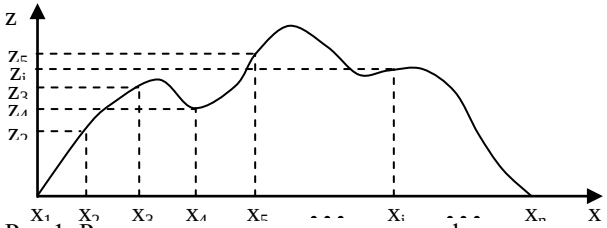


Рис.1. Равномерная дискретизация профилограммы, подлежащей распознаванию

Входными переменными являются значения n ординат профилограммы, совпадения которых с эталонными значениями позволяют причислить данную профилограмму к определенному эталону. Уровни принадлежности входных переменных каждому из их эталонных образцов определяются функциями принадлежности этих образцов для каждой входной переменной. Так для *i*-й ординаты сигнала уровень значимости для *j*-го образца определяется как:

$$\mu^{(j)}(z_i)=\begin{cases}1-\dfrac{|\,a_i^{(j)}-z_i\,|}{\alpha^{(j)}}, & \textit{если}\ |\,a_i^{(j)}-z_i\,|\le\alpha_i^{(j)};\\ 0, & \textit{иначе.}\end{cases} \qquad (1)$$

На рис. 2 показаны треугольные функции принадлежности для трех типов эталонных профилограмм-сигналов, построенных для k-й точки разбиения $x=x_k$.

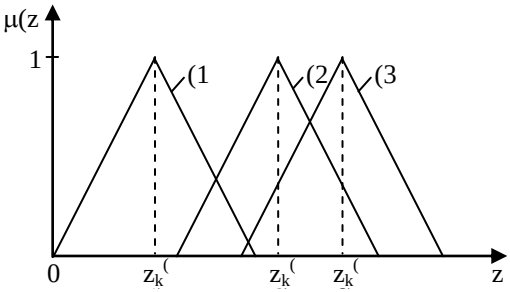


Рис.2. Функции принадлежности вида (1) для трех типов эталонных профилограмм, взятых в k-й точке разбиения $x=x_k$

Степень соответствия входного вектора $Z=(z_1,...,z_n)$ *j*-правилу α_j определяется на этапе логического вывода согласно операции *минимума:*

$$\alpha_j = \min\left(\mu^{(j)}(z_1), \mu^{(j)}(z_2), ..., \mu^{(j)}(z_n)\right), j = 1...K. \quad (2)$$

На этапе композиции определяются индивидуальные выходы правил:

$$w^{(j)} = \sum_{i=1}^{n} a_{ij} z_i, \; j = 1...K. \quad (3)$$

Этап приведения к четкости реализуется центроидным методом:

$$w^* = \sum_{j=1}^{K} \alpha_j w^{(j)} \Big/ \sum_{j=1}^{K} \alpha_j. \quad (4)$$

Вектор принадлежности образца к тому или иному эталону может быть получен как:

$$W = \left(1 - \left|w^{(1)} - w^*\right| \Big/ w^{(1)}, 1 - \left|w^{(2)} - w^*\right| \Big/ w^{(2)}, ..., 1 - \left|w^{(K)} - w^*\right| \Big/ w^{(K)}\right). \quad (5)$$

Для иллюстрации предложенного алгоритма была выполнена классификация модельного сигнала (рис.3г) для выявления степени его соответствия трем эталонам: трапециевидному (рис.3а), синусоидальному (рис.3б) и треугольному (рис.3в).

По результатам классификации получен вектор соответствия: W=(0.04;0.18;0.86), что позволяет идентифицировать модельный сигнал как искаженный треугольный. Результаты работы алгоритма позволяют говорить о его применимости для распознавания профилограмм СТМ-изображений.

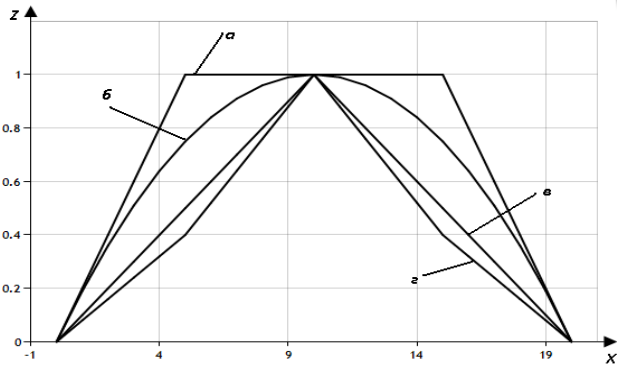


Рис. 3. Модельные сигналы: а – эталонный трапециевидный, б – эталонный синусоидальный, в – эталонный треугольный, г – сигнал, предназначенный для идентификации

При этом сравнительный анализ работы предложенного алгоритма и алгоритма Мамдани [4,5] показал, что степень распознавания СТМ-профилограмм с применением новой методики выше, а вычислительная реализация значительно проще.

Литература. 1 Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений.- М. Мир, 1976.- 168с.

2. Круглов В. В., Дли М. И., Голубов Р. Ю. Нечеткая логики и искусственные нейронные сети.- М.: Изд.-во Физ.-мат. лит., 2001.- 224с. **3.** Ненахов А.Н., Бернштейн Л.С., Коровин С.Я. Ситуационные системы с нечеткой логикой.- М.:Наука, 1990.- 272с. **4.** Шелковников Ю.К., Суворов А.С., Тарасов М.В. и др. Идентификация изображений поверхности методами нечеткой логики и нейронных сетей // Материалы науч. конф. «Байкальские чтения: наноструктурированные системы и актуальные проблемы механики сплошной среды (теория и эксперимент)». – Ижевск: ИПМ УрО РАН, 2010. – С.45-49. **5.** Тюриков А.В., Шелковников Е.Ю., Мельников А.Ю. и др. Распознавание СТМ-изображений ультрадисперсных частиц с использованием методов нечеткой логики // Приборостроение в XXI веке. Интеграция науки, образования и производства: труды III научно-технической конференции. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2007. – с.406-411.

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

ПЕРВИЧНАЯ И «РАБОЧАЯ» НАСТРОЙКИ ИЗМЕРИТЕЛЯ ЕМКОСТИ САР-10.1

ВАВИЛОВА Г.В. МАЗИКОВ С.В.

Введение. Измеритель емкости САР-10.1 предназначен для контроля емкости электрического провода непосредственно в процессе производства на стадии нанесения изоляции на токопроводящую жилу.

САР-10.1 обеспечивает измерение погонной емкости (50…500) пФ/м проводов наружным диаметром изоляции (0,5…12) мм с максимально допустимой погрешностью 2,5 % в условиях значительного изменения электропроводности воды, эквивалентной изменению концентрации NaCl в диапазоне (0…4) г/л.

Внешний вид измерителя емкости САР-10.1, состоящий из электроемкостного измерительного преобразователя (ЭЕИП) и пульта отображения информации и допускового контроля БИ-1, представлен на рис. 1 [1].

Рис. 1. Внешний вид прототипа измерителя емкости САР-10.1

Принцип действия измерителя емкости основан на измерении силы тока, по значению которой при известных амплитуде и частоте приложенного напряжения можно судить о значении емкости провода. Предложенный метод реализуется за счет использования единственно возможный вариант [2] реализации ЭЕИП, основанного на применении трубчатого электрода, погруженного вместе с контролируемым проводом в охлаждающую ванну экструзивной линии.

Значение погонной емкости провода $C_{\text{п}}$, пФ/м описывается линейной функцией преобразования вида:

$$C_{\text{п}} = C_0 + k \cdot I_x, \qquad (1)$$

где C_0, пФ/м и k, пФ/(м·А) – постоянная составляющая и коэффициент пропорциональности.

Коэффициенты функции преобразования (1) зависят от конструктивных параметров конкретного ЭЕИП и рассчитываются индивидуально при первичной настройки измерителя емкости.

Первичная настройка. Первичная настройка измерителя емкости САР-10.1 проводится на этапе его изготовления и заключается в определении коэффициентов функции преобразования (1) выходного сигнала ЭЕИП в результат измерения емкости контролируемого провода.

Для проведения первичной настройки используются специально подготовленные отрезки одножильных проводов с изоляцией из различных материалов с известными значениями погонной емкости от 180 до 460 пФ/м в пределах диапазона измерения САР-10.1 [3]. Действительное значение емкости этих образцов определяются измерением в соответствии с требованиями ГОСТ 27893-88 «Кабели связи. Методы испытаний» [4].

Экспериментальные исследования [5] показывают значительную зависимость значение погонной емкости провода от текущего значения электропроводности воды, в которую погружен ЭЕИП, и появление погрешности измерения емкости провода до 20 %.

Для устранения этого влияния на результат измерения емкости провода используется методика отстройки, основанная на косвенном измерении значения электропроводности воды, которое может быть определено путем изменения фазы тока измерительного электрода, вернее соотношения $t = \dfrac{\operatorname{Re} I_x}{\operatorname{Im} I_x}$, равного tg φ (φ – угол между вектором тока и мнимой осью комплексной плоскости) [5] или изменения тока I генератора, нагруженного на все электроды ЭЕИП [6].

Отстройка от влияния мешающих факторов заключается в замене коэффициентов $C_0(\lambda)$, пФ/м и $k(\lambda)$, пФ/(м·А) в функции преобразования (1) на соответствующие функции $C_0(t)$ пФ/м и $k(t)$, пФ/(м·А) или $C_0(I)$

пФ/м и $k(I)$, пФ/(м·А), которые с достаточной степенью приближения могут быть описаны полиномами второго порядка, коэффициенты которых определяются конструктивными параметрами используемого ЭЕИП.

Рабочая настройка. При обнаружении в процессе измерения погонной емкости провода систематической погрешности можно провести «рабочую» настройку измерителя емкости САР-10.1, которая осуществляется в автоматизированном режиме в условиях технологического процесса. Задача «рабочей» настройки состоит в определении значения емкости ΔC, пФ/м, рассчитываемого по формуле:

$$\Delta C = \Delta C_1 + \frac{\Delta C_2 - \Delta C_1}{C_{x2} - C_{x1}}\left(C_x - C_{x1}\right) \qquad (2)$$

Алгоритм корректировки производится с помощью стандартной операции исключения систематической погрешности, приведенной на рис. 2.

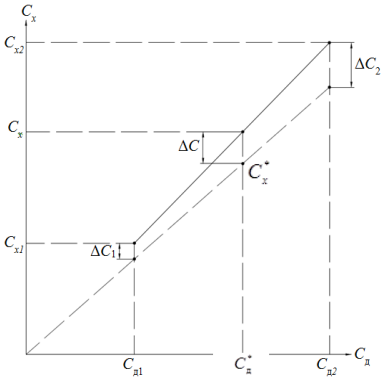


Рис. 2. Алгоритм корректировки измеренного значения погонной емкости

Скорректированное значение погонной емкости C_x^*, пФ/м, для любого образца провода, рассчитывается по формуле:

$$C_x^* = C_x - \Delta C \qquad (3)$$

Влияние температуры воды охлаждающей ванны на результат изменения емкости.

При проведении «рабочей» настройки необходимо четко знать температуру воды охлаждающей ванны, где установлен измеритель емкости, потому что температурные режимы охлаждения изоляции провода значительно отличаются от нормальных условий, регламентируемых ГОСТ. Температура охлаждения изоляции провода в процессе экструзии во многом зависит от материала изоляции и может составлять от 40 до 200 °С.

В измерителе емкости реализуется отстройка от изменения электропроводности воды, в том числе и за счет изменения температуры воды.

Но к изменению емкости провода может привести и изменение температуры изоляции [3]. Учитывая это, используемые для проведения первичной и «рабочей» настроек должны иметь паспорт, в котором указаны действительные значения емкости при различных температурах изоляции.

Выводы. Для проведения настроек измерителя емкости САР-10.1 используются контрольные образцы проводов с известными действительными значениями емкости, как в нормальных условиях, так и при различных температурных условиях, соответствующих технологическому процессу охлаждения изоляции провода. Разработана методика проведения первичной настройки, позволяющая получить коэффициенты функции преобразования выходного сигнала ЭЕИП в результат измерения емкости контролируемого провода, с использованием отстройки от мешающих факторов на основе изменения фазы тока измерительного электрода и на основе измерения тока генератора, нагруженного на все электроды ЭЕИП. Предложена методика автоматизированной «рабочей» настройки, позволяющий скорректировать показания измерителя емкости САР-10.1 за счет исключения систематической погрешности измерения.

Литература. **1.**Гольдштейн А.Е. Измеритель погонной емкости одножильного провода для технологического контроля/ А.Е. Гольдштейн, Г.В. Вавилова// Ползуновский вестник. – 2015. – № 3. – с. 38-42. **2.**Пат. № 20030128038 US, МПК G01R 27/26. Capacitance monitoring systems/ Patrick Fleming, Lee Robert Coleman.; заявл. 25.01.2001; опубл. 10.07.2003. - № 10/182766. **3.**Мазиков С.В. Определение действительного значение погонной емкости образцов провода/ С.В. Мазиков, Г.В. Вавилова// Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее: сборник научных трудов IV Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых в 3 т. – 2015. – Т. 1. − Томск: Изд-во ТПУ. − с. 131-135. **4.** ГОСТ 27893-88 (СТ СЭВ 1101–87). Кабели связи. Методы испытаний. – Введ. 1990.01.01. – с измен. 2015-01-16. **5.** Гольдштейн А.Е. Отстройка от влияния изменения электропроводности воды на результаты технологического контроля погонной емкости электрического кабеля/ А.Е. Гольдштейн, Г.В. Вавилова// Ползуновский вестник. – 2013. – № 2. – с. 146-150. **6.** Пат. № №2578658 RU МПК G01R27/26 Способ измерения погонной емкости одножильного электрического провода/ Гольдштейн А.Е., Вавилова Г.В., Редько В.В.; заявл. 29.12.2014; опубл. 15.04.2016.

Реквизиты для справок. *Россия, 634034, Томск, пр. Ленина 30, Томский политехнический университет, кафедра физических методов и приборов контроля качества, магистрант* ***Мазиков С.В.*** *– s-mazikov@mail.ru, ст. преподаватель* ***Вавилова Г.В.*** *wgw@tpu.ru, тел. (3822) 41-73-07.*

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОДНОЙ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ГРАФИКА ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ

КОСТИН К.В., КАНТОР С.А.

Задачи маршрутизации являются ключевыми в областях транспортных перевозок, перемещения и логистики. Они представляют огромный практический интерес, так как успешность предприятий, занимающихся транспортировкой, напрямую зависит от эффективности планирования. Одной из составных частей бизнеса компании, работу которой следовало оптимизировать, является доставка грузов внутри города. Доставка осуществляется в соответствии с поступающими заявками, каждая из которых содержит следующую информацию: адреса загрузки и разгрузки; временные промежутки, в которые необходимо совершить загрузку и разгрузку; основные параметры груза, такие как вес и объем; время загрузки и разгрузки.

У компании имеется единственный склад, загрузка и разгрузка на котором может осуществляться в любое время. Доставка грузов выполняется либо со склада компании заказчику, либо наоборот.

Заявка является невыполненной, если не была произведена перевозка груза. Время просрочки вычисляется как длительность работ по погрузке/выгрузке, не попадающих в промежутки времени, оговоренные в заявке. Если это время равно нулю, то заявка считается выполненной, иначе, просроченной.

Каждый день для доставки грузов выделяется определенное количество транспортных средств, для каждого из которых известна следующая информация: начало и конец рабочего дня; ограничения на массу и объем перевозимого груза. Вне рабочего времени все транспортные средства должны находиться на складе компании.

Считается, что во время перевозки транспортным средством груз нельзя разделять на части, то есть необходимо выполнить его перевозку за один раз.

Ежедневно происходит планирование доставок на следующий день, с учетом текущих заявок, при этом составленный график должен удовлетворять следующим условиям:

- для каждого транспортного средства загрузки и разгрузки укладываются в выделенное для него рабочее время;
- в транспортном средстве одновременно не перевозится груз, суммарная масса или объем которого больше допустимого.

Построенный график должен быть оптимизирован по следующим критериям, перечисленным в порядке приоритета: минимизация количества невыполненных заявок; минимизация общего времени просрочки; минимизация суммарного расстояния, пройденного транспортными средствами.

При построении графика следует учесть, что в разное время суток маршрут и длительность проезда между некоторыми пунктами может быть различная. Это зависит от пробок, погодных условий и т.д.

Данная задача является NP-полной [1], так как ее частный случай без учета времени доставки и с одним транспортным средством, грузоподъемность и вместимость которого позволяет одновременно перевезти все грузы, является задачей коммивояжера [2]. Следовательно, поставленная задача не имеет эффективных алгоритмов поиска точного решения, поэтому необходимо найти приемлемое решение за заданное время, так как от этого напрямую зависит качество работы организации. С этой целью необходимо построить математическую модель описанного выше процесса, формулировке которой посвящена данная статья.

Для учета дорожной ситуации в процессе построения расписания, введем две функции. Первая – $calcTime(from, to, time)$ определяет время, которое необходимо потратить на передвижение от пункта по адресу $from$ до пункта по адресу to, если выезд будет произведен во время $time$, а $calcDistance(from, to, time)$ – вычисляет расстояние этого пути.

Допустим, для выполнения одной заявки нужно совершить не просто загрузку, доставку и разгрузку товара, а целый список операций. То есть транспортное средство должно прибыть в пункт по адресу совершения первой операции, совершить первую операцию, далее прибыть в пункт по адресу совершения второй операции, совершить вторую операцию, и т.д. Кроме того, в промежутке между совершениями операций одной заявки, могут выполняться любые другие операции. Заявка считается невыполненной до тех пор, пока не будет совершена последняя операция в ее списке.

Заданы n заявок. Для выполнения r −ой заявки необходимо совершить список операций $task_{r,t}$ $(0 \le t < K_r)$, где K_r – длина списка. Каждая операция описывается следующим набором параметров:

- $\Delta m_{r,t}$ и $\Delta v_{r,t}$ – изменение массы и объема перевозимого груза при совершении операции;
- $\Delta t_{r,t}$ – время, необходимое для совершения операции;
- $[begin_{r,t}; end_{r,t}]$ – промежуток времени, в течение которого необходимо совершить операцию;
- $address_{r,t}$ – адрес совершения операции.

Все операции необходимо совершить используя m транспортных средств, каждое из которых описывается следующими параметрами:

- $[A_j; B_j]$ – промежуток времени, описывающий начало и конец рабочего дня j −ого транспортного средства;
- $Start_j$ и $Finish_j$ – адреса стоянок, на которых должно находиться j −ое транспортное средство в начале и конце рабочего дня;
- M_j и V_j – максимальные масса и объем груза, которые может перевозить j −ое транспортное средство;

Пусть X_j $(0 \le j < m)$ – множество индексов заявок, которые выполняются с использованием $j-$ого транспортного средства, а x_k^j $(0 \le k < nr_j)$ – элементы этого множества, где $nr_j = |X_j|$. Тогда $X_0, X_1, \dots, X_{m-1}-$ непересекающиеся подмножества множества чисел $X = \{0, 1, 2, \dots, n-1\}$, то есть $x_{k_0}^{j_0} \ne x_{k_1}^{j_1}$ при $k_0 \ne k_1$ или $j_0 \ne j_1$. В этом случае невыполненными являются заявки, индексы которых не попадают ни в одно множество, а их количество вычисляется как $CO = n - \sum_{0 \le j < m} nr_j$. Суммарное количество операций, для выполнения всех заявок, индексы которых лежат в X_j равно $nt_j = \sum_{0 \le r < nr_j} K_{x_r^j}$.

Пусть $(r_0^j, t_0^j), (r_1^j, t_1^j), \dots, (r_{nt_j-1}^j, t_{nt_j-1}^j)$ перестановка пар чисел множества $\{(x_k^j, t): k = 0,1, \dots, n_j - 1, t = 0,1, \dots, k_{x_k^j} - 1\}$, назовем ее допустимой, если из того, что $(r_u^j, t_u^j) = (x_k^j, t)$, $(r_v^j, t_v^j) = (x_k^j, t+1)$ следует, что $u < v$.

Тогда маршрутом $j-$го транспортного средства называется последовательность операций: $task_{r_0^j, t_0^j}, task_{r_1^j, t_1^j}, \dots, task_{r_{nt_j-1}^j, t_{nt_j-1}^j}$, на которую накладываются следующие ограничения:

- $(r_0^j, t_0^j), (r_1^j, t_1^j), \dots, (r_{nt_j-1}^j, t_{nt_j-1}^j)$ является допустимой перестановкой – это означает, что порядок выполнения операций внутри списка каждой заявки будет сохранен;
- $\max_{0 \le k < nt_j} \sum_{i=0}^{k} \Delta m_{r_i^j, t_i^j} \le M_j$ – не перевозится масса больше допустимой;
- $\max_{0 \le k < n_j} \sum_{i=0}^{k} \Delta v_{r_i^j, t_i^j} \le V_j$ – не перевозится объем больше допустимого;
- $lateness_j = 0$ – опоздание транспортного средства к концу его рабочего дня является недопустимым.

Графиком доставки называется объединение маршрутов всех транспортных средств.

Добавим в маршрут каждого транспортного средства две граничных операции, $task_{r_{-1}^j, t_{-1}^j} = task_{-j-1,0}$ и $task_{r_{nt_j}^j, t_{nt_j}^j} = task_{-j-1,1}$. То есть $task_{-j-1,0}$ является начальной, а $task_{-j-1,1}$ конечной для маршрута $j-$го транспортного средства. Граничные операции имеют следующие значения параметров:

- $\Delta m_{-j-1,0} = 0, \Delta m_{-j-1,1} = 0$;
- $\Delta v_{-j-1,0} = 0, \Delta v_{-j-1,1} = 0$;
- $\Delta t_{-j-1,0} = 0, \Delta t_{-j-1,1} = 0$;

- $[begin_{-j-1,0}; end_{-j-1,0}] = [A_j; B_j]$;
- $[begin_{-j-1,1}; end_{-j-1,1}] = [A_j; B_j]$;
- $address_{-j-1,0} = Start_j$, $address_{-j-1,1} = Finish_j$.

Обозначим $eta_{r,t}$ и $etd_{r,t}$ – расчетное время начала и окончания совершения t –ой операции r –ой заявки. Так как совершение операций с использованием j –го транспортного средства начинается в начале его рабочего дня, то примем $etd_{-j-1,0} = A_j$. Тогда имеем:

$$\begin{cases} eta_{r_i^j, t_i^j} = etd_{r_{i-1}^j, t_{i-1}^j} + calcTime\left(end_{r_{i-1}^j, t_{i-1}^j}, start_{r_i^j, t_i^j}, etd_{r_{i-1}^j, t_{i-1}^j}\right), 0 \le i \le nt_j \\ etd_{r_i^j, t_i^j} = eta_{r_i^j, t_i^j} + \Delta t_{r_i^j, t_i^j}, 0 \le i \le nt_j \end{cases}$$

На основе этих данных рассчитывается время опоздания транспортного средства к концу рабочего дня – $lateness_j$, общее время просрочки – P и пройденное транспортными средствами расстояние – D:

$$lateness_j = \max(eta_{-j-1,1} - B_j, 0)$$

$$P = \sum_{\substack{0 \le r < n \\ 0 \le t < K_r}} \max(begin_{r,t} - eta_{r,t}, 0) + \max(etd_{r,t} - end_{r,t}, 0)$$

$$D = \sum_{0 \le j < m} distance\left(end_{r_{i-1}^j, t_{i-1}^j}, start_{r_i^j, t_i^j}, etd_{r_{i-1}^j, t_{i-1}^j}\right)$$

Необходимо найти график выполнения заявок, удовлетворяющий следующим условиям (занумерованным в порядке приоритета):

1. минимум количества невыполненных заявок ($CO \to min$);
2. минимум штрафа времени ($P \to min$);
3. минимум пройденного расстояния ($D \to min$).

Литература. 1. Michael, R. G. Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness. / R. G. Michael, S. J. David- NewYork: W.H. Freeman and Company 1979. - 339 p. **2.** Задача коммивояжера [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.math.nsc.ru/LBRT/k5/OR-MMF/TSPr.pdf

СПОСОБЫ КОРРЕКЦИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ЦЕПЕЙ

САПЕЛКИН И.В., СМАГИН А.В., ВОРОНИН С.А.

В работе рассмотрен метод коррекции динамических характеристик измерительных преобразователей (ИП), основанный на управляемом воздействии на ИП. При этом осуществляется деформация кривой переходного процесса (ПП) по уровню при помощи форсирования сигнала ПП.

Динамические параметры измерительных преобразователей (ИП) определяются наиболее просто при воздействии на него тестового

сигнала в виде единичного скачка. При этом получают в качестве отклика переходную характеристику h(t) ИП, несущую об измерительной цепи полную информацию. Традиционно используется классический алгоритм динамических измерений (ДИ), основанный на ожидании окончания переходного процесса до допускаемой динамической относительной погрешности измерения. При измерении с большей точностью затраты времени на измерение существенно возрастают. Данный алгоритм применяется при измерении параметров силовых трансформаторов, например, температурных режимов обмоток при их испытаниях на нагрев или сопротивления обмоток по методу амперметра-вольтметра [1].

Классификация известных методов повышения быстродействия измерителей постоянной физической величины приведена в работе [2]. Эти методы используются для коррекции динамических характеристик измерительной цепи (ИЦ) ИП. В данной работе рассмотрен метод коррекции динамических характеристик ИП, основанный на управляемом воздействии на ИП. При этом осуществляется деформация кривой переходного процесса (ПП) по уровню при помощи форсирования сигнала ПП.

Так как установившееся значение сигнала априорно неизвестно, и само определяется в измерительном эксперименте, то заранее рассчитать длительность интервала управления и значение момента переключения управляющих сигналов в ИЦ ИП невозможно. Следовательно, необходимо устанавливать фиксированную длительность режима форсирования рабочего тока в ИЦ в зависимости от ожидаемой постоянной времени цепи.

Для реализации гибкого алгоритма форсирования необходима информация об установившемся значении постоянной измеряемой величины. Такую информацию можно получить двумя способами. Во-первых, производя последовательное ускоренное приближение к установившемуся значению за счёт использования серии форсированных режимов. Во-вторых, можно реализовать условие минимизации абсолютной погрешности форсирования в момент окончания режима форсирования, имея оценку асимптоты ПП, полученную на этапе развития ПП до включения режима форсирования. Оценка асимптоты имеет существенную погрешность прогноза, поэтому для достижения требуемой точности форсирования требуется несколько итераций с уточняющим прогнозом асимптоты после каждого частного режима форсирования ПП в ИЦ. Таким образом, организуется информационная обратная связь.

Среди динамических методов измерения различают методы, основанные на различном количестве отчётов, используемых для расчёта оценки асимптоты ПП. Однако при количестве отчётов менее трёх необходимо априорное знание постоянной времени ИЦ. Поэтому реализация алгоритмов с прогнозом измеряемой величины основана на трёхточечном алгоритме выбранных точек (ТАВТ) аппроксимационного

метода ДИ, который оказывается эквивалентным независимо от формы его записи и инвариантным по отношению к изменению постоянной времени.

Анализ модели алгоритма с форсированием сигнала ПП ИЦ, показал целесообразность перехода от фиксированного времени управляющего воздействия на ИЦ к управлению по уровню текущего сигнала переходного процесса в ИЦ для определения окончания режима форсирования с заданной погрешностью.

В ходе работы были получены оценки эффективности повышения быстродействия при применении метода форсирования ПП в ИЦ в зависимости от коэффициента форсирования. Показано, что при значениях этого коэффициента более 2 при реализации фиксированного по времени управления может наступить потеря эффективности. Показано, что максимальную эффективность метода коррекции динамической характеристики ИЦ с использованием форсирования обеспечивает введение информационной обратной связи с прогнозированием оценки установившегося значения ПП по его мгновенным значениям, для минимизации разности текущей ошибки форсирования.

Литература. 1. Мелентьев В.С. Методы и средства измерения параметров электрических цепей на постоянном токе. - Самара: Самарскийгосударственный технический университет, 2004. - 120 с. **2.** Шахов Э.К., Долгова И.А., Мельников А.А. Патент РФ № 2319122. Компенсационный способ ускоренного измерения температуры. G01K7/16. 13.10.2006. **3.** Бехтин Ю.С., Лупачев А.А., Сапелкин И.В., Тан Тайк У. Применение принципа форсирования сигнала переходного процесса в измерительной цепи для повышения быстродействия средств измерения. Сборник докладов. 24-th National Scientific Symposium with international participation “METROLOGY and METROLOGY ASSURANCE 2014” September 7-11, 2014. Sozopol, Bulgaria. – С. 161 – 168.

Реквизиты для справок. *Россия, 111250, Москва, ул. Красноказарменная 14, Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт», кафедра Информационно-измерительной техники, аспирант* ***Сапелкин И.В*** *– civ9019@mail.ru, тел. +7-977-811-27-05.*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ГРАФИКА ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ

КОСТИН К.В., КАНТОР С.А.

В работе [1] была сформулирована постановка задачи построения графика перевозки грузов. В данной работе описан алгоритм решения этой задачи.

Для решения поставленной задачи был выбран генетический алгоритм [2-3].

Структура организма представляет собой список операций $tasks$, по которому можно однозначно определить график доставки. Пусть t −ая операция r −ой заявки находится в этом списке на позиции i, то есть $tasks_i = task_{r,t}$ $(0 \le i < k, 0 \le r < n, 0 \le t < k_r)$. Так же про данный спи-

сок известно, что если $tasks_i = task_{r,t}$ и $tasks_j = task_{r,t+1} (0 \le t < k_r - 1)$, то $i < j$. Это означает что, если одна операция должна быть совершена раньше другой, то и в списке она находится раньше.

Рассмотрим вариант построения расписания на основе списка $tasks$, в котором $K_r = 1$ для любого $0 \le r < n$, то есть каждая заявка состоит из одной операции, совершение которой эквивалентно выполнению соответствующей ей заявки. В этом случае, начиная с начала списка, совершается максимальное количество операций с использованием первого транспортного средства, и из выполненных заявок строится маршрут для него. Далее совершенные операции удаляются из списка, и начинается процесс построение маршрута для следующего транспортного средства и т.д. После построения расписания в списке останутся операции, которые соответствуют невыполненным заявкам.

В общем случае, при $K_r \neq 1$, необходимо учитывать то, что все операции одной заявки должны находиться в одном маршруте. Поэтому для построения расписания используется следующий алгоритм:

1. начальный построенный маршрут для транспортного средства считается пустым;
2. из списка выбирается первая не совершенная операция, и заявка, в которую она входит, считается текущей рассматриваемой;
3. в маршрут добавляются все операции текущей рассматриваемой заявки;
4. операции в маршруте сортируются в порядке появления в исходном списке $tasks$;
5. если маршрут удовлетворяет всем необходимым критериям, то он считается построенным, операции рассматриваемой заявки помечаются как совершенные, и процесс построения переходит к пункту 2. Если маршрут не удовлетворяет хотя бы одному необходимому критерию, то предыдущий построенный маршрут добавляется в расписание, и начинается процесс построения маршрута для следующего транспортного средства, начиная с пункта 1.

Однако, представление организма в виде одного общего списка операций имеет ряд недостатков:

- даже при небольшом изменении списка (например, обмене местами операций) может произойти существенное изменение построенных маршрутов;
- нельзя производить манипуляции над последовательностью операций одного маршрута, так как это может повлиять на другие маршруты.

Для того чтобы избавиться от этих недостатков, в структуру организма добавляются частные списки операций для каждого транспортного средства.

Если организм создается на основе общего списка операций, то происходит построение расписания выше описанным алгоритмом. Частные списки для каждого транспортного средства строятся из списка операций

соответствующего ему маршрута. Если организм создается на основе частных списков операций, то общий список строится как их конкатенация. Далее происходит построение маршрутов ранее описанным алгоритмом, с учетом того, что для каждого транспортного средства используется свой список операций.

Любую перестановку элементов списка можно осуществить последовательностью перестановок соседних элементов. Это свойство используется в процессе мутаций, для того, чтобы не нарушать последовательность операций одной заявки в списке. Две соседних операции меняются тогда и только тогда, когда они принадлежат разным заявкам.

В алгоритме используются следующие мутации: переворот случайного подсписка, обмен местами двух случайных операций, перемещение случайной операции в случайное место списка, циклический сдвиг случайного подсписка на случайное количество элементов. Над списками операций для каждого транспортного средства применяются все ранее описанные мутации. Кроме них добавляется еще перемещение заявки между списками.

Кроме мутаций, для улучшения решения применяются следующие оптимизации:

- на каждом подсписке длинны *len* каждого частного списка перебираются все перестановки операций, и из найденных решений выбирается наилучшее. В результате численных экспериментов выбрано наиболее приемлемое значение *len* равное 6;
- перебираются все пары операций в каждом частном списке и они обмениваются местами, из найденных решений выбирается наилучшее.

Существует множество схем для реализации параллельного генетического алгоритма [4]. В данной работе использован многопопуляционный вариант, главной характеристикой которого является использование небольшого числа относительно больших подпопуляций и миграция особей между ними. Если назвать все популяции вершинами и все возможные перемещения организмов из популяции в популяцию ребрами, то получится граф миграций. В качестве графа миграции выбран куб (Рисунок 1).

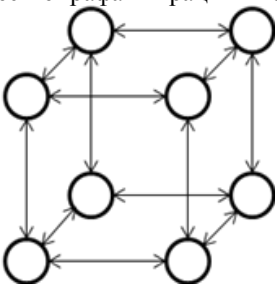


Рис. 1. Граф миграции в виде куба

Во время каждой итерации алгоритма каждая популяция принимает все переданные ей организмы, производит операции скрещивания, мута-

ции и отбора и с некоторой вероятностью передает наилучший организм в соседние популяции. Вероятность используется для того, чтобы лучшее решение не мгновенно распространялось во все популяции, иначе есть возможность найти локальный минимум.

Частные списки операций для каждого транспортного средства, а так же дополнительные мутации с их использованием введены для того, чтобы находить более точные решения к уже найденным приближениям, так называемый локальный поиск [5]. Однако, над такими организмами возможны и мутации с общим списком операций, что может кардинально поменять всю структуру организма – глобальный поиск [5].

Для достижения компромисса между локальным и глобальным поиском, используется два куба популяций. В первом – мутации с общим списком операций, во втором – мутации над частными списками, причем миграция возможна только из первого куба во второй. Кроме этого существуют оптимизации, которые следует применять только к наилучшим организмам. Поэтому используется еще одна популяция, в которую организмы переходят только из второго куба.

Для уменьшения вероятности нахождения локального минимума, через некоторое временя без улучшения решения происходит удаление всех организмов их всех популяций, кроме оптимизирующей. После этого необходимо снова генерировать начальное поколение и распространять его по всем популяциям. Для этого введена популяция, которая только генерирует новые организмы и передает их в первый куб.

Итоговый граф миграций представлен на рисунке 2.

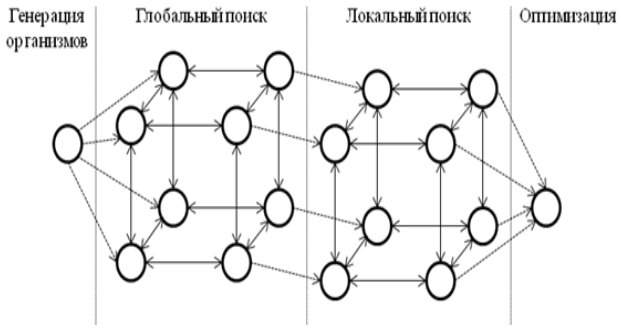


Рис.2. Граф миграций для построения алгоритма с глобальным и локальным поиском

Тестирование выполнялось на реальных данных компании для выполнения 30 заявок с использованием 2 транспортных средств. Алгоритм показывает достаточные для практического использования результаты за время работы в 30 секунд.

Так же был написан метод полного перебора всех решений. Однако уже на выполнение 9 заявок с использованием 2 транспортных средств

его работа занимала около одного дня. А разработанный алгоритм за 30 секунд с вероятностью 95% находил оптимальное решение.

Литература. 1. Костин К.В. Математическая модель одной задачи оптимизации графика перевозки грузов / К.В Костин, С.А. Кантор // настоящий сборник **2.** Francisco B. Pereira. Bio-inspired algorithms for the vehicle routing problem / Francisco B. Pereira, Jorge Tavares. - Coimbra: Springer, 2008 - 221p **3.** Генетический алгоритм [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title= Генетический_алгоритм. **4.** A survey of parallel genetic algorithms [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://tracer.uc3m.es/tws/cEA/ documents/cant98.pdf **5.** A Hybrid Genetic Algorithm for Multi-Depot and Periodic Vehicle Routing Problems [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://www.cirrelt.ca/ DocumentsTravail/CIRRELT-2011-05.pdf.

6 ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ ДЛЯ АУДИТА БЕЗОПАСНОСТИ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ИС МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГРОЗ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИИ, РАЗРАБОТАННОЙ ФСТЭК РОССИИ

БУДОВСКИХ И.А., ЗАГИНАЙЛОВ Ю.Н.

Одной из современных тенденций в области информационной безопасности (ИБ), является разработка средств автоматизации аудита ИБ ИС. Решение этой задачи применительно к аудиту государственных ИС (ГоИС), обеспечение безопасности которых регулируется государством, сталкивается с проблемой отсутствия утверждённых регуляторами методик определения угроз безопасности информации (УБИ). Однако в связи с наличием проекта такой методики (далее Методики) [1], разработанной ФСТЭК России, в качестве актуальной задачи может рассматриваться оценка применимости этой методики для аудита ИБ ГоИС, чему и посвящена представляемая работа.

Определение УБИ является неотъемлемой частью проведения аудита ИБ ИС, так как УБИ используются при анализе рисков, расчет которых является одной из главных целей при проведении аудита ИБ. Для оценки применимости использован подход управления рисками ИБ основанный на методе CRAMM [2], который учитывает количественные и качественные параметры оценки.

В качестве критериев соответствия методики [1] и требований к защите информации в ГоИС (далее Требования) [3], были определены:

1) наличие элемента определения УБИ в документе;
2) логическое содержание элемента УБИ;
3) уровни измерения различных параметров.

На рисунке 1 представлены элементы определения УБИ, содержащиеся в Требованиях (ст. 14.3).

Рис. 1. Элементы оценки УБИ в Требованиях

Обозначим УБИ, определенную Требованиями как $УБИ_Т$, а элементы ее оценки следующим образом:

$Н_Т$ - возможности внутренних и внешних нарушителей;

$УЯ_Т$ - анализ возможных уязвимостей ИС;

$Р_Т$ - возможные способы реализации угроз;

$П_Т$ - последствия от нарушения свойств конфиденциальности, целостности и доступности информации.

Тогда, получим следующую зависимость (1), которая описывает УБИ. определенную в Требованиях:

$$УБИ_Т = \{Н_Т, У_Т, Р_Т, П_Т\} \quad (1)$$

Обозначим УБИ, определенную Методикой как $УБИ_М$, а элементы ее определения следующим образом:

$Н_М$ - нарушитель (источник угрозы);

$УЯ_М$ - уязвимость;

$Р_М$ - способ реализации угрозы;

$В_М$ - объект воздействия;

$П_М$ - последствия от реализации угрозы.

Тогда, получим следующую зависимость (3), которая описывает угрозу БИ определенную в Методике:

$$УБИ_М = \{Н_М, У_М, Р_М, В_М, П_М\} \quad (2)$$

Анализируя зависимости (1) и (2) можно сделать вывод, что все четыре критерия оценки угрозы БИ, определенные Требованиями, так же определены и Методикой.

В соответствии с Требованиями должна разрабатываться модель УБИ, которая включает элементы, определённые в ст.14.3 абз.3.

Обозначим модель УБИ как $МУ_Т$, а элементы модели следующим образом:

$О_Т$ - описание ИС;

$Ф_Т$ - описание структурно – функциональных характеристик;

$У_Т$ - описание угроз БИ;

$Н_Т$ - описание возможностей нарушителей (модель нарушителя);

$УЯ_Т$ - описание возможных уязвимостей ИС;

$Р_Т$ - способов реализации угроз БИ;

Таким образом, модель угроз БИ, определенную в Требованиях, можно описать зависимостью (3):

$$МУ_Т = \{О_Т, Ф_Т, У_Т, Н_Т, У_Т, Р_Т\} \quad (3)$$

Обозначим соответственно модель УБИ как $МУ_{М,,}$ а элементы модели следующим образом:

$О_М$ - описание ИС и особенностей ее функционирования;

$Ц_М$ - цель и задачи, решаемые ИС;

$Ф_М$ - описание структурно-функциональных характеристик ИС;

$Т_М$ - описание технологии обработки информации;

$Н_М$ - возможности нарушителей (модель нарушителя);

$В_М$ - типы и виды нарушителей;

$Е_М$ - возможные цели и потенциал нарушителей;

$Р_М$ - способы реализации УБИ;

$У_М$ - актуальные УБИ;

$УЯ_М$ – используемые уязвимости ИС;

Таким образом, модель УБИ, определенную в Методике, можно описать зависимостью (4):

$$МУ_М = \{О_Т,Ц_М,Ф_Т,Т_М,Н_Т,В_М,Е_М,Р_Т,У_Т, УЯ_М\} \quad (4)$$

Анализируя зависимости (3) и (4), можно сделать вывод, что содержание модели УБИ, определенной в Методике, соответствует по первому критерию.

В таблице 1 приведено соответствие элементов Требований и Методики по элементам для определения УБИ и для модели.

Таблица 1. Соответствие элементов Требований и Методики

Элементы определения УБИ			Элементы модели УБИ		
Требования	Методика	Соответствие	Требования	Методика	Соответствие
$Н_Т$	$Н_М$	+	$Н_Т$	$Н_М$	+
$УЯ_Т$	$УЯ_М$	+	$УЯ_Т$	$УЯ_М$	+
$Р_Т$	$Р_М$	+	$Р_Т$	$Р_М$	+
$П_Т$	$П_М$	+	$У_Т$	$У_М$	+
	$В_М$		$Ф_Т$	$Ф_М$	+
			$О_Т$	$О_М$	+
				$Ц_М$	
				$Т_М$	
				$В_М$	
				$Е_М$	

Содержание элементов УБИ в методике также соответствует содержанию Требованиям, за исключением собственно самих угроз безопасности и уязвимостей с различными характеристиками. Эти данные размещены на сайте ФСТЭК России. Также в их характеристиках приводятся уровни измерения различных параметров. Следовательно, использование Методики, без базы уязвимостей и угроз конкретным средствам и системам на сайте ФСТЭК России, для аудита ИБ ГоИС невозможно. Это необходимо учитывать при разработке средств автоматизации аудита в данной области.

Таким образом, рассматриваемая методика может применяться при проведении аудита ГоИС на соответствие требованиям к защите информации, на различных стадиях создания и использования ИС [3]:

– при создании СЗИ ГоИС (формирования требований, ст.14),

– при аттестации (для аттестации по требованиям безопасности информации при вводе её в действие, ст.17),

– при повторной аттестации ИС (в случае окончания срока действия аттестата соответствия или повышения класса защищенности ИС, ст.17.4).

– при увеличении состава угроз безопасности информации или изменения проектных решений, реализованных при создании СЗИ ИС, ст.17.4);

– в ходе эксплуатации ИС (в ходе контроля (мониторинга) за обеспечением уровня защищенности информации, содержащейся в ИС).

Литература. 1. Федеральная служба по техническому и экспортному контролю. Методика определения угроз безопасности информации в информационных системах (проект) [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://fstec.ru/component/ attachments/ 2.Астахов, А. Аудит безопасно-

сти информационных систем [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.iso27000.ru/chitalnyi-zai/audit-informacionnoi-bezopasnosti/ audit-bezopasnosti-informacionnyh-sistem. 3.Федеральная служба по техническому и экспортному контролю. Требования о защите информации, не составляющей государственную тайну, содержащейся в государственных информационных системах [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://fstec.ru/component /attachments/download/566

Реквизиты для справок. *Барнаул, Алтайский государственный технический университет, кафедра Информатики, вычислительной техники и информационной безопасности, к.в.н., доцент* ***Загинайлов Ю.Н.****-zun25@mail.ru, студент Будовских И.А, тел. (3852) 29-07-18.*

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ В ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ИГРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

НИКОЛАЕВА В.К., ШАРЛАЕВ Е.В.

Современные образовательные технологии в настоящее время широко использует игровые технологии в процессе обучения. Любая игра направлена на развитие каких-либо навыков у игроков, участвующих в ней. У будущих специалистов в области информационной безопасности по профилю 10.03.01 большую популярность набирают игры в формате CTF.

CTF (Capture the flag) – это командная игра, главной целью которой является захват «флага» у соперника. Соревнования формата CTF могут проходить удалённо (в сети) и очно. В первом случае команды соревнуются через интернет, находясь в разных точках мира. Такие соревнования чаще всего длятся больше суток в формате нон-стоп. На очных соревнованиях команды собираются в одном месте каждая за своим столом. Такие соревнования длятся семь – восемь часов. Есть несколько вариантов проведения соревнований по компьютерной безопасности.[1] Это формат task-based (или jeopardy), формат VSFI и формат classic. В зависимости от формата у игрока формируются различные навыки.

Во время игры при решении заданий иногда требуется быстро подобрать программное обеспечение, которое либо упростит процесс решения задачи, либо без которого невозможно решение данного задания. Помимо поиска ПО, также необходимо умение быстро в нем разобраться, чтобы реализовать необходимую задачу. В случае, если данного ПО не существует, необходимо самостоятельно написать программу для выполнения задания. Это также приводит к тому, что участники изучают несколько различных языков программирования самостоятельно. Это подготовит студента к следующим компетенциям: ПК-11: способность выполнять работы по установке, настройке и обслуживанию технических и программно аппаратных средств защиты; ПК-15: способность применять программные средства системного, прикладного и специального назна-

чения; ПК-16: способность использовать инструментальные средства и системы программирования для решения профессиональных задач; ПК-17: способность в программной реализации алгоритмов решения типовых задач обеспечения информационной безопасности.

Участники игр CTF учатся анализировать ситуацию, происходящую в данный момент, и искать способы улучшения данной ситуации или сохранения на том же уровне. Участникам необходимо думать не только с точки зрения, как защитить свой сервер, но и как взломать сервер другой команды, в случае с классикой, или как взломать сайт, чтобы получить базу данных, какой-либо зашифрованный текст для получения исходного сообщения. Научившись взламывать и получать доступ к информации, у участника формируется представление о том, каким угрозам может быть подвержена информация. Данные навыки станут хорошей базой для следующего набора компетенций: ПК-8: способность определять виды и формы информации, подтвержденной угрозам, виды и возможные методы и пути реализации угроз на основе анализа структуры и содержания информационных процессов предприятия, цели и задач деятельности предприятия; ПК-12 : проект на технологическую деятельность: способность участвовать в разработке подсистемы управления информационной безопасности; ПК-13: способность к проведению предварительного технико-экономического анализа и обоснование проектных решений по обеспечению информационной безопасности; ПК-18: способность собрать и провести анализ исходных данных для проектирования подсистем и средств обеспечения информационной безопасности; ПК-19: эксперементально-исследовательская деятельность: способность составить обзор по вопросам обеспечения информационной безопасности по профилю своей деятельности; ПК-21: способность проводить анализ информационной безопасности объектов и систем с использованием отечественных и зарубежных стандартов; ПК-23: способность принимать участие в проведении эксперементально-исследовательских работ системы защиты информации с учетом требований по обеспечению информационной безопасности; ПК-26: способность формировать комплекс мер (правила, процедуры, практические приемы и пр.) для управления информационной безопасностью; ПК-27: способность принимать участие в организации контрольных проверок работоспособности и эффективности применяемых програмно-аппаратных, криптографических и технических средств защиты информации; ПК-28: способность изучать и обобщать опыт работы других учреждений, организаций и пред-приятий в области повышения эффективности защиты информации; ПК-29: способность участвовать в работах по реализации политики информационной безопасности; ПК-30: способность применять комплексный подход к обеспечению информационной безопасности в различных сферах деятельности.

Так как игры формата CTF направлены на командную работу, то будет сложно играть команде, которая не умеет эффективно общаться. На

формирование данной способности ориентирован сам девиз данного вида соревнований: «CTF- это дружба!”. Этот навык полностью перекрывает компетенцию ОК-5: способность к кооперации с коллегами, работе в коллективе. Помимо общения внутри команды важно, чтобы участник мог быстро доказать свою позицию и почему именно его тактику игры нужно выбрать, нужно, чтобы аргументы основывались на фактах, а не на выражениях типа “я так чувствую” или “я так сказал”. Данная способность заложит основу для компетенции ОК-9: способность логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь, публично представлять собственные и известные научные результаты, вести дискуссии.

Во время соревнований игрокам приходится действовать не только по шаблону, например, в криптографии зачастую невозможно добиться результатов, действуя лишь так, как подразумевается в правилах. Так же формат classic требует от игроков быстрого реагирования на критические ситуации, потому что несвоевременное реагирование отразится на положении команды в турнирной таблице. Два описанных ранее навыка создадут хорошую основу для ОК-6: способность находить организационно-управленческие решения в нестандартных ситуациях и готовностью нести за них ответственность.

Во время игры важно правильно проанализировать имеющиеся условия или задания и выбрать правильную тактику дальнейшего поведения. Более того, при незнании каких-то вещей, важно уметь быстро находить информацию и разбираться в ней на ходу. Также важно уметь договориться со своими коллегами, кто что делает, основываясь на достоинствах и недостатках каждого. Эти навыки закладывают основу для следующих компетенций: ОК-8: способность к общению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения, владеть культурой мышления и ОК-12: способность критически оценивать свои достоинства и недостатки, определять пути и выбрать средства развития достоинств и устранения недостатков.

Играя в CTF, важно постоянно поднимать свой уровень и не стоять на месте, то есть постоянно саморазвиваться. Это может быть как самостоятельное изучение тем, так и отслеживание новых разработок по интересующей тематике. ОК-11: способность к саморазвитию, самореализации, приобретению новых знаний, повышению своей квалификации мастерства; ПК-33: способность организовать технический прогресс защиты информации в соответствии с правовыми нормативными актами и нормативными методическими документами Федеральной службы безопасности Российской Федерации, Федеральной службой по техническому и экспортному контролю

Многие онлайн игры проводятся на английском языке и есть много полезных материалов, не адаптированных под русский язык, так что игрок постепенно улучшает свои познания в данном языке, что помогает овладеть следующей компетенцией: ОК-10: способность к чтению и переводу

текстов по профессиональной тематике на одном из иностранных языков, владеть им на уровне не ниже разговорного.

Данный вид соревнований хорошо показывает на практике, насколько нужны специалисты по защите информации, ведь если информацию легко достать в рамках игры, то так же просто это может оказаться в рамках предприятия или защищаемой базы данных. Участники не понаслышке знают об утечке информации. Таким образом, перекрывается следующая компетенция: ОК-7: способность осознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности в области обеспечения информационной безопасности, готовностью и способностью к активной состязательной деятельности в условиях информационного противоборства.

Помимо тех навыков, которые были перечислены ранее, CTF-игры развивают ряд других навыков, которые невозможно однозначно отнести к какой-либо компетенции. Игроки достаточно осторожно относятся к информации, это выражается как в осмотрительности при высказываниях, так и в используемых ими знаниях для взлома/защиты. База знаний у участников CTF получается достаточно обширной за счет того, что они постоянно изучают новый материал, а ту информацию, которая им неизвестна, но необходима, они способны быстро отыскать и проанализировать.

Участники CTF-игр к способам защиты информации подходят, поставив себя на место злоумышленника, что дает неоспоримое преимущество. Этот подход позволяет перекрыть не только очевидные каналы утечки информации, но и такие, о которых обычный специалист будет знать только после того, как его объект уже взломали похожим способом. Так же CTF-игры формируют у участников способность видеть несколько способов решения задачи, один из которых может привести к результату, и способность предугадать либо ход дальнейшего развития событий, либо правильное решения задачи.

CTF-игры перекрывают достаточно большое количество компетенций, используемых в процессе освоения образовательной программы. Данный вид соревнований может быть использован как для формирования профессиональных, так и общекультурных компетенций. В какой-то момент знаний, полученных во время обучения, в учебном заведении начинает не хватать, и участник соревнований начинает изучать необходимые области еще глубже.

Источник: Все о CTF в России – Что такое CTF /[Электронный ресурс] : - Режим доступа : - http://ctfnews.ru/what-is-ctf/, – Загл. с экрана

Реквизиты для справок. *Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина 46, Алтайский государственный технический университет, кафедра информатика, вычислительная техника и информационная безопасность, к.т.н., доцент* ***Шарлаев Е.В.****. – sharlaev@mail.ru.*

АЛГОРИТМ СВЕРКИ ШКАЛ ВРЕМЕНИ В СИСТЕМЕ ГЕНЕРАЦИИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КЛЮЧЕЙ ШИФРОВАНИЯ В МНОГОЛУЧЕВОМ РАДИОКАНАЛЕ

КАРПОВ А.В., СМОЛЯКОВ А.Д., ЛАПШИНА И.Р., ГАЛИЕВ А.А.

Для создания случайных последовательностей, необходимых для генерации ключей шифрования, была разработана система, осуществляющая на обоих пунктах когерентное измерение фазы сигналов, передаваемых в многолучевом радиоканале во встречном режиме[1].

Степень идентичности полученных ФВХ, определяющаяся взаимностью канала, влияет на скорость формирования псевдослучайных последовательностей и зависит от точности синхронизации устройств системы. В работе [2] предложена беспроводная синхронизация макетов устройств, используемых для динамической генерации ключей шифрования.

Система обеспечивается синхросигналами от опорных генераторов, в качестве которых применяются стандарты частоты FS725. Из-за влияния долговременной и кратковременной нестабильности частоты генератора FS725 разность в измерениях фазы на обоих пунктах за 10 секунд может достигнуть 130 градусов. При такой разности фаз измерения становятся невзаимными, и ключевые последовательности на обоих концах канала связи не совпадают.

Также необходимо учесть изменчивость уровня зондирующего радиосигнала на входе приемопередатчика вследствие его прохождения через многолучевой радиоканал. Так как от уровня принятого сигнала (отношения сигнал/шум) будет зависеть ошибка измерения разности фаз.

Цель работы: разработать алгоритм сверки и корректировки ухода шкал времени для системы генерации ключей (СГК) с учетом нестабильности частоты опорных генераторов и отношения сигнал/шум на входе приемопередатчика.

Теория метода. Для того чтобы получить выражения связывающие отклонение частоты опорных генераторов с измеряемой фазой зондирующего сигнала (ЗС), необходимо подробно рассмотреть процесс формирования и приема ЗС устройствами СГК. На рис.1. представлена блок-схема формирования зондирующего сигнала передатчика. С выхода опорного генератора сигнал поступает на вход синтезатора частот, который формирует сигнал несущей частоты с полной фазой

$$\Phi_{сч1} = N_{tr} * (t * (\omega_{or1} + \Delta\omega_{or1}) + \varphi_{or1}) \qquad (1)$$

где N_{tr}- коэффициент умножения частоты. Далее сигнал подается на модулятор, на выходе которого формируется передаваемый радиоимпульс, который излучается, пройдя через антенный коммутатор и антенну.

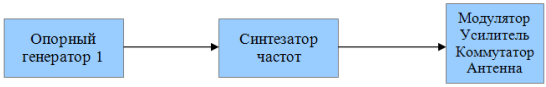


Рис. 1. Формирование зондирующего сигнала в устройстве 1.

Приемник устройства 2 принимает зондирующий сигнал (рис.2) с полной фазой. Сигнал переносится на промежуточную частоту с помощью смесителя. Фазометр измеряет разность фаз между сигналом промежуточной частоты $\Phi_{пч2}$ и сигналом от опорного генератора.

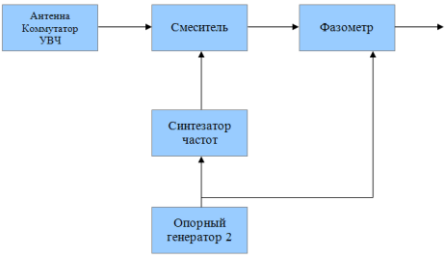


Рис. 2. Измерение фазы принятого сигнала в устройстве 2.

На выходе фазометра 2-го устройства будет сигнал с полной фазой:

$$\Phi_{фм2} = 90 * t * (\omega_{ог2} - \omega_{ог1}) + \\ +90 * t * (\Delta\omega_{ог2} - \Delta\omega_{ог1}) + 90 * (\varphi_{ог2} - \varphi_{ог1}) - \varphi_{канал12} \quad (2)$$

где:$\omega_{ог1}$ - частота сигнала с выхода опорного генератора 1-го устройства; $\Delta\omega_{ог1}$- нестабильность частоты опорного генератора 1-го устройства; $\omega_{ог2}$ - частота сигнала с выхода опорного генератора 2-го устройства; $\Delta\omega_{ог2}$- нестабильность частоты опорного генератора 2-го устройства; t– время; $\varphi_{ог1}$- начальная фаза сигнала опорного генератора 1- го устройства; $\varphi_{ог2}$- начальная фаза сигнала опорного генератора 2-го устройства; $\varphi_{канал12}$ - набег фазы при распространении радиосигнала от 2-го устройства к 1-у устройству. На выходе фазометра 1-го устройства будет аналогичный сигнал:

$$\Phi_{фм1} = 90 * t * (\omega_{ог1} - \omega_{ог2}) + \\ +90 * t * (\Delta\omega_{ог1} - \Delta\omega_{ог2}) + 90 * (\varphi_{ог1} - \varphi_{ог2}) - \varphi_{канал21} \quad (3)$$

Анализ выражений (2) и (3) показывает, что измерения разности фаз зависят не только от $\varphi_{канал12}$, $\varphi_{канал21}$, которые, при условии взаимности канала, будут равны, но и от параметров опорных генераторов. Нужно отметить, что нельзя свести частоты двух опорных генераторов точнее, чем величина кратковременной нестабильности частоты. Так как в выражениях (2) и (3) входит время, то со временем фазовая невзаимность будет нарастать и из-за влияния кратковременной нестабильности случайно отклоняться. Например, подставив в формулу (2) значение относительной нестабильности частоты опорного генератора FS725 равным 10^{-11} за одну секунду, получим, что за это же время измерения фаз, полученные устройствами 1 и 2, могут отличаться не более чем на 13 градусов.

Таким образом алгоритм сверки шкал времени должен состоять из двух этапов:

1. Сведение частот опорных генераторов
2. Периодическая подстройка фаз опорных генераторов

Метод сведения частот опорных генераторов. Полная фаза принятого сигнала при $\Delta\omega_{ог1} = \Delta\omega_{ог2} = 0$:

$$\Phi_{\Delta\varphi} = 90 * t * (\omega_{ог1} - \omega_{ог2}) - \varphi_{канал21} \quad (3)$$

Пренебрегая влиянием канала, получаем:

$$(\omega_{ог1} - \omega_{ог2}) = \frac{\Phi_{\Delta\varphi}}{90*t} \quad (4)$$

Так как ФВХ представляет собой последовательность измерений фазы с периодом снятия измерений $t_{изм}$, и длиной последовательности N, то разность отклонения частот опорных генераторов будет равна:

$$\Delta f = \frac{1}{90*t_{изм}*n} \quad (5)$$

где n – число отсчетов, в течение которых фаза изменилась на 2π.

Зная разность частот Δf, можно скорректировать частоту одного из опорных генераторов так, чтобы $\Delta f = 10^{-11}$.

Алгоритм подстройки частоты. Проводятся тестовые сеансы обмена зондирующими сигналами между синхронизируемыми устройствами. После завершения сеанса зондирования устройства получают ФВХ радиоканала в отсчетах. Эти измерения поступают на модуль быстрого преобразования Фурье, а после него в виде массива амплитуд гармоник подаются в функцию поиска гармоники максимальной амплитуды. Номер отсчета гармоники будет прямо пропорционален Δf.

Алгоритм автоматической подстройки фазы опорного генератора. После каждого тестового сеанса зондирования 2-е устройство пересылает по служебному каналу все измерения фазы 1-у устройству, которое сравнивает их со своими измерениями фазы. По результатам сравнения 1-е устройство корректирует начальную фазу своего опорного генератора. Тестовые сеансы зондирования повторяются до тех пор, пока невзаимность измерений фазы не станет меньше заданного порога. Не все измерения фазы используются для подстройки, так как отношение сигнал/шум в реальных условиях постоянно меняется, а значит и меняется погрешность оценки фазы

Выводы. Разработан алгоритм сверки шкал времени, который обеспечивает точность сверки частот опорных генераторов с относительным отклонением до 10^{-11}. Для уменьшения ошибок синхронизации измерения с низким отношением сигнал/шум отбраковываются.

Литература. 1. Карпов А.В., Каюмов И.Р., Смоляков А.Д. Разработка макета устройства динамической генерации ключей шифрования для криптографической системы связи // Ползуновский вестник. – 2011 - №. 3-1 – С. 210-213. **2.** Карпов А.В., ФатыховР.Р., Смоляков А.Д. Беспроводная синхронизация устройств системы генерации секретных ключей в

многолучевом радиоканале// Ползуновский вестник. - 2014 - №. 2-1 - С. 238-241.**3.** Карпов А.В., СмоляковА.Д., Туктарова И.Р., Галиев А.А., Разработка средств синхронизации устройств в системе генерации и распределения ключей в многолучевом радиоканале / А.В. Карпов, А.Д.Смоляков, И.Р. Туктарова, А.А. Галиев // Измерение, контроль, информатизация: сборник международной научно-практической конференции - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2015. - Т.2. - с. 200-203

Реквизиты для справок. *Россия, 420025, Казань, ул. Кремлевская, 16а, Казанский Федеральный Университет, Институт Физики, кафедра радиофизики. Д.ф.-м.н., профессор* ***Карпов А.В.*** *- Arcadi.Karpov@kpfu.ru, ассистент кафедры радиофизики* ***Смоляков А.Д.*** *- alex9975@gmail.com, ассистент кафедры радиофизики* ***Лапшина И.Р.*** *- rica1991@mail.ru, магистрант кафедры радиофизики* ***Галиев А.А.*** *- ggalievv@mail.ru.*

РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРОВ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА

ЗАГИНАЙЛОВ Ю.Н., ИВАШКИН Г.Г., СТАЦЕНКО Д.С.

В современных условиях деятельность как государственного, так и коммерческого предприятия, немыслима без использования электронного документооборота (ЭДО). Однако для обеспечения возможности круглосуточного и бесперебойного осуществления ЭДО с использованием электронной подписи и защиты от несанкционированного доступа к электронным документам необходимо наличие оператора ЭДО, что обусловлено требованиями наиболее значимых нормативных правовых актов (например, Налоговый кодекс Российской Федерации и приказ ФНС России [1,2]). В связи с этим актуальной задачей является формирование системы операторов ЭДО. Допуском оператора ЭДО к работе является его аккредитация.

Для того чтобы стать оператором ЭДО, необходимо выполнить достаточно объёмный и сложный комплекс мероприятий, предусмотренный требованиями к оператору [1,2], что является не тривиальной задачей. Существенную помощь кандидатам на оператора ЭДО могут оказать методические рекомендации, разработанные на основе опыта подготовки к аккредитации. Целью настоящей работы является представление таких рекомендаций для внешнего ЭДО, разработанных на основе опыта ООО «Центр информационной безопасности», в рамках совместного проекта с факультетом информационных технологий АлтГТУ. В ходе проведения исследования были решены следующие задачи: выполнен анализ характеристик и технологий ЭДО; анализ нормативных правовых актов и правовых норм в области регулирования ЭДО, сформирована структура методических рекомендаций для организаций, планирующих осуществлять деятельность оператора ЭДО.

Поскольку внутренний ЭДО не требует наличия оператора ЭДО, все вопросы рассмотрены применительно к внешнему ЭДО, который пред-

ставляет собой движение электронных документов между организациями и способ сдачи юридически значимых документов в госорганы [3]. Общая схема внешнего ЭДО представлена на рисунке 1:

Рис. 1. Схема внешнего ЭДО

В целях осуществления юридически значимого ЭДО сформирован ряд общих требований к операторам на основе нормативных актов ФНС [1,2]. Эти требования включают:

1) наличие государственной регистрации предприятия и общей системы налогообложения;

2) наличие действующих лицензий:

– лицензии Федеральной службы по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций;

– лицензии Федеральной службы по техническому и экспортному контролю Российской Федерации на техническую защиту информации;

– лицензии ФСБ России (по указанным видам деятельности в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 16.04.2012 N 313);

3) обеспечить бесперебойную круглосуточную работу используемого для электронного документооборота счетов-фактур программно-аппаратного комплекса;

4) обеспечить хранение информации о юридически значимом документообороте счетов-фактур в электронном виде с использованием электронной подписи, наличие системы резервного копирования;

5) обеспечить информационное взаимодействие контрагентов в соответствии с требованиями Порядка выставления и получения счетов-фактур в электронном виде по телекоммуникационным каналам связи с применением электронной подписи;

6) обеспечить наличие сертифицированных программно-аппаратных средств, реализующих ЭДО.

Для эффективной реализации требований операторами, сокращения затрат на юридические и технические консультации по этим вопросам, гармонизации взаимодействия кандидатов в операторы ЭДО с государственными регуляторами (ФСБ России, ФСТЭК России и другие) разработаны методические рекомендации оператору ЭДО.

В методических рекомендациях определен необходимый перечень организационных и технических мер по формированию деятельности оператора ЭДО.

Структура рекомендаций включает следующие основные разделы:

– теоретические и практические основы ЭДО (характеристики и технологии ЭДО);

– требования законодательства России к операторам ЭДО (правовые нормы нормативных правовых актов в области регулирования ЭДО, требования к операторам ЭДО);

– рекомендации по подготовке и получению необходимых лицензий;

– рекомендации по выбору и применению программных программно-технических средств;

– рекомендации по организации бесперебойной работы, хранению и информационному взаимодействию с контрагентами (счета-фактуры, электронная подпись и т.д.)

Разработанные методические рекомендации планируется использовать как коммерческий продукт для операторов и контрагентов ЭДО, а также как учебно-методическое пособие для студентов АлтГТУ направления подготовки Информационная безопасность.

Литература. 1. Приказ Федеральной налоговой службы от 4 марта 2014 г. N ММВ-7-6/76@ "Об утверждении Требований к оператору электронного документооборота". [электронный ресурс]: Информационно-правовое обеспечение «Гарант» - режим доступа: http://ivo.garant.ru/#/document/70670846/paragraph/1:2; **2.** Приложение № 2 к приказу Федеральной налоговой службы от 20 апреля 2012 г. N ММВ-7-6/253@) (заказной). **3.** Виртуальные документы. Концепция электронного документооборота. Быстрее. Проще. Удобнее. Преимущества электронного документооборота. Что же такое ЭЦП? Гарант безопасности и юридической значимости Процесс становления ЭДО. [электронный ресурс]:- режим доступа: http://course.parkit74.ru/ book/edo.htm.

СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ СЕТЕВЫХ ВТОРЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕХАНИЗМОВ ИСКУССТВЕННОЙ ИММУННОЙ МОДЕЛИ

РЕБРО И.В., ШАРЛАЕВ Е.В.

Защита информационных ресурсов сети от несанкционированной деятельности хакеров, воздействий вирусов, обеспечения конфиденциальности, целостности и доступности данных является одной из актуальнейших и в то же время наиболее сложных задач нашего времени. [1]

Обнаружение аномалий развития системы на ранних стадиях существования, приводящих к потере работоспособности сети, уничтожению искажению или утечке информации, являющихся следствием отказов, сбоев случайного характера или результатом получения злоумышленни-

ком доступа к сетевым ресурсам, проникновения сетевых червей, вирусов и других угроз информационной безопасности, позволяет своевременно устранить их причину, а так же предотвратить возможные катастрофические последствия.[2]

Для обнаружения дестабилизирующих факторов используется большой спектр специализированных систем: средства систем управления, анализаторы сетевых протоколов, системы нагрузочного тестирования, системы сетевого мониторинга. Задачи по защите информационных ресурсов, процессов и потоков данных решаются с помощью систем управления информационной безопасностью и систем управления событиями безопасности (Security information and event management - SIEM), межсетевых экранов (firewall), антивирусов, систем обнаружения вторжений (Intrusion Detection System - IDS), систем предотвращения вторжений (Intrusion Prevention System - IPS), систем контроля целостности, криптографических средств защиты, технологии передачи данных по средствам виртуальных частных сетей (VPN).

Характерными особенностями использования этих систем является либо их периодическое и кратковременное применение для решения определенной проблемы, либо постоянное использование, но со статическими настройками. В результате методы анализа, используемые в современных системах, направлены на обнаружение известных и точно описанных типов воздействий, но зачастую оказываются не в состоянии обнаружить их модификации или новые типы, что делает их использование малоэффективным.

На сегодняшний день очень актуальной задачей является поиск более эффективных методов выявления недопустимых событий (аномалий) в работе сети, являющихся следствием технических сбоев или несанкционированных воздействий. Основным требованием к этим методам является возможность обнаружения произвольных типов аномалий, в том числе новых, а также воздействий, распределенных во времени. [3]

Общий подход к решению этой задачи заключается в поиске методов анализа, позволяющих выявить аномальные состояния информационных ресурсов в виде отклонений от обычного («нормального») состояния. Эти отклонения могут являться результатами сбоев в работе аппаратного и программного обеспечения, а также следствиями сетевых атак хакеров. Такой подход теоретически позволит обнаруживать как известные, так и новые типы проблем. От эффективности и точности аппарата, определяющего «нормальное» состояние и фиксирующего отклонение, зависит в целом эффективность решения вопросов диагностики и защиты сетевых ресурсов. Особую важность на текущий момент представляет проблема обнаружения аномальных состояний в работе сети, имеющих распределенный во времени характер. Такие состояния могут являться следствиями специально маскируемых сетевых атак злоумышленников, скрытых

программно-аппаратных сбоев, новых вирусов и т.д.

Системами обнаружения вторжений называют множество различных программных и аппаратных средств, объединенных одним общим свойством – они занимаются анализом использования ресурсов и, в случае обнаружения каких-либо подозрительных или просто нетипичных событий, способны предпринимать некоторые самостоятельные действия по обнаружению, идентификации и устранению их причин.

Современные системы обнаружения вторжений используют методы интеллектуального анализа данных, позволяющие выявить значимые корреляции в больших объемах данных, применяя алгоритмы:

- экспертных систем;
- искусственных нейронных сетей;
- искусственных иммунных систем;
- нечетких систем;
- генетических алгоритмов.

Анализ данных, как правило, состоит из трех стадий:

1) выявление закономерностей (поиск скрытых закономерностей и их валидация);

2) использование выявленных закономерностей для предсказания неизвестных значений (решаются задачи классификации и прогнозирования);

3) анализ исключений (выявление и объяснение аномалий в выявленных закономерностях).

Искусственные иммунные системы строятся по аналогии с иммунной системой живого организма.

Искусственные иммунные системы представляют собой сложную адаптивную структуру, эффективно использующую различные механизмы обучения, памяти и ассоциативного поиска для решения задач распознавания и классификации.

Идея создания искусственных иммунных систем появилась в результате изучения процессов биологического иммунитета, который защищает организм от болезнетворных бактерий и вирусов, обнаруживая и уничтожая их. [4]

При построении искусственной иммунной системы для обнаружения и классификации сетевых атак на компьютерные системы используются базовые принципы и механизмы биологической иммунной системы.

Искусственная иммунная система моделирует основные процессы биологической иммунной системы, а так же их взаимодействие. Отличие заключается в способе представления информации и структуре иммунного детектора.

Жизненный цикл детекторов иммунной системы состоит из четырёх стадий [5]:

- стадия случайной генерации детекторов,
- стадия обучения детекторов,
- стадия функционирования детекторов,
- стадия уничтожения детекторов.

Иммунные детекторы генерируются по случайному алгоритму, что дает возможность создания большого количества разнообразных по своей структуре детекторов, которые способны реагировать на любую аномалию. Далее детекторы проходят стадию обучения, на которой они приобретают способность корректно реагировать на чужеродные объекты или явления. Для того чтобы детекторы не генерировали ложные срабатывания, они тщательно отбираются. Те из них, которые не обучились корректно классифицировать объекты, удаляются. Отобранные детекторы допускаются к выполнению функций классификации объектов.

Каждому детектору выделяется некоторое лимитированное количество времени (время жизни), на протяжении которого он может существовать.

Если на протяжении этого времени детектор не обнаруживает аномалий, то он удаляется, а на его место приходит новый, структурированный отличный детектор. Если детектор обнаружил аномалию, происходит так называемая стадия активации. На этой стадии происходит информирование об обнаруженной аномалии и её уничтожение. Детектор, обнаруживший аномалию, трансформируется в детектор иммунной памяти. Детекторы иммунной памяти характеризуются большим временем жизни и уровнем доверия.

Выводы. В ходе исследования проведён анализ задач реализации алгоритмов иммунной системы для обнаружения вторжения в сеть. Особенностью подхода является автоматическое создание обучающих данных, представляющих вредоносный трафик. Предложенный подход может быть использован в реальной вычислительной среде, поскольку нет необходимости генерировать трафик, содержащий атаки, который необходим в других подходах.

Литература. 1. Аграновский А.В. «Обучаемые системы обнаружения и защиты от вторжений» / А.В. Аграновский // Искусственный интеллект. – 2001. – № 3. – с. 440-444. **2.** Шелухин О.И. «Обнаружение вторжений в компьютерные сети (сетевые аномалии): учеб. пособие» / Д.Ж. Сакалема, А.С. Филинова, О.И. Шелухин. – М.: Горячая линия – Телеком, 2013. **3.** Лукацкий А.В. «Обнаружение атак» / А.В. Лукацкий. – СПб: БХВ-Петербург, 2001. – 624 с. **4.** Дасгупта Д. «Искусственные иммунные системы и их применение» / Д. Дасгупта. – М.: Физматлит, 2006. – 344 с. **5.** Ребро И.В., Шарлаев Е.В. Применение искусственных иммунных систем для обнаружения сетевых вторжений // Ползуновский альманах -2015. -№1. – С.144-146.

Реквизиты для справок. *Россия, Барнаул, пр. Ленина 46, Алтайский государственный технический университет, кафедра ИВТиИБ, Ребро И.В., 79059290442@ya.ru, Шарлаев Е.В., доцент каф. ИВТиИБ АлтГТУ им. И.И. Ползунова, к.т.н., sharlaev@mail.ru.*

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ДОКУМЕНТОВ ПО ЗАЩИТЕ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ПЕРЕВОДЕ ДЕНЕЖНЫХ СРЕДСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАЦИОНАЛЬНОЙ ПЛАТЁЖНОЙ СИСТЕМЫ

ЗАГИНАЙЛОВ Ю.Н., МАШКИНА Д.Г., ШАЦКИЙ Е.В.

Расширение сферы услуг банковской системой России в части переводов денежных средств, в рамках совершенствования национальной платёжной системы, обусловило появление дополнительных угроз безопасности информации. В связи с этим, в дополнение к уже имеющимся документам и стандартам Банка России, Центробанк, в 2012 году, ввёл обязательный для исполнения документ – положение о требованиях к обеспечению защиты информации при осуществлении переводов денежных средств (Положение ЦБ РФ № 382-П) [1]. Этот документ содержит требования к защите информации, обязательность исполнения которых установлена Федеральным законом «О национальной платёжной системе» (ст.27), а также положением о защите информации в платежной системе, утверждённом постановлением Правительства РФ от 13.06.2012г. №584 (Положение ПП-584). Одним из требований Положения ПП-584 (п.7), является требование к операторам и агентам платёжных систем разработки и утверждения локальных правовых актов (ЛПА), устанавливающих порядок реализации требований к защите информации. Это обусловило актуальность разработки на региональном рынке услуг ИБ, для операторов и агентов Банка России, комплекса типовых форм (шаблонов) таких ЛПА, что и является целью настоящей работы, выполняемой совместно сотрудниками ООО «Центр информационной безопасности» и преподавателями и студентами факультета информационных технологий АлтГТУ.

В качестве основы комплекса использован разработанный ранее комплекс шаблонов документов он-лайн сервиса Safe-Doc (Сервис ЦБ), который не затрагивает защиту информации при переводе денежных средств [2].

Основные нормативные правовые акты и стандарты, содержащие требования по защите информации в организациях Банка России и определяющие состав и структуру ЛПА, включают:

– Федеральный закон от 27.06.2011 N 161-ФЗ (ред. от 29.12.2014) "О национальной платежной системе" [3];

– Федеральный закон от 02.12.1990 N 395-1 (ред. от 05.04.2016) "О банках и банковской деятельности";

– Федеральный закон N 152-ФЗ (ред. От 2015) "О персональных данных";

– Постановление Правительства РФ от 13.06.2012 N 584 "Об утверждении Положения о защите информации в платежной системе";

– Положение о требованиях к обеспечению защиты информации при осуществлении переводов денежных средств и о порядке осуществления Банком России контроля за соблюдением требований к обеспечению защиты информации при осуществлении переводов денежных средств [1];

– Стандарты Банка России системы СТО БР ИББС.

Разработанная концептуальная модель комплекса документов по защите информации в платёжной системе представлена на рисунке 1.

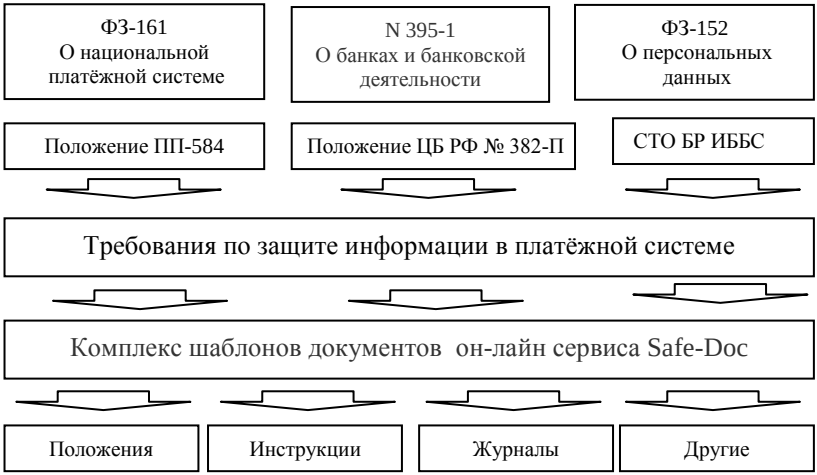


Рис.1. Концептуальная модель комплекса документов по защите информации в платёжной системе

Организация, ставшая оператором по переводу денежных средств, оператором платежной системы, оператором услуг платежной инфраструктуры, должна провести первую оценку соответствия в течение шести месяцев после получения соответствующего статуса.

Положение ЦБ РФ № 382-П содержит "перечень требований к обеспечению защиты информации при осуществлении переводов денежных средств, выполнение которых проверяется при проведении оценки соответствия" (приложение 2). На основании данных требований был сформирован пакет документов, содержащий следующий документы:

1. Положение об отделе информационной безопасности.
2. Положение об организации антивирусной защиты.

3. Инструкция по работе с электронными носителями конфиденциальной информации.

4. Инструкция по обеспечению безопасности ТУ ДБО.

5. Инструкция по антивирусной защите.

6. Журнал инцидентов информационной безопасности.

7. Перечень лиц, обладающих правами по формированию электронных сообщений в платежной системе.

8. Другие

Примером сформированного шаблона, который учитывает требования Положения ЦБ РФ №382-П является документ «Положение об антивирусной защите». Данный документ реализует сразу несколько требований. Так, требование 2.7.4 "При наличии технической возможности оператор по переводу денежных средств, банковский платежный агент (субагент), оператор услуг платежной инфраструктуры обеспечивают выполнение предварительной проверки на отсутствие вредоносного кода программного обеспечения, устанавливаемого или изменяемого на средствах вычислительной техники, включая банкоматы и платежные терминалы" реализуется в пункте 4.7 "Положения об антивирусной защите" - " Обновление средств антивирусной защиты на компьютерах Банка, которые не имеют прямого подключения к информационной банковской системе, проводятся автоматически в соответствии с настройками средств антивирусной защиты."

Комплекс документов описывает единый подход к построению системы обеспечения информационной безопасности организаций банковской сферы с учетом требований российских законов.

Выполняя требования П-382 и последней редакции СТО БР ИББС-2014 [4], можно во многом подготовиться к прохождению сертификации по PCI DSS (Payment Card Industry Data Security Standard), ведь многие его положения пересекаются с требованиями из отечественного документа: антивирусная безопасность, шифрование, фильтрация с помощью межсетевых экранов, разграничение доступа, отслеживании сеансов связи, а также мониторинг, аудит и менеджмент системы ИБ.

Как и в прочих сервисах "Safe-Doc.com", подготовка документации занимает немного времени и осуществляется клиентом самостоятельно. В итоге, подписчик получает пакет качественно сформированных документов, соответствующих стандартам Банка России.

Литература. 1. Центральный банк Российской Федерации от 09 июня 2012 г. №382-П « Положение о требованиях к обеспечению защиты информации при осуществлении переводов денежных средств и о порядке осуществления Банком России контроля за соблюдением требований к обеспечению защиты информации при осуществлении переводов денежных средств» [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;

2. Онлайн сервис подготовки документов Safe-doc сервис ЦБ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://safe-doc.com/. **3**. Федеральный закон от 27.06.2011 № 161-ФЗ «О национальной платежной системе» [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.consultant.ru/ document/cons_doc_LAW_115625/ **4.** Стандарт Банка России от 01.06.2014 "Обеспечение информационной безопасности организаций банковской системы Российской Федерации" [Электронный ресурс].–Режим доступа: http://www.cbr.ru/credit/gubzi_docs/main.asp?Prtid=Stnd

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, Барнаул пр-кт Ленина -46, Алтайский государственный технический университет имени И.И.Ползунова, Загинайлову Ю.Н. тел. (385-2) 29-07-18. E-mail:zun25@mail.ru*

ТЕСТОВАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СОРЕВНОВАНИЙ ПО ЗАЩИТЕ ИНФОРМАЦИИ ФОРМАТА CTF

ТЕПЛЮК П.А., ШАРЛАЕВ Е.В.

Одной из форм проверки и закрепления практических навыков в области защиты информации являются соревнования Capture The Flag (CTF), получившие в последние годы достаточно мощное развитие в россиийских ВУЗах. Как правило, под CTF в области информационной безопасности (ИБ) понимаются командные состязания, целью которых является оценка умения участников атаковать и защищать компьютерные системы [1]. Различают два формата CTF:

– Classical (Attack-Defense) – схема, где каждая команда получает выделенный сервер с набором уязвимых сервисов, который требуется защитить и одновременно эксплуатировать бреши в сервисах противника.

– Task-based (Jeopardy) – схема, где, как правило, участникам предоставляется набор заданий, к которым необходимо найти ответ («флаг») и отправить на проверку тестовой системе.

Большую роль при технической организации соревнований CTF, в частности, формата Task-based, играет правильно разработанная тестовая (проверяющая) система.

Целью работы является разработка тестовой системы для проведения соревнований по информационной безопасности CTF.

Под тестовой системой следует понимать веб-приложение, реализующее в себе следующие функции:

– осуществление регистрации участников (команд);
– произведение авторизации в системе;
– предоставление участникам соревнований списка заданий;
– проверка ответов на правильность;
– добавление подсказок по мере необходимости;
– отображение текущих результатов соревнования;

– сбор и визуализация статистики;
– мониторинг процесса соревнований в реальном времени.

В рамках цели были поставлены следующие **задачи:**

1. выбор технологий и языков программирования для разработки тестовой системы;

2. проектирование, разработка системы и обеспечение ее защищенности.

Выбор и обоснование технологий и языков программирования приведены в статье [2].

Одним из основных этапов создания веб-приложений является проектирование базы данных. Была разработана концептуальная (инфологическая) модель БД. Цель концептуального проектирования состоит в получении семантических моделей, отражающих информационное содержание предметной области. В качестве семантической модели данных была выбрана неформальная модель «Сущность-связь» (Entity-Relationship) как наиболее популярная. Конечная инфологическая модель представлена на рисунке 1.

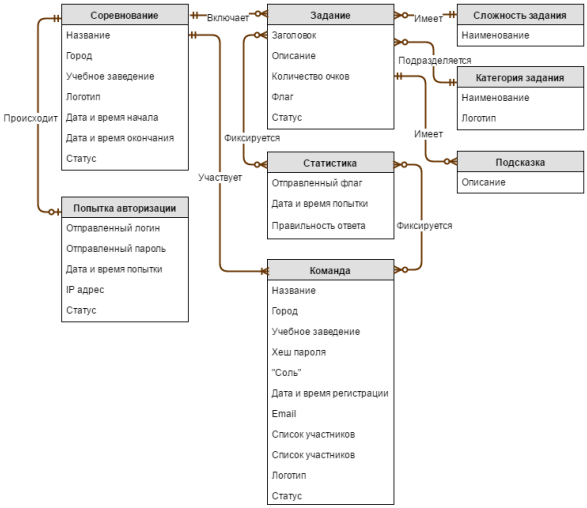


Рис.1. Концептуальная (инфологическая) модель базы данных

На основе приведенных в концептуальной модели сущностей были созданы таблицы в СУБД MySQL и установлены связи между ними.

Следующим шагом разработки стало написание клиентской и серверной части приложения. При создании приложения основной упор ставился на шаблон проектирования MVC (Model-View-Controller). Блок-схема алгоритма работы серверной части тестовой системы приведена на рисунке 2. Пример интерфейса клиентской части системы представлен на рисунке 3.

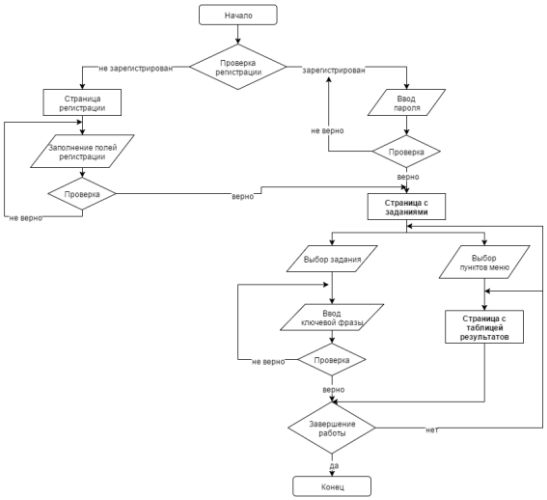


Рис. 2. Общий алгоритм работы приложения

В первой версии веб-приложения была реализована лишь часть функций, описанных в определенном выше понятии «тестовая система»:

- произведение авторизации;
- предоставление участникам соревнований списка заданий;
- проверка ответов на правильность;
- добавление подсказок по мере необходимости;
- отображение текущих результатов соревнования;
- сбор статистики.

Первый вариант тестовой системы был развернут в рамках соревнований по информационной безопасности среди школьных команд AltayCTF^{Sch} 2016. Несмотря на то, что приложение отработало игру без сбоев и ошибок, был замечен ряд недостатков, которые необходимо исправить.

Рис. 3. Интерфейс первой версии приложения

Во-первых, еще до эксплуатации тестовой системы стало очевидным создание формы регистрации, что должно облегчить процесс заполнения базы данных.

Во-вторых, отсутствовало обновление данных в приложении в реальном времени. Для обновления содержимого использовалась стандартная технология Ajax, создающая к тому же достаточную нагрузку на сервер.

В-третьих, серьезным недостатком явилось отсутствие до начала соревнования системы мониторинга, позволяющей в реальном времени отслеживать поведение команд-участниц.

С целью устранения недостатков необходимо сделать следующее:

– добавить форму регистрации;

– использовать протокол WebSocket для обмена сообщениями между сервером и клиентом в режиме реального времени;

– разработать систему мониторинга, которая будет отслеживать весь процесс соревнования в реальном времени.

Помимо вышеперечисленного в тестовую систему требуется добавить средство визуализации хода состязания.

Конечную версию приложения планируется запустить на соревнованиях по ИБ среди студентов AltayCTF 2016.

Литература. 1. Обзор соревнований по компьютерной безопасности CTF [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://pycode.ru/files/ctf/30_Jukova_D_O.pdf, свободный (дата обращения: 02.01.2016). **2.** Теплюк П.А., Шарлаев Е.В. Разработка тестовой системя для проведения соревнований по информационной безопасности CTF // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Инновационные процессы в научной среде» (23 марта 2016 г., г. Киров). – Уфа: МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2016. – С.64-66.

СПИСОК АВТОРОВ

Абанин В.А. - д.т.н., профессор, БТИ АлтГТУ
Абрамов А.Д. - БТИ АлтГТУ
Абулкасымов М.М. - студент, ТУСУР
Айвазян А. Л. - врач стоматолог, частная стоматологическая клиника, врач-ортопед, без степени
Барсуков Р.В. - к.т.н., ООО «ЦУТ АлтГТУ»
Батомункуев Ю.Ц. – к.т.н., доцент, СГУГиТ
Башков И.В. - аспирант, АлтГУ
Бессонов А.С. - доцент, к.т.н., МИРЭА
Бикбулатов А.С. - магистрант ИНК ТПУ,
Бобин А.Ю. - студент, АлтГТУ
Борисов А.П. - доцент, к.т.н., АлтГТУ
Будовских И.А. – магистрант АлтГТУ
Букатый В.И. - д. ф.- м. н., проф., ИВЭП СО РАН
Вавилова Г.В. - старший преподаватель, НИТПУ
Вакар М.Е. - магистрант, БТИ АлтГТУ
Ван Юй – магистрант, НИТПУ
Габитов И.А. - старший преподаватель, ФГБОУ ВО ДГТУ
Галиев А.А. - мл.научный сотрудник, КФУ
Ганжа В.А. – к.т.н., доцент, СФУ
Генне Д.В. - инженер, МИП ООО «ЦУТ АлтГТУ»
Голых Р.Н. - инженер-программист, к.т.н., ООО «ЦУТ АлтГТУ»
Гопаченко Ю.О. - магистрант, АлтГТУ
Гопоненко А.С. - магистрант, ТПУ
Гройпнер Ш - УПА Анхальт
Давидченко М.А. – студент АлтГУ
Дианова А.А. - СГУГиТ
Дмитриев С.Ф. – к.т.н., доцент ФГБОУ ВПО «АлтГУ»
Доровских Р.С. - инженер-программист, ООО «ЦУТ АлтГТУ»
Дробот Д.А. - инженер, ТУСУР
Дробот П.Н. - доцент, канд. физ.-мат. наук, доцент, ТУСУР
Дубровин Ю.В. - студент, АлтГТУ
Евдулов Д.В. - старший преподаватель, ФГБОУ ВО ДГТУ
Евдулов О.В. – к.т.н.,доцент, ФГБОУ ВО ДГТУ
Егорова А.И. - д.м.н., проф., АГМУ
Ермолин К.С. - м.н.с., ИМ УрО РАН
Жданов И.А. - студент АлтГУ
Загинайлов Ю.Н. – к.в.н., профессор АлтГТУ
Зайцева А.А. – магистрант, ТПУ
Захаров О.В. - г.н.с., д.т.н., доцент, ИПТМУ РАН
Зрюмов П.А. - доцент, к.т.н., АлтГТУ
Зрюмов П.А. - доцент, к.т.н., АлтГТУ

Зрюмова А.Г. - доцент, к.т.н., АлтГТУ
Зуев В.В. - д.ф.-м.н., проф., ИМКЭС СО РАН
Зырянова М.Н. - инженер, БТИ (филиал) АлтГТУ
Ивашкин Г.Г – Руководитель проектов ООО «ЦИБ»
Ильченко Е.В. - инженер, МИП ООО «ЦУТ АлтГТУ»
Исмаилов Т.А. - д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО ДГТУ
Ишков А.В. - д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «АГАУ»
Калиниченко Н.П. - к.т.н., доцент, ТПУ
Канайкин И.А. – аспирант, АГМУ
Кантор С.А. - профессор, к.ф-м.н , АлтГТУ
Каптюк И.В. – старший преподаватель, СФУ
Карпов А.В. - д.ф.-м.н., профессор, КФУ
Катасонов А.О. - студент АлтГУ
Кизнерцев С.Р. - с.н.с., к.т.н., ИМ УрО РАН
Кикот В.В. - аспирант, ПГУ
Кириллов А.И. - м.н.с., ИМ УрО РАН
Ковалев М.К. - аспирант, ТПУ
Ковалевич П.В. – старший преподаватель, СФУ
Ковшова К.А. - инженер, БТИ (филиал) АлтГТУ
Королев А.А. - д.т.н., профессор, СГТУ имени Гагарина Ю.А.
Костин К.В. – АлтГТУ
Краснослободцев Р.А. – студент АлтГТУ
Кривецкий А.В. - к.т.н., доцент, НГТУ
Кураков С.А. - научный сотрудник, ИМКЭС СО РАН
Лапшина И.Р. - ассистент, КФУ
Левашев И.А. - студент, АлтГТУ
Леонов Г.В. - профессор, БТИ (филиал) АлтГТУ
Липанов С.И. - аспирант ИМ УрО РАН
Лисаков С.А. - инженер, БТИ (филиал)АлтГТУ
Литвих М.Е. - аспирант, ИВЭП СО РАН
Ма Синсин – магистрант, ТПУ
Мазиков С.В. - магистрант, НИТПУ
Маликов В.Н. - аспирант, ФГБОУ ВПО «АлтГУ»
Машкина Д.Г – студентка АлтГТУ
Машков А.В. - ассистент, СамГТУ
Мирошниченко И.П. – к.т.н., доцент, ДГТУ
Мудриченко Г.В. – студент АлтГТУ
Нестеров В.А. - главный конструктор, к.т.н., ООО «ЦУТ АлтГТУ»
Николаева В.К. - студент, АлтГТУ
Новосельцев В.А. – студент АлтГТУ
Осипов Н.И. - с.н.с., к.т.н., ИМ УрО РАН
Охорзина А.В. - аспирант ИНК ТПУ
Павлов А.Н. - доцент, БТИ (филиал) АлтГТУ
Панченко И.В. - ЦТО «Престиж», п.д.о.

Петухова А.Б. - студент, НГТУ
Пицун Д.К. - аспирант, НГТУ
Повернов Е.С. - начальник центра ВСОУП, БТИ (филиал) АлтГТУ
Поляков В.В. – д.ф.-м.н., профессор, АлтГУ
Пронин С.П. - д.т.н., профессор, АлтГТУ
Радченко С.Е. - к.т.н., н.с., НГТУ
Репетун Д.Ю. - студент АлтГУ
Рюмкин А.В. – студент, НИ ТПУ
Сагалаков А.М. - д.ф-м.н., профессор, АлтГУ
Сапелкин И.В. - аспирант, НИУ «МЭИ»
Сатышев А.С. – старший преподаватель, СФУ
Семенников В.И. - д.м.н., проф., АГМУ
Семенникова Н.В. – доцент, СибГМУ
Серов А.Н - старший преподаватель, НИУ «МЭИ»
Сидоренко А.И. - старший преподаватель, БТИ (филиал) АлтГТУ
Сименс Э. - УПА Анхальт
Синельников А.А. - аспирант, ИВЭП СО РАН
Скабелин И.А. - магистрант, БТИ АлтГТУ
Склярова А.И. - магистрант, СГТУ имени Гагарина Ю.А.
Сливин А.Н. - доцент, к.т.н., БТИ АлтГТУ
Смагин В. И., профессор, д.т.н., НИ ТГУ
Смирнова В.В. – студентка АлтГТУ
Смоляков А.Д. - ассистент, КФУ
Смолянинов А.Ю. – студент АлтГТУ им. И.И. Ползунова
Солдатов А.А. - старший преподаватель, ЧГУ
Стаценко Д.С. – студентка АлтГТУ
Суторихин И.А. - г.н.с., д.ф.-м.н., профессор, ИВЭП СО РАН
Сучкова Л.И. - профессор, д.т.н., АлтГТУ
Сыпин Е. В. - профессор, БТИ (филиал) АлтГТУ
Теплюк П.А. - студент, АлтГТУ
Тукенов Е.С. - аспирант, АГМУ,
Тупикина Н.Ю. - старший преподаватель, БТИ (филиал) АлтГТУ
Тушев А.Н. – к.т.н., доцент АлтГТУ
Устинов Г.Г. - профессор, д.м.н. АлтГМУ
Фроленков И.М. - инженер, ИВЭП СО РАН
Фроленков О.М. - инженер, ИВЭП СО РАН.
Хмелев В.Н. - директор по научной работе, д.т.н., МИП ООО «ЦУТ АлтГТУ»
Хмелёв В.Н. - зам директора по НР, д.т.н., профессор БТИ АлтГТУ
Хорохордин А. Ю. - инженер-лаборант, ООО «Бийский завод стеклопластиков»;
Хуссейн М. - аспирант, АлтГТУ
Цыганок С.Н. - директор по производству, к.т.н., ООО «ЦУТ АлтГТУ»
Черныш Т. - студент, ТУСУР.

Шадрин В.А. - инженер, БТИ (филиал) АлтГТУ
Шалагин И. Е.- магистрант, НИ ТГУ
Шалунов А.В. – зам.директора по научной работе, д.т.н., доцент, ООО «ЦУТ АлтГТУ»
Шарлаев Е.В. - к.т.н., доцент, АлтГТУ
Шацкий Е.В. – инженер по защите информации ООО «ЦИБ»
Шелковников Ю.К. - г.н.с., д.т.н., профессор, ИМ УрО РАН
Шостак А.С. - д.т.н. профессор кафедры КИПР, ТУСУР
Штефан Гройпнер - УПА Анхальт
Шумкова Д.Е. - студент, БТИ АлтГТУ
Эккердт К.Ю. - студент, АлтГУ
Юденков А.В. - старший преподаватель, к.т.н., АлтГТУ
Юрченкова И.В. – студент АлтГТУ
Якимов В.Н. - профессор, д.т.н., профессор, СамГТУ
Якунин А.Г. - д.т.н., профессор, АлтГТУ
Янковская У.И. - аспирант , ИВЭП СО РАН.
Яшин В.Н. - доцент, к.т.н., доцент, СамГТУ

СОДЕРЖАНИЕ

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

Сучкова Л.И. Интервальная оценка параметров линейной модельной функции контролируемого процесса при фиксации периода наблюдения 3

Дубровин Ю.В., Юденков А.В. Проблемы использования разрешения 4к в системах видеонаблюдения 7

Бобин А.Ю., Николаева В.К., Борисов А.П. Исследование распространения сигналов ZIGBEE и NFC в сложных городских условиях 10

Исмаилов Т.А., Евдулов Д.В., Евдулов О.В., Габитов И.А. Автоматизированная система отвода теплоты от элементов радиоэлектронной аппаратуры 15

Шалагин И. Е., Смагин В.И. Применение методов непараметрической статистики для оценивания неизвестного входа и вектора состояния 18

Краснослабодцев Р.А., Тушев А.Н. Исследование эффективности обучения искусственной нейронной сети с предварительной обработкой входных сигналов 21

Левашев И.А., Юденков А.В. Программный продукт для автоматизации подготовки внутренних документов организации 24

Якунин А.Г., Гопаченко Ю.О. Определение приоритетной модели для проектирования сети зарядных станций для электромобилей 26

Смолянинов А.Ю. Оценка электробезопасности производственного объекта с применением аппарата нечеткой логики 29

Юрченкова И.В., Тушев А.Н. Применение нейронных сетей с нечеткой логикой для анализа аварийных ситуаций промышленных объектов 31

Hussein H.M., Yakunin A.G., Suchkova L.I. Storage space saving fordatabase in weather monitoring systemusing data difference techniques 34

РАЗДЕЛ 2 МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Лисаков С.А., Павлов А.Н., Сыпин Е.В., Леонов Г.В. Экспериментальное исследование ослабления оптического излучения в газодисперсной системе «угольная пыль-воздух» 39

Букатый В.И., Литвих М.Е., Эккердт К.Ю. Измерение концентрации и размеров частиц взвеси в пресноводных водоёмах

методом оптической микроскопии 44
Ганжа В.А., Ковалевич П.В., Каптюк И.В., Сатышев А.С. Модернизированный твердомер для контроля прочности аэродромных покрытий содержащихся под слоем уплотненного снега 47
Захаров О.В., Королев А.А., Склярова А.И. Анализ методов оценки круглости деталей подшипников 51
Яшин В.Н. Информационный подход к измерению и контролю основных метрологических характеристик технических средств хронометрии 55
Калиниченко Н.П., Зайцева А.А. Разработка и исследование контрольных образцов и тест-панелей из неметалла с открытыми и тупиковыми трещинами для капиллярной дефектоскопии 59
Ковшова К.А., Лисаков С.А., Сыпин Е.В. Быстродействующий оптико-электронный прибор для определения фальсифицированного мёда 64
Ван Юй, Гольдштейн А.Е. Измеритель толщины оболочки секторной жилы электрического кабеля 69
Сидоренко А.И., Лисаков С.А., Сыпин Е.В. Экспериментальное исследование компенсационного метода для повышения помехоустойчивости оэп обнаружения взрывов 72
Ма Синсин. Методы контроля границ раздела многофазных жидких сред для сепаратора нефти 76
Дробот П.Н. Температурная ошибка преобразования сопротивления в частоту в осциллисторном RF–преобразователе 79
Хмелев В.Н., Барсуков Р.В., Ильченко Е.В., Генне Д.В. Система контроля и автоматического регулирования режима кавитационного воздействия ультразвуковых технологических аппаратов 82
Шадрин В.А., Лисаков С.А., Павлов А.Н., Сыпин Е.В. Разработка пожарного робота на базе квадрокоптера 86
Хмелев В.Н., Шалунов А.В., Доровских Р.С., Нестеров В.А., Голых Р.Н. Определение эффективности ультразвуковых дисковых излучателей при работе в газовых средах 91
Хмелев В.Н., Цыганок С.Н., Шумкова Д.Е., Скабелин И.А. Модернизированный пьезоэлектрический приемный преобразователь 94
Зуев В.В., Кураков С.А., Суторихин И.А., Синельников А.А. Мониторинг гидрологических данных в весенний период на горном водосборе 98
Сапелкин И.В., Смагин А.В., Ходырева В.С. Исследование интервального критерия определения установившегося значения переходного процесса в измерительной цепи 101

Мирошниченко И.П. О моделировании оптических полей Интенсивности в интерференционных картинах, создаваемых лазерным измерителем перемещений 104
Серов А.Н. Исследование метода измерения частоты сигнала на основе квадратурной демодуляции 107
Радченко С.Е., Кривецкий А.В., Пицун Д.К., Петухова А.Б. Алгоритм обнаружения изменения состояния сверхпроводникового квантового бита 111
Дробот Д.А. Эффективность сенсоров с частотным выходом в информационно-измерительных системах 114
Тупикина Н.Ю., Сыпин Е.В., Лисаков С.А., Повернов Е.С., Павлов А.Н. Трёхканальный оптико-электронный прибор двух спектральных отношений 118
Батомункуев Ю.Ц., Дианова А.А. Исследование объемной зонной пластины с малым количеством зон 121
Зырянова М.Н., Сыпин Е.В., Лисаков С.А. Экспериментальное исследование применимости метода спектральной пирометрии для задачи быстрого определения возгорания в пылегазовоздушных смесях 124

РАЗДЕЛ 3 ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ КОМПЛЕКСЫ

Дмитриев С.Ф., Ишков А.В., Маликов В.Н., Сагалаков А.М., Катасонов А.О., Репетун Д.Ю. Вихретоковая измерительная система для исследования дефектов сплавов 130
Дробот П.Н. Измерительная система температуры почвы большой площади в многочисленных распределенных точках на основе осциллисторных сенсоров с частотным выходом 133
Dmitriev S.F., Ishkov A.V., Malikov V.N., Sagalakov A.M., Davydchenko M.A., Zhdanov I.A. Subminiature eddy-current transducers for conductive materials research 136
Мишенина Е.С., Хохлова Е.В., Зрюмова А.Г., Пронин С.П. Исследование метрологических характеристик программно-аппаратного комплекса на основе платы сбора данных ЛА-50, используемого для контроля всхожести зерен пшеницы 139
Дмитриев С.Ф., Ишков А.В., Маликов В.Н., Сагалаков А.М., Катасонов А.О., Жданов И.А. Исследование эпюра вносимого напряжения втп при исследовании переходов сталь-диэлектрик 142
Хорохордин А. Ю., Абанин В.А. Оценка эффективности обучения нейронных сетей для прогноза механической прочности стеклопластиковых стержней 145

Дмитриев С.Ф., Ишков А.В., Маликов В.Н., Сагалаков А.М., Катасонов А.О., Репетун Д.Ю. Разработка системы фильтрации для повышения качества вихретокового неразрушающего контроля 147
Якимов В.Н., Машков А.В. Программное обеспечение измерительной системы для оперативного вычисления оценок спектральной плотности мощности 151
Сатышев А.С., Ганжа В.А., Ковалевич П.В., Каптюк И.В., Панченко И.В. Измерительный комплекс для контроля силы сопротивления снежно-ледяных образований резанию дисковым инструментом 155
Хмелёв В.Н., Сливин А.Н., Абрамов А.Д., Вакар М.Е. Стенд для контроля качества шва, формируемого при ультразвуковой сварке термопластичных материалов 158
Солдатов А.А. Гипотетическая модель автоматизированной системы диагностики недостоверного учета электроэнергии 162
Гопоненко А.С., Ковалев М.К., Гройпнер Ш., Сименс Э. Структурные особенности разработки системы определения зоны освещенностидля интеллектуальной системы освещения 165
Рюмкин А.В., Вавилова Г.В. Выявление локальных дефектов изоляции провода с помощью измерителя емкости 169
Охорзина А.В., Бикбулатов А.С. Управление автономной гибридной солнечной энергетической установкой 172
Кириллов А.И., Шелковников Е.Ю., Кизнерцев С.Р. Выделение и фильтрация полезного сигнала в информационно-измерительной системе для изучения прочностных характеристик композитных материалов 175

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

Башков И.В., Поляков В.В., Устинов Г.Г. Измерение характеристик структуры желчных камней с помощью атомно-силовой микроскопии 179
Букатый В.И., Суторихин И.А., Фроленков О.М., Фроленков И.М. Суточная динамика концентрации хлорофилла “а” в бессточном озере Красиловское 182
Айвазян А.Л., Семенников В.И., Семенникова Н.В., Канайкин И.А. Клинико-лабораторные тесты эффективности лечения короно-радикулярных переломов премоляров верхней челюсти 185
Семенникова Н.В., Егорова А.И., Семенников В.И., Тукенов Е.С. Показатели конусно-лучевой компьютерной томографии как контроль результатов лечения фотодинамической терапии одонтогенных кист и гранулем, осложненных верхнечелюст-

ным синуитом 187
Суторихин И.А., Фроленков И.М., Янковская У.И. Спектральная прозрачность воды Телецкого озера 189
Мудриченко Г.В., Тушев А.Н. Анализ временных рядов, полученных из отчетов лечебно-профилактических учереждений, с помощью нейросетевого подхода 195
Зрюмов Е.А., Зрюмов П.А., Кадиров Р.В. Новый алгоритм измерения сердечного ритма человека на основе смартфона 197
Смирнова В.В, Тушев А.Н. Применение нейронных сетей для выявления диагностических признаков сердечно-сосудистых заболеваний по параметрам электрокардиограмм и дискретным отчетам электрокардиограмм 200
Новосельцев В.А., Тушев А.Н. Применение искусственных нейронных сетей для анализа онкологических заболеваний по рентгеновским снимкам и экспрессии генов 203

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

Каптюк И.В., Ганжа В.А., Ковалевич П.В., Сатышев А.С., Панченко И.В. Регрессионная модель процесса взаимодействия дискового режущего инструмента со снежно-ледяными образованиями 207
Бессонов А.С. Виртуальные приборы для решения интегральных уравнений 210
Кикот В.В. Исследование возможностей уменьшения температурной погрешности пьезодатчиков динамического давления жидких и газообразных сред 213
Абулкасымов М.М., Черныш Т.Г., Шостак А.С. Метод неразрушающего контроля состояния взлетно-посадочной полосы 217
Ермолин К.С., Шелковников Ю.К., Осипов Н.И. Повышение надежности работы акустического микроскопа с циркулятором 219
Липанов С.И. Применение аппарата нечеткой логики для распознавания СТМ-изображений 223
Вавилова Г.В., Мазиков С.В. Первичная и «рабочая» настройки измерителя емкости САР-10.1 226
Костин К.В., Кантор С.А. Математическая модель одной задачи оптимизации графика перевозки грузов 230
Сапелкин И.В., Смагин А.В., Воронин С.А. Способы коррекции динамических характеристик измерительных цепей 233
Костин К.В., Кантор С.А. Использование генетического алгоритма для оптимизации графика перевозки грузов 235

РАЗДЕЛ 6 ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Будовских И.А., Загинайлов Ю.Н. Оценка применимости для аудита безопасности государственных ис методики определения угроз безопасности информации, разработанной ФСТЭК России 240

Николаева В.К., Шарлаев Е.В. Формирование профессиональных компетенций будущих специалистов в информационной безопасности с помощью игровых технологий 243

Карпов А.В., Смоляков А.Д., Лапшина И.Р., Галиева.А. Алгоритм сверки шкал времени в системе генерации и распределения ключей шифрования в многолучевом радиоканале 247

Загинайлов Ю.Н., Ивашкин Г.Г., Стаценко Д.С. Разработка методических рекомендаций по организации деятельности операторов электронного документооборота 250

Ребро И.В., Шарлаев Е.В. Система обнаружения сетевых вторжений на основе современных механизмов искусственной иммунной модели 252

Загинайлов Ю.Н., Машкина Д.Г., Шацкий Е.В. Разработка комплекса документов по защите информации при переводе денежных средств с использованием национальной платёжной системы 256

Теплюк П.А., Шарлаев Е.В. Тестовая система для проведения соревнований по защите информации формата CTF 259

Contents & Annotations

1. General questions of analysis and design of software and hardware to solve problems of measurement, control and automation

Suchkova L. **Interval estimation of parametres of linear modelling function of controllable process at fixing of phase of observation. *** In paper the mode of an evaluation of interval estimations of parametres of the linear modelling function describing inspected quasidetermined process is considered. The evaluation is based on representation of process by modelling function and support function. Methods of an evaluation of a measure of adequacy of interval estimations of parametres of modelling function are offered at the fixed interval of observation. 3-7

Dubrovin Y.V., Yudenkov A.V. **The problem of the use of 4K resolution in video surveillance systems. *** This article presents a review of main characteristics and features of application of the standard 4K, considered the feasibility of its application, analyzed alternative standards. The materials contained in the article, can be used in the design of video surveillance systems. 7-9

Bobin A.Y, Nicolaeva B.K., Borisov A.P. **Research of distribution of signals Zigbee & NFC in difficult city conditions**. * It was explored the spread of ZigBee and NFC signals in complex urban environments during this work. It was calculated the loss in a wireless channel (in%), as well as in free space (dB). It was plotted the dependence of the loss in free space from the distance between a transmitter and a receiver. Conclusions about the claimed range ofXbee Pro S2 modules and the range obtained in the experiment were maid. It was detected the degree of signals' pass through various materials and the distance for stable data communication for NFC. 10-15

Ismailov T.A., Evdulov D.V., Evdulov O.V., Gabitov I.A. **Automated system for removal of heat from the electronics elements. *** We consider the design of a system of heat removal REA elements, operating in the intermittent heat. Describes its scope and advantages over existing analogues, namely, to more reliable performance and lower exhaust gas-controls the pause in the operation of electronic device. 15-18

Shalagin I.E., Smagin V.I. **Application methods of nonparametric statistics for estimating the unknown input and the state vector. *** The problem of estimating a state vector for model with unknown input is considered. Researches are executed, and results of modeling of processing of information with use of recurrent estimates and methods of nonparametric statistics are received. It is shown that application of the recurrent estimates using methods of 18-21

nonparametric statistics allows improves the accuracy of information and measuring systems.

Krasnoslabodtsev R.A., Tushev A.N. **The research of efficient of training neural nets with preliminary transform of inputs**. * This work is about the training of neural nets for face recognition with preliminary signal filtering. For filter is used Sobel method of edge detection. Final error for training set with 256 gradations is less two times then with original set. So, this approach have important opportunities. 21-23

Levashev I.A., Yudenkov A.V. **A software product for automating the production of internal documents of the organization. *** This article describes the algorithm of creating a software product that allows one you to import the data from the curriculum, supports data editing, control of completeness and substitution. A software product designed to support the learning process in higher education institutions. 24-26

Yakunin A.G., Gopachenko J.O. **Defining priority model for the design of a network of charging stations for electric vehicles. *** A general approach to the service network design problem of electric charging stations based on a queuing system simulation is proposed. The basic steps to solve this problem are formulated 26-29

Smolyaninov A. **Estimation of electrical security on production factory using fuzzy logic approach** . * This article contains introduction of risk estimation method which is based on combination of decision and fuzzy logic theories, basic formulas for calculation of total integral risk amount and also appliance of this method in automation of expert data processing. 29-30

Yurchenkova I.V., Tushev A.N. **The using of neural nets with fuzzy logics for power supply failure in factories**. * We use approach of application of neural nets with elements of fuzzy sets for analyses and prognosis power supply failures in industry. For research it is important to have own program application , because existing toolboxes in matlab or in another systems lacks of necessary suppleness in fuzzy logic. 31-34

Hussein H.M., Yakunin A.G., Suchkova L.I. **Storage space saving for database in weather monitoring system using data difference techniques. *** An optimized method for storing weather-monitoring data in the database has been investigated and evaluated. The method saves more than 78% of the storage space. 34-38

2. Methods and means of measurement

Lisakov S.A., Pavlov A.N., Sypin E.V., Leonov G.V. **Experimental research of optical radiation attenuation in dispersed** 39-44

system «coal dust-air». * Experimental research of optical radiation attenuation in dispersed system «coal dust-air» is executed. The method of coal dust preparation with set dispersity and method of research carrying out are developed. The block diagram of laboratory setup is offered. Experimental dependences of absorbance in dispersed system «coal dust-air» from wavelength at various concentration of coal dust are obtained. Data about experimental absorbance and results of theoretical calculations are coordinated with each other.

Bukaty V.I., Litvih M.E., Ekkerdt K.U. **Measurement of concentration and size of particles insuspended matter off resh water bodies using optical microscopy. *** The paper presents the results of measurements of number concentration and size of particles in suspended matter in the surface layer of freshwater lakes of Altai Krai in different seasons during 2012-2016. The number and size of suspended particles were evaluated using the Nageotte counting chamber and the light microscope Nikon Eclipse 80i. The measurement results showed that the weight-average radius of the particles in the surface layer of Lake Lapa for the study period was 1.1 μm, and in Lakes Krasilovskoe and Bol'shoeOstrovnoe it was 1.4 and 1.3 μm, respectively. The average value of the number concentration of suspended particles in the lakes under study varied from $0.2x10^6$ cm^{-3} to $9.7x10^6$ cm^{-3}. 44-47

Ganzha V.A., Kovalevich P.V., Kaptyuk I.V., Satyshev A.S. **Upgraded hardness tester to control the strength of airfield pavements contained under a layer of compacted snow. *** The article describes the design of the upgraded device that provides operational control of the field strength of compacted snow airfields. 47-50

Zakharov O.V., Korolev A.A., Sklyarova A.I. **The analysis evaluation methods of roundness of bearing parts. *** One of the most commonly used parameters in the control of complex form of workpieces is roundness. In this paper the analysis of the three methods of calculation of roundness by using Maximum Inscribed Circle, Least Squares Circle, Minimum Zone Tolerance Circle. Input data were coordinates, obtained by the control the outer surface of the rollers and the inner surface of the raceways ring bearing on the precision roundness measurement instrument, the toroidal profile of the raceways bearing rings on the Coordinate Measuring Machine. Based on these studies revealed that in all cases, the best result provides the use of Minimum Zone Tolerance Circle from the mean value and standard deviation of roundness by a kit of bearing parts. 51-55

Yashin V.N. **An information approach to measurement and control of basic metrological characteristics of technical means** 55-59

of timekeeping. * An information approach to measurement and control of basic metrological characteristics of means of timekeeping is discussed. The similarity and difference between measurement and control of one of the basic metrological characteristics of technical means of timekeeping – of an instant daily course – is shown. Results allow methodologically correct analysis of measurement and control processes in field of timekeeping, and in general practice of measurement and control of physical quantities.

Kalinichenko N.P., Zaitseva A.A. **Development and investigation of check samples and test-panels of non-metal open-and dead-end fractures for liquid penetrant inspection.** * The variant of nonmetal check sample and test-panel for liquid penetrant inspection, which includes cracks, corresponding to different classes of sensitivity, are considered. The first variant, the cracks having access to a side surface of the panel. The second variant, cracks are formed in central part of the panel surface. Separation of the test-panel on two parts allows evaluating the penetrant material ability for defects detection in materials and comparing penetrant material sets of each other. These variants of test-panel can be as a check sample, because the defects are performed with the specified parameters. Also discusses options for the control of crack depth. 59-64

Kovshova K.A., Lisakov S.A., Sypin E.V. **High-speed electro-optical device for determining of adulterated honey. *** Article describes a method for determining the difference of adulterated and natural honey by spectral analysis. Features of the method are formulated. The technique of carrying out research, design of laboratory setup and the block diagram of a household appliance were developed. Spectral characteristics transmittance transmittances of the honey were received a result of an experimental study. Product was received from honey and sugar syrup by interfusion. The comparative analysis of the received spectral characteristics transmittance was carried out. 64-69

Wang Yu. **Eddy current measurer of the thickness of the insulation shell of sectored cable core**. * This paper mainly introduces the theoretical basis of eddy current sensor measurement and the principle of eddy current thickness gauge. As the most efficient method for solving the problem of Measuring the thickness of electric cable's insulator under the specified conditions is using overhead eddy current transducer. Experimentally determined relationship between the load voltage and change of the gap between the body of the transducer and the surface shape of cable. At last made the device using Labview. 69-72

Sidorenko A.I., Lisakov S.A., Sypin E.V. **Experimental investigation of the compensation method for increase of the noise stability of explosion detection EOS. *** The article describes features of use of a compensation method of optical noises suppression for the explosion detection electro-optical systems. Results of experimental investigation of compensation method efficiency are given. 72-76

Ma Xingxing. **Methods control multiphase fluid media for oil separator. *** Abstract: In the oil industry, huge saving may be made if suitable multi-interface level measurement systems are employed for effectively monitoring crude oil separators and efficient control of their operation. A number of techniques, e.g. externally mounted displacers, differential pressure transmitters and capacitance rod devices, have been developed to measure the separation process with gas, oil, water and other components. Because of the unavailability of suitable multi-interface level measurement systems, oil separators are currently operated by the trial-and-error approach. In this paper some conventional techniques, which have been used for level measurement in industry are discussed. 76-79

Drobot P.N. **Temperature error of resistance conversion to frequency of the oscillistor RF – converter. *** Show the effect of temperature on the readings oscillistor RF-converter ohmic resistance in the AC signal frequency. On the basis of the experimental output characteristics of the oscillistor temperature sensor and oscillistor RF-converter made a quantitative analysis of the temperature dependence of the absolute and relative error of resistance-to-frequency conversion, set their linear nature. Installed temperature ranges in which the temperature error can be ignored for most practical measurements. 79-82

Khmelev V.N., Barsukov R.V., Ilchenko E.V., Genne D.V. **Ultrasonic apparatus cavitation impact control and automatic regulation system**. * The article is devoted to the cavitation control system integration into the ultrasonic equipment which was designed to affect the liquids. The results of the modernized equipment efficiency research are provided. 82-86

Shadrin V.A., Lisakov S.A., Pavlov A.N., Sypin E.V. **Development of fire robot based on quadcopter.** * Article describes basic decisions on construction of the fire robot based on a quadcopter. The fire robot carries out patrol of a premise for detection of a fire and its liquidation. The basic technical requirements are formulated for the fire robot. The block diagram and constructive blocks for robot realization are offered. Hardware of the fire robot movement control system and method of video signal processing for fire detection are chosen. 86-91

Khmelev V.N., Shalunov A.V., Dorovskikh R.S, Nesterov V.A., Golykh R.N. **Measurement of acoustic power introduced into the gas medium ultrasonic devices with disk radiators.** * In work presents the results of research aimed at the determining the quantity of the acoustic energy output in gas media using ultrasound devices with disk radiators, by measuring the consumed electric power at various static pressures of the gas in a confined volume. The developed method allows us to estimate the real values of the radiated acoustic power, in contrast to methods based on the measurement of sound pressure levels at certain points of environment. 91-94

Khmelev V.N., Tsyganok S.N., Shumkova D.E., Skabelin I.A., **Modernized piezoelectric receiving transducer. *** The article is devoted to the realization of contact method of measuring of amplitude of mechanical vibrations of ultrasonic frequency. Results of developing of piezoelectric receiving transducer for measuring of amplitude of vibration of working instrument of ultrasonic vibration system. 94-98

Zuev V.V., Kurakov S.A., Sutorikhin I.A., Sinelnikov A.A. **Monitoring of hydrological data in the spring on a mountain catchment.** * The article considers the data from the autonomous measuring complexes, collected in the period of the active snow melting from 08.03.16 to 02.04.16 in the river basin Miyma. Also it presents the description of the measuring complexes and methods of registration of hydrological data 98-101

Sapelkin I., Smagin A., Khodyreva V. **Interval criterion of the steady-state of the transient in the measuring circuit.** * This paper describes the criterion of the end of the transient in the measuring circuit. The circuit model is represented by a dynamic element of the first order. The dependence of the critical value of the maximum time constant of the measuring circuit is found. 101-103

Miroshnichenko I.P. **On the modeling of optical field intensity in the interference patterns, generated by a laser displacement meter.** * The proposed new mathematical models and software for modeling optical field intensity in the interference patterns, generated by a laser displacement meter, with the features of measuring system and type of beam splitter. 104-107

Serov A.N. **A study of a measuring method of frequency based on the quadrature de-modulation.** * The frequency measurement is one of the most popular tasks of measuring equipment. There are currently a large number of digital methods of measuring frequency. From the point of view of the metrological characteristics, these methods differ in the sensitivity to the signal harmonics, noise and flicker. The report describes the method of measurement based on application of the quadrature demodulation technique. This method 107-111

is characterized by low sensitivity to indicated affecting values due to the possibility of applying digital filters of various types.

Radchenko S.E., Krivetsky A.V., Pitsun D.K., Petukhova A.B. **Superconducting Q-bit State Shift Detection Algorithm Based on Statistical Data Processing.** * Uniformly the most powerful invariant stochastic algorithm was developed to detect superconducting quantum bit state shift using the contrast change in the resonant frequency of the associated RF resonator. Detection of the frequency change is based of testing of statistical hypotheses concerning the parameters of the linear approximated phase-frequency characteristics of the resonator. Statistical simulation results proved the eficiency of the algorithm supposed using small sample sizes and confirmed the possibility of its practical application. 111-114

Drobot D.A. **The effectiveness of sensors with frequency output in the information-measuring systems**. * The efficiency of using oscillistor temperature sensors with frequency output in multichannel measuring systems with data transmission over wired lines for remote monitoring of soil temperature in multiple points of measurement over a large area, for remote measurement of the temperature of the sea depths and geological wells. The result is greatly simplified circuitry and minimizes the unit cost per measuring channel with high accuracy. 114-117

Tupikina N.Y., Sypin E.V., Lisakov S.A., Povernov E.S., Pavlov A.N. **Three-channel optical-electronic device of two spectral ratios.** * The three-channel optical-electronic device of two spectral relations is described in article. The theoretical construction principles of the device are formulated. The technical solutions for device implementation were worked out by the results of the carried out computer simulation. Carrying out tests of the developed device became the end of work. The result was the testing of the developed device. 118-121

Batomunkuev Y., Dianova A. **Research volume zone plate with small number of zones.** * The paper numerically investigated the focusing and aberration properties of volume zone plate with small number of zones. It is shown that most significant transverse aberration is aberration of the 3rd order, whose radius is greater than operating wavelength 3 times. While the radius of the transverse aberrations of the 1st and 5th orders do not exceed 6 μm. 121-124

Zyryanova M.N., Sypin E.V., Lisakov S.A. **Experimental investigation of the applicability of the method of spectral pyrometry for the task for rapid fire detection in dust-gas-air environments.** * The article describes the results of experiments that aim to study the possibility of using the spectral pyrometry method for 124-129

fire detection in dust-gas-air environments.

3. Information systems, the measuring and operating complexes

Dmitriev S.F., Ushakov A.V., Markov V.N., Sagalakov A.M., Katasonov A.O., Repetun D.Y. **Eddy current measuring system for investigating defects in alloys**. * A miniature eddy current transducer (v.t.p.) transformer type. On the basis of the inverter built hardware and software system that allows for transition testing steel-insulator. Designed system to automatically move the sample to the object of control. Results of the sample test results. 130-133

Drobot P.N. **Measuring soil temperature system for large-area distributed in numerous locations on the basis of oscillistor sensors with frequency output**. * The perspective of using oscillistor temperature sensors with frequency output in multichannel measuring systems with data transmission over wired lines for remote monitoring of soil temperature in multiple points of measurement over a large area. The result is greatly simplified circuitry and minimizes the unit cost per measuring channel with high accuracy. Presents the main characteristics oscillistor temperature sensor with frequency output. 133-136

Dmitriev S.F., Ishkov A.V., Malikov V.N., Sagalakov A.M., Davydchenko M.A., Zhdanov I.A. **Subminiature Eddy-Current Transducers for Conductive Materials Research.** * On the basis of the eddy-current transducer (ECT) of transformer type sensor has been developed. It allows exploring metal-insulator-metal, aluminum-magnesium alloy structure and titanium. Block diagram of the sensor, basic technical information were presented (the number of 10-130 turns, the value of initial magnetic permeability of the core μmax=500). The scheme of computer application as a generator and receiver of signals from the windings has been considered. Measurements technique which allows high-precision control of defects in composite materials, titanium and aluminum-magnesium alloy has been described. As a part of the study, the transducer has been tested at a number of facilities: aluminum-magnesium alloy 5.5 mm thick and titanium 5 mm thick. The article shows the dependence of the (ECT) signal from the defect in these structures. 136-139

Mishenina E.S., Khohlova E.V., Zryumova A.G., Pronin S.P. **Research metrological characteristics of hardware and software complex pay-data collection LA-50, used to control the germination of wheat grains. *** The research found that the complex pay-data collection LA-50 is suitable for the study of the action potential of wheat grains, and can be used in experimental studies of germination of grain 139-142

Dmitriev S.F., Ishkov A.V., Malikov V.N., Sagalakov A.M., Katasonov A.O., Zhdanov I.A. **Study the diagram of the voltage ECT contributed in the study of steel-insulator transitions. *** A miniature eddy current transducer (v.t.p.) transformer type. On the basis of the inverter built hardware and software system that allows for transition testing steel-insulator. Designed system to automatically move the sample to the object of control. Results of the sample test results 142-145

Horokhordin A.Yu., Abanin V.A. **Assessment of learning efficiency of neural networks for the forecast of mechanical durability of fiberglass cores *** In article to be carried out the analysis of methods estimates of learning efficiency of a neural network for forecasting of mechanical durability of fiberglass cores. 145-147

Dmitriev S.F., Ishkov A.V., Malikov V.N., Sagalakov A.M., Katasonov A.O., Repetun D.Y. **The development of filtration systems to improve the quality of eddy current non-destructive testing**. * A miniature eddy current transducer (v.t.p.) transformer type. A scheme of using a computer as a generator and signal receiver windings, it can be used to automatically change the filter cutoff frequency and operating frequency of the instrument. The technique of measurement that allows to make the control of defects in various alloys. Eddy current transducer has been successfully tested on Al-Mg alloy. The results of the testing device. 147-151

Yakimov V.N., Mashkov A.V. **The software of the measurement system for operative calculation estimated the power spectral density.** * The problem of reducing the computational cost of the digital estimation of power spectral density of a random process of correlogram method by sign-analog stochastic quantization. The software as part of a information-measuring complex system has been developed to solve the problem. In the development of a multi-level approach was used, enabling flexibility and extensibility, scalability of the development process, interchangeability of components and the ability to re-use. 151-155

Satyshev A.S., Ganzha V.A., Kovalevich P.V., Kaptyuk I.V., Panchenko I.V. **The measuring system for monitoring the resistance force of the snow-ice formations cutting disk tool.** * The article describes measuring system for the control of the resistance force of the snow-ice formations cutting disk tool. 155-158

Khmelev V.N., Slivin A.N., Abramov A.D., Vakar M.E. **The stand for quality control of the seam formed at ultrasonic welding of thermoplastic materials. *** The article presents the results of development of the stand for quality control of the weld formed by ultrasonic welding. Proposed, developed and practically used stand enabled the control of the process of formation of the weld 158-162

seam at ultrasonic welding. The results allowed us to visually investigate the process and set the welding for maximum seam quality.

Soldatov A.A. **Hypothetical model unreliable automated electricity metering system diagnostics.** * In this paper we propose a model of the automated monitoring systems and diagnostic information-tionally-measuring systems which keep records of electricity distribution substations, dividing grid companies. The scheme of the main parts of the control device and dia-gnostics accounting system of electricity substation. 162-165

GoponenkoA.S., Kovalev M.K., Greupner S., Siemens E. **Structural features of detection area system development for smart lighting system** * In the paper development of structural and functional schemes of smart lighting system is considered. The requirements to the parts of smart lighting system were proposed that must be taken into account in order to successfully implement both hardware and software parts of the system. The scenarios of smart lighting system's work were developed. 165-169

Ryumkin A.V., Vavilova P.P. **Detection of the wire insulation point defects by the device testing of wire capacitance per unit length.** * The paper descries the operating principle of the device CAP-10, it shows the opportunity to detection point defects of type of a wire insulation: an insulation stripping, a local thickening, a pinholes. 169-172

Okhorzina A.V. Bikbulatov A.S. **Management of the autonomous hybrid solar power installation.** * The article presents the autonomous hybrid PV/T installation. It provides a short description of its components and a description of control and management program for the installation 172-175

Kirillov A.I., Shelkovnikov E.Yu., Kiznertsev S.R. **Allocation and filtration of a useful signal in information and measuring system for studying of strength characteristics of composite materials**. * In article the main requirements to the block of allocation and a filtration of a signal in information and measuring system for studying of strength characteristics of composite sealing materials are considered. The analysis of process of formation of information signal is given, the block diagram of the filter for his allocation in the static and dynamic modes is offered. 175-178

4. Measurement, control, automation and informatization in medicine and ecology

Bashkov V.I., Polyakov V.V., Ustinov G.G. **Measurement of structure characteristics of gallstones on the basic of atomic force microscopy.** * The paper proposes a new method of measuring characteristics of individual structural elements of the gall 179-182

stones. This technique consists in obtaining three-dimensional topography of the surface of the cone gall stone by using atomic force microscopy. Describes the operation of the atomic force microscope. Set out the methodology developed for the preparation of the image gallstones to study the atomic-force microscope. The results of measurements for bile stone, with the structure in the form of concentric layers and clearly you eleusinia areas of core and shell. The obtained atomic force image allows co-lionstone to estimate the size and structural features of some structural elements that form a gallstone.

Bukatov V.I., Sutorikhin I.A., Frolenkov O.M., Frolenkov I.M. **Daily dynamic of chlorophyll concentration "a" terminal lake Krasilovskoe.** * The results of daily measurements of hydrodynamics and hydro-biological parameters Lake Krasyliv (Altai region) for 2013-2015. In the study according to the study parameters (indicator light attenuation, water temperature, chlorophyll concentration) from the depths of lakes in different seasons found that has place its significant temporal heterogeneity, as evidenced by the dynamics of the curve of the attenuation of light in the vertical of the test reservoir, which may be due to processes going on at the water - the atmosphere, as well as with the daily migration of planktonic organisms. 182-185

Aivazyan A., Semennikov V., Semennikova N., Kanaykin I. **Kliniko-laboratory tests of the effectiveness of the treatment of the crown-radicular breaks of the premolars of the upper jaw the numbered list of references to the literary sources.** * Is investigated the effectiveness of author's the procedure of the treatment of the longitudinal breaks of premolars (patents RF № 139251, № 139354), undergone medical treatment 47 premolars to patients age from 20 to 57 the years. Tests of the effectiveness: the manifestation of painful syndrome according to the scale Of khossli - Bergmann; index PMA in the modification Parma (1960). Hemophilia of gums To myullemanu), the mobility of teeth ("PeriotestS") and the roentgenography of sub-, through 3,6 and 12 months after treatment. Statistical processing according to the program Statistika 6.0, also of the criterion Wilcoxon with $p<0,05$. Restoration of all parameters it is observed on 30 day ($p<0,02$). 185-187

Semennikova N., Egorova A., Semennikov V., Tukenov E. **Indices of conical-beam computer tomography as the control of the results of treating the photodynamic therapy of odontogenous cysts and granulomas, complicated by upper maxillary sinusitis** * For the purpose of an increase in objectivity and accuracy of the roentgenological estimation of the state of the cloths of periodontium and upper maxillary sine during the treatment of 187-189

radicular cysts and granulomatous periodontitis with FTD (patent RU № 2543031 , of that complicated by odontogenous upper maxillary sinusitis, is used conical- beam computer tomography. To determine the high efficiency of the procedure of the treatment of radicular cysts and chronic granulomatous periodontitis proposed, complicated by upper maxillary sinusitis, to avoid in the majority of the cases of cystektomy and sinusotomy.

Sutorikhin I.A., Frolenkov I.M., Yankovskaya U.I. **Spectral water transparency of Teletskoe lake.** * In July and August 2013 and July 2015, during field work on the boat IWEP SB RAS, measurements were made of the spectral transparency of the water of Lake Teletskoe. Measurements were carried out in the wavelength range of 400-800 nm, by sampling at different depths in different parts of the lake waters. Values of spectral attenuation of light water produced in different places of the lake waters at different depths in 2013 and 2015. 189-194

Mudrichenko G.V., Tushev A.N. **Analyses of summary reports of hospitals with time serial methods, using neural nets** * Work is devoted to dynamic research of medical statistical data by time series. Usual reports of diseases and days of visits to clinics could not spot tendencies in the development of illnesses in time intervals. Modern methods of time series analyses, using neural nets will discovers hidden factors in epidemiology of regions. 195-197

Zrymov E.A., Zrymov P.A., Kadirov R.V. **The new algorithm heart rate measurement human based smartphone. *** As a result of the work created a new algorithm and application to measure the heart rate of man for Android 197-199

Smirnova V.V. , Tushev A.N. **Neural nets application for diagnostic signs of cardiovascular diseases on parameters electrocardiogram and discrete signal samples** * The aim of this work is to compare methods of training of neural networks with inputs of parameters electrocardiogram and inputs of discrete signal samples. It is shown that using discrete signal samples required more complex methods of training neural nets, but has some advantages with big data of examples electrocardiograms 200-203

Novoceltsev V.A., Tushev A.N. **Neural nets approach in oncology, using gene expression and roentgenograms** * This work is about comparison the qualities of training neural nets in two classical oncology problems: tumors detectios by gene expressions and by roentgenograms. Classical method backpropagation is not detected significant differences in training for training sets of big volume. It is necessary to use more advanced approaches, especially deep learning. 203-206

5. Elements, devices and software for measurement, control and informatization

Kaptyuk I.V., Satyshev A.S., Ganzha V.A., Kovalevich P.V., Panchenko I.V. **The regression model of the interaction of the cutting disk with the snow-ice formations .** * The article describes the process of obtaining the regression model fracture snow and ice formations rotary cutting tool in a temperature range of 0 to -30 ° C. 207-210

Bessonov A.S. **Virtual instruments for solving integral equations**. * The LabVIEW advantages for measuring systems development are pointed. It is proposed to create a virtual instruments library for the solution of the integral equations. An example of the virtual instrument, built using only core tools, is described in detail. The created software is used to teach students. 210-213

Kikot V.V. **Researh of possibilities of reduction of temperature error of the dynamic pressure piezosensors of liquid gaseous media.** * The possibilities of improving the accuracy of measurement of dynamic pressure piezosensor under conditions of unsteady fluid temperature are considered. The results of the experiments for determining the temperature dependences of the capacitances of the piezoelements, of output signal of the piezosensor are presented. The block diagram of the secondary measuring converter with temperature error correction are describes. 213-217

Abulkasymov M.M., Chernysh T.G., Shostak A.S. **The method of nondestructive testing condition runway.** * In this article, we have investigated the influence of heterogeneous distribution of the dielectric parameters of rain and ice on the formation of the reflection coefficient of a flat horizontally polarized wave at normal incidence to the surface of the runway of the airfield. The safety of aircraft in adverse weather conditions is dependent on timely and accurate monitoring of the condition of the runway. 217-219

Yermolin K.C., Shelkovnikov E.Yu., Osipov N.I. **Increase of reliability of work of an acoustic microscope with a circulator** * Questions of increase of reliability of work of an acoustic microscope with a circulator are considered. Modeling of functioning of a circulator in the environment of MicroCap 9.0 with application of the Monte-Carlo method was executed. Dependences of a relative error of an output signal from dispersion of face values of radioelements are received. 219-223

Lipanov S.I. **Use of the of fuzzy logic technique for identification of STM-images**. * Questions of identification of STM-images with use of the of fuzzy logic technique are considered. For identification STM-profilograms the method based on Sugeno's algo- 223-226

rithm is offered. It is shown that degree of identification STM-profilograms with application of a new technique is higher, and computing realization is much simpler in comparison with Mamdani's algorithm.

Vavilova G.V., Mazikov S.V., **Unitial and "working" adjustment device CAP 10.1.** * Showing functionality capacitance meter CAP 10.1, represented by his appearance. Proposition wife Methodology for initial setup capacitance meter, which consists in finding coefficients of conversion signal measurement information to a value per unit length of wire capacitance. Also Proposition wife method of "working" configuration, allowing, if necessary, adjust the measurement result by eliminating systematic measurement error. For the primary and "working" configuration is-use pre-prepared test pieces of wire with a known actual value of capacitance per unit length. 226-229

Kostin K.V., Kantor S.A. **A mathematical model of an optimization problem of vehicle routing problem. *** In this paper considered the mathematical formulation of an vehicle routing problem 230-233

Sapelkin I., Smagin A., Voronin S. **Correction methods of dynamic characteristics of measuring circuits**. * This paper considers methods for correcting the dynamic characteristics of the inertial measuring circuit of the converter based on scaling signal the transition process in the chain caused speed impact. It is shown, that at realization of the scale by level of the signal, and it is possible to implement two management strategies: software task duration of the regime of forcing and information feedback. The last strategy allows you to build an optimal control while minimizing the difference between the valuation of the asymptotes of the transition process and its current value in the mode of forcing. 233-235

Kostin K.V. Kantor S.A. **Using genetic algorithm to optimize the scheduling vehicle routing problem. *** In this paper proposed an modification of genetic algorithm for solving vehicle routing problerm and find an acceptable solution 235-239

6. Information security

Budovsky, I.A., Zaginaylov, Y.N. **Evoluation of applicability for security auditing the state of ip methodology for determining security threat information developed by the russian fstec** * Reviewed regulators ' requirements for assessing threats to information security for government information systems and information security audit. Defined criteria for evaluating the applicability, for auditing purposes, project methodologies of security risk assessments of information developed by the FSTEC of Russia. 240-243

The results of evaluation of the applicability of the methodology .

Nicolaeva B.K., Sharlaev E.V. **Formation of professional competence of future professionals in the information security using gaming technology** * Modern educational technologies now are widely using game technologies in the learning process . Any game is aimed to develop different skills of the players that are involved in it. CTF games are increasing popularity among future specialists in the field of information security in the profile 10.03.01. 243-246

Karpov A.V., Smolyakov A.D., Lapshina I.R., Galiev A.A. **The algorithm verification time scales in the system of generation and distribution of encryption keys in a multipath radio channel** * We presented the mathematical model of drifting scales of reference oscillators in system of secret keys' generation and distribution. We developed initial information reference algorithm for frequency generator and locked reference algorithm for oscillator phases. 247-250

Zaginaylov, Y.N., Ivashkin, G.G., Statsenko D.S. **Development of methodical recommendations on organization of activity of operators of electronic document flow** * Reviewed regulators ' requirements for organization of activity of operators of electronic document flow. The identified issues on the organization of activities in this area. The structure and content of methodological recommendations on the preparation and organization of activities. 250-252

Rebro I.V., Sharlaev E.V. **Artificial immune systems for the detection of network intrusions.** * The article deals with the solution of network intrusion detection using artificial immune systems, based on the basic principles and mechanisms of biological immune system. Due to its features and characteristics, the immune system is of great interest in the processing of data sets and data protection. 252-256

Zaginaylov, Y.N., Mashkina D.G., Shatsky E.V.**The development of a set of documents on information security when transferring funds using a national payment system** * The requirements of binding regulations for the protection of information when transferring funds. The boundaries established the composition and the structure of the set of documents ensuring the governance of information security organizations. Implemented on-line service for the provision of the complex of documents of the organization. 256-259

Teplyuk P.A., Sharlaev E.V. **The checker system for information security contests in CTF format**. * In recent years information security contests Capture The Flag (CTF) got big progress in Russian universities. Properly designed checker system plays most role in the technical organization of the CTF format "Task-based". The aim is develop checker system for the CTF contests. 259-262

ИЗМЕРЕНИЕ,
КОНТРОЛЬ,
ИНФОРМАТИЗАЦИЯ

Материалы XVII международной
научно-технической конференции

Издано в авторской редакции

Подписано в печать 10.06.2016. Формат 60×84 1/16.
Печать – цифровая. Усл.п.л. 16,74.
Тираж 77 экз. Заказ 2016 – __

Издательство Алтайского государственного
технического университета им. И. И. Ползунова,
656038, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46
http://izdat.secna.ru

Лицензия на издательскую деятельность
ЛР № 020822 от 21.09.98 г.

Отпечатано в типографии АлтГТУ,
656038, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46

Лицензия на полиграфическую деятельность
ПЛД №28–35 от 15.07.97 г.