

**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ ЗАОЧНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

**«НАУКА И ТЕХНИКА
В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ»**

Новосибирск, 2011 г.

УДК 62
ББК 30
Н 34

Рецензент — кандидат физико-математических наук, Зеленская Татьяна Евгеньевна, Югорский государственный университет (г. Ханты-Мансийск)

Н 34 «Наука и техника в современном мире»: материалы международной заочной научно-практической конференции. (05 октября 2011 г.) — Новосибирск: Изд. «Априори», 2011. — 130 с.
ISBN 978-5-4379-0009-3

Сборник трудов международной заочной научно-практической конференции «Наука и техника в современном мире» отражает результаты научных исследований, проведенных представителями различных школ и направлений современных технических наук.

Данное издание будет полезно аспирантам, студентам, исследователям в области практических технических наук и всем интересующимся актуальным состоянием и тенденциями развития технических наук.

ББК 30

ISBN 978-5-4379-0009-3

Оглавление

Секция 1. Энергетическое, металлургическое и химическое машиностроение	7
ЧИСЛЕННОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛАБИРИНТНОГО ЗОЛОУЛОВИТЕЛЯ Алтухов Юрий Александрович Кисляк Сергей Марксинович Аль Замили Али Мирали Джасим	7
Секция 2. Электротехника	17
ПОДХОД К РАСЧЕТУ ВЫСШИХ ГАРМОНИК И СИСТЕМНОЕ ПРОНОЗИРОВАНИЕ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ Плотников Михаил Павлович	17
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ НА ОСНОВЕ ОДНОСЕКЦИОННЫХ ВЛДС ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ Сагитов Пулат Исмаилович Гафурьянов Дамир Забирьянович Гафурьянов Рашид Дамирович	21
РАЗРАБОТКА МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ ПРИВОДА НА ВЛДС ДВИГАТЕЛЯХ Сагитов Пулат Исмаилович Гафурьянов Дамир Забирьянович Гафурьянов Рашид Дамирович	30
Секция 3. Приборостроение, метрология	37
ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ Барбашин Димитрий Иванович	37
УСЛОВИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕЛОВЕКА Савин Валерий Сергеевич	41
КОСВЕННАЯ ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ КАНАЛА ДАВЛЕНИЯ ПОВЕРОЧНОЙ УСТАНОВКИ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ И ЧАСТОТЫ ПУЛЬСА Сойко Алексей Игорьевич	47

Секция 4. Радиотехника и связь **54**

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ
АМПЛИТУДНЫХ МАЛОГАБАРИТНЫХ
РАДИОПЕЛЕНГАТОРОВ САНТИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА С
РУПОРНО-ПАРАБОЛИЧЕСКИМИ И СПИРАЛЬНЫМИ
АНТЕННАМИ

Мещеряков Александр Алексеевич
Аникин Алексей Сергеевич
Цугланов Василий Валерьевич

ВЛИЯНИЕ АДАПТИВНОЙ АНТЕННЫ НА
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ СВЯЗИ
С ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Берлёв Сергей Викторович

**Секция 5. Информатика, вычислительная техника
и управление** **72**

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ И АЛГОРИТМА РАБОТЫ БАЗЫ
ПРЕЦЕДЕНТОВ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ
РАСЧЕТА НОРМЫ РАСХОДА ИНСТРУМЕНТА

Афлятунова Венера Алмасовна
Симонова Лариса Анатольевна

К ВОПРОСУ О СОЗДАНИИ КОМПЬЮТЕРНО-
ИНФОРМАЦИОННЫХ ОБУЧАЮЩИХ СРЕД

Батаков Борис Леонидович

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА РАЗГРАНИЧЕНИЯ
ДОСТУПА В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ
ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Гайнов Артур Евгеньевич
Наумов Михаил Владимирович
Гришаненко Руслан Леонидович

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКОГО СБОРА И
ПРОГРАММЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПРОЦЕССА
ВЫПАРИВАНИЯ ПЛОДОВО-ЯГОДНЫХ СОКОВ В ВАКУУМЕ

Емельянов Константин Александрович

ОПТИМАЛЬНОЕ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ УПРАВЛЕНИЕ
ДВУМЕРНОЙ МОДЕЛЬЮ ПРОЦЕССА ПЕРИОДИЧЕСКОГО
ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА

Шарапова Ольга Юрьевна

Секция 6. Metallургия и материаловедение	98
СИНТЕЗ АЛГОРИТМОВ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ МИКРОСТРУКТУР ФЕРРИТО-ПЕРЛИТНЫХ СТАЛЕЙ Дикарев Константин Васильевич Нищик Александр Владимирович Дикарев Александр Васильевич Гевлич Сергей Олегович Петрова Валентина Федоровна	98
Секция 7. Технология продовольственных продуктов	104
ЗАМОРАЖИВАНИЕ ЯГОДЫ ДИОКСИДОМ УГЛЕРОДА Иваненко Олег Васильевич	104
Секция 8. Технология материалов и изделий легкой промышленности	110
ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КВАРЦЕВОГО ПЕСКА ПРИ СОЗДАНИИ СИЛИКАТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ БЛОКОВ Корнилов Денис Юрьевич Гурьянова Александра Сергеевна	110
Секция 9. Процессы и машины агроинженерных систем	115
АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ И КОНСТРУКЦИЙ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ МАШИН Чхетиани Артем Александрович	115
Секция 10. Транспорт	120
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ Поливодин Эдуард Сергеевич	120

Секция 11. Безопасность жизнедеятельности человека 124

ЗАЩИТА ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД ОТ
ЗАГРЯЗНЕНИЯ ФЕНОЛАМИ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧЕ
УГЛЯ 124

Шейнкман Леонид Элярдович
Дергунов Дмитрий Викторович

СЕКЦИЯ 1.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ И ХИМИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

ЧИСЛЕННОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛАБИРИНТНОГО ЗОЛОУЛОВИТЕЛЯ

Алтухов Юрий Александрович

д. ф.-м. н., проф. АлтГПА, г. Барнаул

Кисляк Сергей Марксинович

к. т. н., доцент АлтГТУ, г. Барнаул

Аль Замили Али Мирали Джасим

аспирант АлтГТУ, г. Барнаул

E-mail: alimeer2004@yahoo.com

В статье объединился экспериментальный анализ с вычислительной гидрогазодинамикой (CFD), чтобы продемонстрировать и вычислить турбулентный запыленный поток в модели лабиринтного золоуловителя (ЛЗУ) с рециркуляцией части запыленного потока через улавливающие карманы.

Метод контрольного объема и SIMPLE алгоритм использовались, чтобы решить трехмерные уравнения Навье — Стокса, осредненных по Рейнольдсу и замкнутых RNG k-ε моделью турбулентности. Модель Лагранжа использовалась, чтобы описать движения частиц в ЛЗУ. Численное исследование основано на схеме Рунге — Кутты использовалось, чтобы решить уравнения движения частиц в ЛЗУ. Установлено, что рециркуляция части запыленного потока через улавливающие карманы значительно повышает эффективность ЗЛУ.

По прогнозам министерства природных ресурсов РФ с 2030 г. первенство в топливно-энергетическом балансе в России займут уголь и атомная энергетика, что потребует конструктивного и технологического совершенствования золоочистного оборудования. Технические, экономические или технологические разработки,

направленные на повышение эффективности таких золоуловителей невозможны без изучения гидродинамических особенностей процесса осаждения частиц и их движения в несущем газовом потоке. В последнее время выполнено много экспериментальных и теоретических исследований, для разработки промышленных установок, применяемых для очистки запыленных потоков [3; 4]. Одной из возможных конструкций золоуловителей является лабиринтный золоуловитель (ЛЗУ) с улавливающими карманами [2], обеспечивающими повышение улавливания в 1.1-1.4 раза. Цель настоящего исследования, изучить аэродинамику запыленного потока через улавливающие карманы и определить эффективность в зависимости от геометрии каналов ЛЗУ для разных скоростей потока.

Модель лабиринтного золоуловителя (рис. 1, 2) высотой 40 мм состояла из двух извилистых каналов 1, образованных пластинами 2 в форме полукружностей. Входные 3 и выходные 4 щели образовывались с помощью перегородок 5. Перегородки 5 представляли собой пластины, один конец которых загнут с радиусом кривизны $r=10$ мм. Пластины 2 и перегородки 5 закреплялись между двумя пластинами из оргстекла. Вдоль канала улавливающие карманы 6 изолировались перегородками 7 [2].

Рисунок 1. Экспериментальная модель ЛЗУ

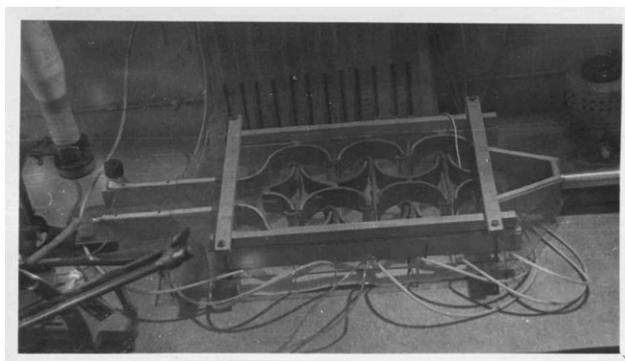
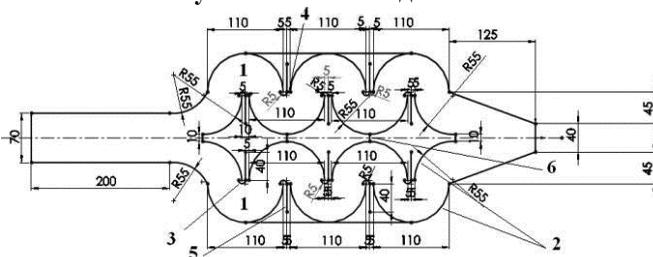


Рисунок 2. Схема модели ЛЗУ



Для рассматриваемых несжимаемых потоков жидкости в декартовой системе координат уравнения Навье-Стокса (неразрывности и движения) газового потока, осредненные по Рейнольдсу имеют вид, [5]:

$$\sum_{j=1}^3 \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_j} = 0, \quad \frac{\partial}{\partial t} (\bar{u}_i) + \sum_{j=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_j} (\bar{u}_j \bar{u}_i) = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} + \sum_{j=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_j} (v \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} - \bar{u}_j \bar{u}_i') \quad (1)$$

где t — время; x_i — декартова координата ($i=1, 2, 3$); \bar{u}_i — компонента скорости жидкости в направлении x_i ; $\bar{p} = \bar{p}_s - \rho_0 g_m x_m$, где \bar{p}_s — статическое давление; ρ_0 — начальная плотность; g_m — проекция вектора ускорения свободного; x_m — координаты точки, в которой определена плотность; $\rho = p / RT$ где R — универсальная газовая постоянная, T — температура. Турбулентность модели RNG k - ε , использованная для описания турбулентного течения несущей фазы имеет вид [6]

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\rho \bar{u}_j k - \left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) = \mu_t (P + P_B) - \rho \varepsilon - \frac{2}{3} \left(\mu_t \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_i} + \rho k \right) \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_i} \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\rho \bar{u}_j \varepsilon - \left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right) = \left[\begin{array}{l} C_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{k} \left[\mu_t P - \frac{2}{3} \left(\mu_t \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_i} + \rho k \right) \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_i} \right] + C_{\varepsilon 3} \frac{\varepsilon}{k} \mu_t P_B \\ - C_{\varepsilon 2} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} + C_{\varepsilon 4} \rho \varepsilon \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_i} - \frac{C_{\mu} \eta^3 (1 - \eta / \eta_0) \rho \varepsilon^2}{1 + \beta \eta^3 k} \end{array} \right] \quad (3)$$

где $\mu_t = C_{\mu} \rho k^2 / \varepsilon$, σ — турбулентное число Прандтля; $C_{\varepsilon 1}$, $C_{\varepsilon 2}$, $C_{\varepsilon 3}$ и $C_{\varepsilon 4}$ — коэффициенты, значения которых приведены в ссылке [6].

Движение частиц, взвешенных в турбулентном потоке газа, описывается в одночастичном приближении в рамках стохастического Лагранжевого подхода [1].

$$m_p \frac{d\bar{u}_p}{dt} = \bar{F}_{pr} + \bar{F}_p + \bar{F}_{am} + \bar{F}_b, \quad (4)$$

где значения сил \vec{F}_{pr} , \vec{F}_p , \vec{F}_{am} и \vec{F}_b которых приведены в [1].

Три разных конструкции ЛЗУ изучены; без перегородок (Рис.3) и с перегородками (закрытыми щелями (Рис.4) и открытыми щелями (Рис.5)) при разных входных скоростях (4 м/с, 6 м/с, 8 м/с, и 10 м/с) и разных высотах ЛЗУ(40 мм, 60 мм, 80 мм, 100 мм).

Эффективность улавливания дисперсного материала в эксперименте определялась весовым методом с помощью ситового анализа: $\varepsilon = (M_{ул} / M_0) \cdot 100\%$, где $M_{ул}$ — масса уловленных частиц, M_0 — масса подаваемых на входе частиц.

Проведение вычислительного эксперимента в данной работе базировалось на использовании метода контрольных объемов и SIMPLE алгоритма (CD-adapco\STAR-CD). Система автоматизированного проектирования (программа SolidWorks 2011) использовалась для построения конфигураций моделей.

Уравнение движения частиц (4) в газовом потоке решается с использованием численной схемы Рунге — Кутты 2 -го порядка точности.

Одним из важных аспектов численного моделирования является сравнение результатов вычислений с данными эксперимента. На рис.6. приведены численные и экспериментальные значения перепада давления между выходными и входными щелями карманов. Совпадение полученных экспериментальных и рассчитанных значений по перепаду давления.

Рисунок 3. ЛЗУ без перегородок

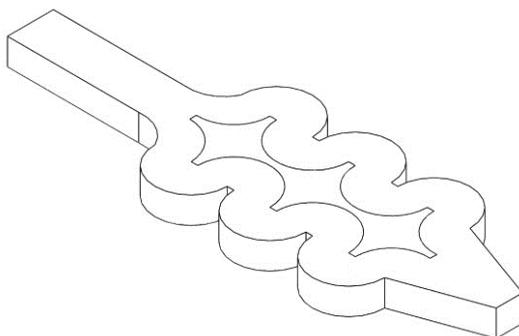


Рисунок 4. ЛЗУ с закрытыми щелями

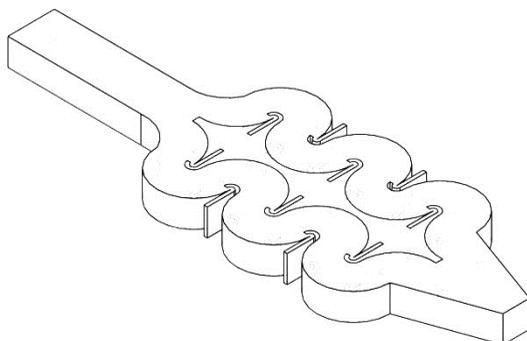


Рисунок 5. ЛЗУ с открытыми щелями

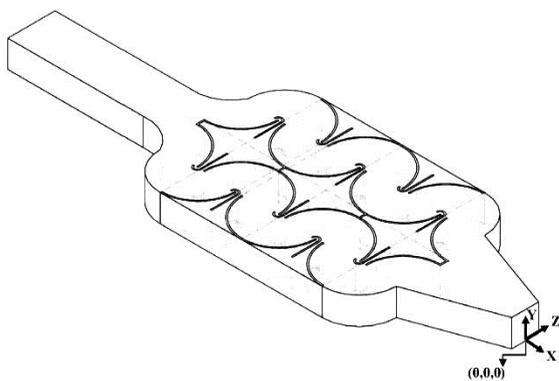
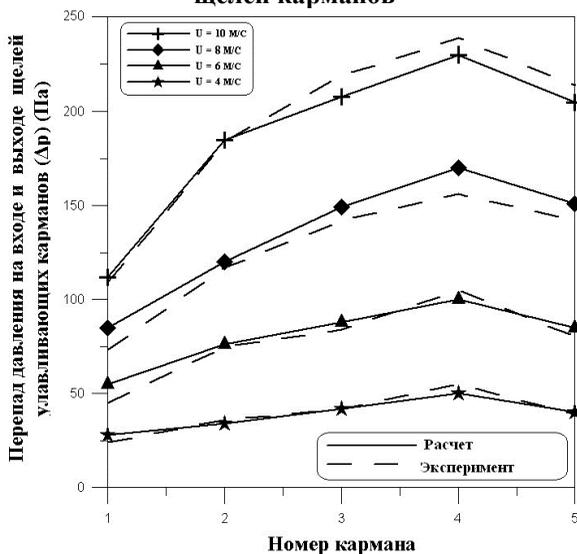


Рисунок 6. Сравнение перепада давления на входе и выходе щелей карманов



Некоторые результаты расчетов приведены на рис. 7-12. Подробные рассчитанные поля скорости (рис. 7-8) служат для расчета эффективности ЛЗУ. На рис.9. показано траектория частицы в ЛЗУ с закрытыми щелями. На рис.10. показано циркуляцию частицы через щели ЛЗУ с открытыми щелями

В рис.11 приведено зависимости эффективности ЛЗУ для разных входных скоростей. При этом получено, что эффективность ЛЗУ с открытыми щелями больше чем эффективность ЛЗУ с закрытыми щелями и без перегородок. Отсюда видно, что рециркуляция части потока через входные и выходные щели, образованные перегородками играют существенную роль в улавливании частиц. Эффективность ЛЗУ увеличивается с повышением скорости, т.к. траектории движения частиц смещаются к стенке с повышением скорости, что способствует их лучшей сепарации. Влияние высоты карманов на эффективность ЛЗУ при их постоянной ширине приведены на рис.12. Эффективность улавливания ЛЗУ снижается с ростом высоты каналов.

Таким образом, в работе изучено экспериментально и теоретически влияние входной скорости и высоты ЛЗУ на аэродинамику и эффективность улавливания ЛЗУ. Результаты, приведенные выше, подтверждают, что:

1. наличие рециркуляционных щелей повышает эффективность ЛЗУ;
2. эффективность ЛЗУ снижается с увеличением высоты ЛЗУ при постоянной ширине карманов ЛЗУ;
3. рециркуляция части запыленного потока через улавливающие карманы, образованные перегородками значительно повышает эффективность ЗЛУ.

Примененная методика исследования процессов улавливания частиц в ЛЗУ показала свою работоспособность и может быть использована для аналогичных конструкций золоуловителей после соответствующего выбора модели турбулентности, связанной с особенностями течения запыленных потоков в извилистых каналах.

Рисунок 7. Поля скорости ЛЗУ с открытыми щелями

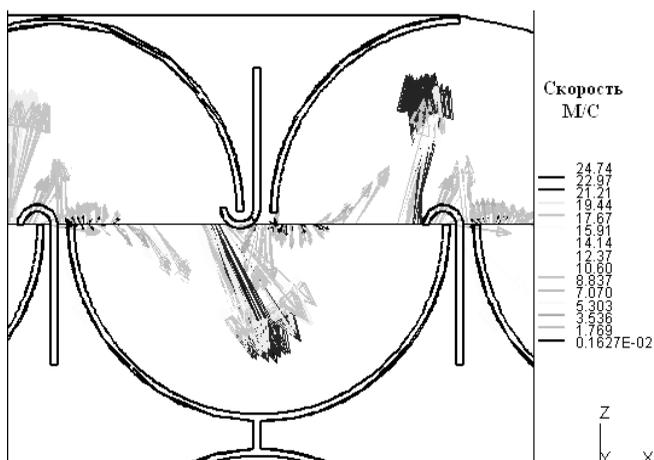


Рисунок 8. Поля скорости ЛЗУ с закрытыми щелями

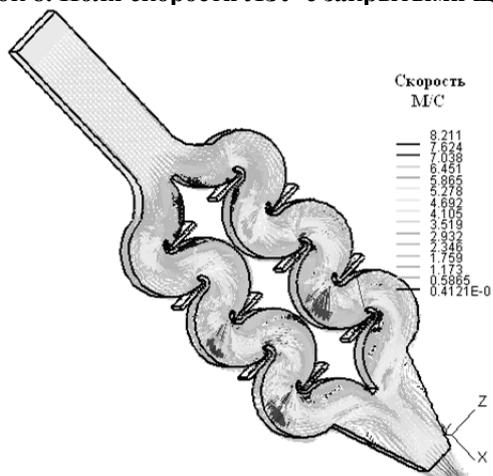


Рисунок 9. Траектории частиц в ЛЗУ с закрытыми щелями

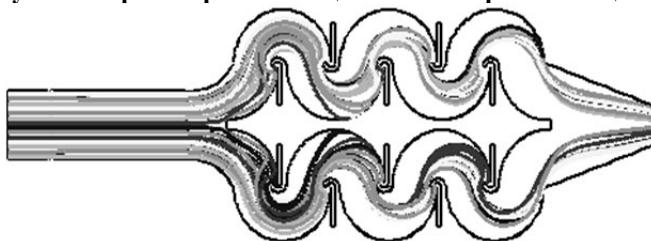


Рисунок 10. Траектория частицы через щели в ЛЗУ с открытыми щелями

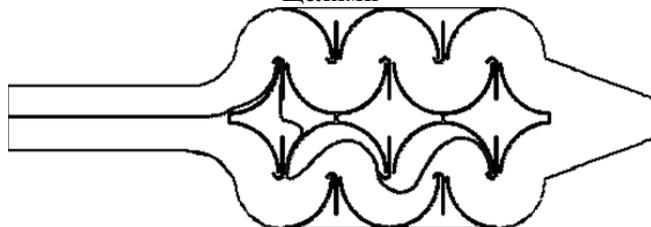


Рисунок 11. Эффективности ЛЗУ для разных входных скоростей

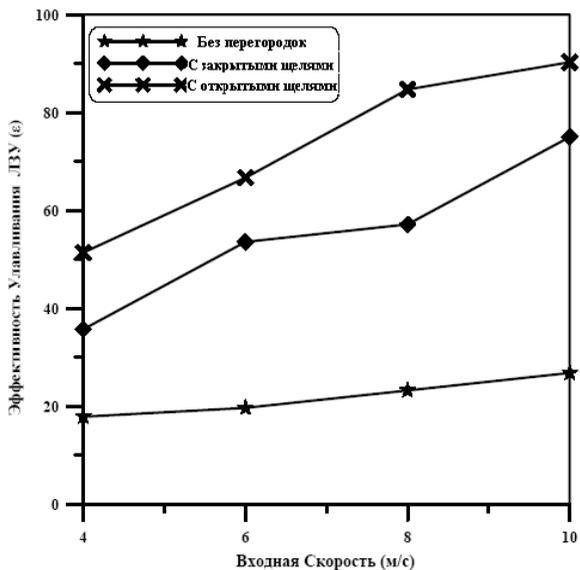
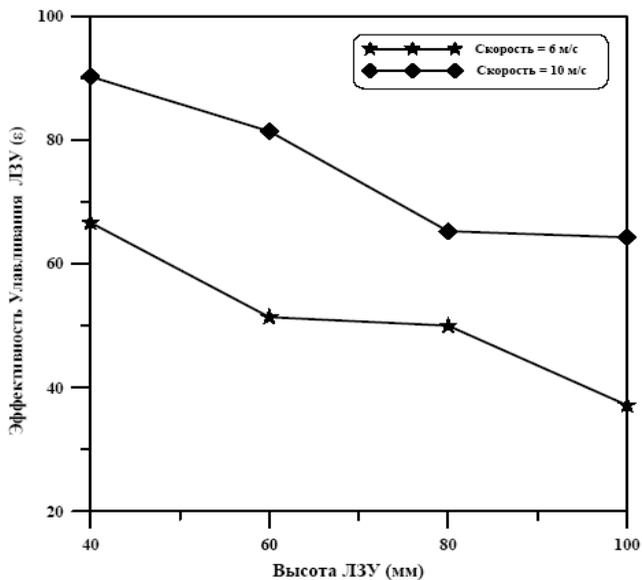


Рисунок 12. Эффективность ЛЗУ для разной высоты каналов



Список литературы:

1. Вараксин А. Ю. Турбулентные течения газа с твердыми частицами: М.: ФИЗМАТЛИТ — ISBN 5-9221-0320-2. — 2003. — 192 с.
2. Кисляк С.М. Разработка уловителей и систем возврата уноса в котлах с низкотемпературным кипящим слоем: Диссер. Канд. Тех. Наук— Барнаул. — 2004.
3. Темникова Е.Ю., Исследование эффективности пылеулавливания в циклоне с рельефными поверхностями: Диссер. Канд. Тех. Наук. — Кемерово. — 2010.
4. Bhasker C. Flow simulation in industrial cyclone separator // *Advances in Engineering Software*. — 2010. — Vol. 41 — 220–228 с.
5. Warsi Z.V.A. Conservation form of the Navier-Stokes equations in general no steady coordinates // *AIAA Journal*. — 1981. — Vol.19. — 240–242 с.
6. Yakhot V., Orszag S.A., Thangam S., Gatski T.B., Speziale Yakhot C.G. Development of turbulence models for shear flows by a double expansion technique // *Phys. Fluids*. — 1992. — Vol. 7 — 1510–1520 с.

СЕКЦИЯ 2.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

ПОДХОД К РАСЧЕТУ ВЫСШИХ ГАРМОНИК И СИСТЕМНОЕ ПРОНОЗИРОВАНИЕ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Плотников Михаил Павлович

аспирант ФГБОУ ВПО «БрГУ», г. Братск

E-mail: n-plotnikov@mail.ru

Проблема высших гармоник обусловлена в первую очередь прогрессом в области силовой преобразовательной техники, приведшая к широкому внедрению в промышленное электроснабжение мощных вентильных преобразователей, электродуговых сталеплавильных печей, сварочных установок и других устройств с нелинейными вольтамперными характеристиками. Разработкой проблемы высших гармоник занимаются специалисты по электроснабжению промышленных предприятий в России и за рубежом. Вопросы, связанные с повышением качества электроэнергии и, в частности со снижением уровня высших гармоник актуальны в настоящее время.

В последнее время все чаще различные организации проводят исследования состояния электроснабжения зданий. В зданиях располагается большое количество компьютерной техники. Они насыщены высшими гармониками. Во многих странах уже столкнулись с проблемой высших гармоник. Но эта проблема пока новая для России. Но в нашей стране происходит стремительный рост компьютерной техники. Поэтому ученые серьезно относятся к этому вопросу. Высшие гармонические составляющие тока приводят к негативным последствиям:

- ухудшается работа оборудования, вследствие этого сокращается срок службы оборудования;
- возникают дополнительные потери в трансформаторах;
- возможен перегрев и разрушение кабельной линии;
- искажается синусоидальность питающего напряжения.

Необходим особый подход к эксплуатации систем электроснабжения различных зданий, построек, так как многие офисы располагаются в зданиях, не рассчитанных на большой рост нелинейных нагрузок. Система электроснабжения (СЭС) является сложной системой, которая состоит из множества различных элементов, связанных между собой.

В настоящее время известны два подхода к расчету высших гармоник в электрических сетях. Один из них основан на решении системы нелинейных дифференциальных уравнений, которая описывает электромагнитные процессы в вентильных преобразователях. На основе этого решения определяются кривые токов и напряжений. В настоящее время теория цепей располагает большим количеством аналитических и неаналитических методов расчета цепей с вентилями. Разработано множество методов численного решения нелинейных дифференциальных уравнений таких, как методы Тейлора, Эйлера, Рунге и Адамса. Другой подход при расчете высших гармоник тока и напряжения в цепях с управляемыми выпрямителями предполагает, что вентильные преобразователи замещаются источниками тока или ЭДС высших гармоник. Этот принцип позволяет рассчитать спектральный состав токов и напряжений к последовательному и независимому расчету их действующих значений [1, с. 85-86].

Расчет несимметричных и несинусоидальных режимов играет важную роль. Важность таких расчетов обуславливается необходимостью обеспечить качество электрической энергии не только при эксплуатации СЭС, но и при ее проектировании.

Можно выделить требования к методам расчета режимов при проектировании:

- метод должен позволить выполнить расчет режимов СЭС любой сложности;
- должна быть обеспечена низкая стоимость расчетов режимов СЭС;
- точность результатов решения необходимо для обеспечения качества электрической энергии при эксплуатации.

В режиме эксплуатации расчет несинусоидальных режимов СЭС необходим, чтобы решить следующие задачи:

- определить и произвести оценку показателей качества электрической энергии;
- регулировать показатели качества электрической энергии, управляя соответствующим оборудованием;

- определить качества электрической энергии при изменении электрической схемы и схемы питания потребителей.

Данный вопрос актуален. Но отечественным и зарубежным ученым пока не удалось разработать единую методику расчета несинусоидальных режимов СЭС, которая способна оперативно и с высокой точностью выполнять расчет высших гармонических составляющих тока и напряжения.

Почти все методы не учитывают нагрев токоведущих частей. Применение для расчета высших гармонических составляющих методов, учитывающих нагрев, позволяет точнее определить потери мощности и электроэнергии в элементах сети [2, с. 125]. Расчеты показывают, что если не учитывать нагрев токоведущих частей при несинусоидальных режимах СЭС получается, что возникают большие погрешности при определении потерь электрической энергии. Нагрузочные потери мощности в любом элементе сети определяются по формуле:

$$\Delta P = I^2 \cdot R,$$

где R — сопротивление элемента,

I — ток элемента.

В результате, чем точнее задано R , тем точнее будет расчет потерь. При этом сопротивление проводников зависит от температуры. Эту зависимость можно выразить формулой:

$$R = R_0 \cdot (1 + a \cdot (q_{\text{окр}} + q_{\text{п}})),$$

где R_0 — сопротивление проводника при 0°C ,

a — температурный коэффициент сопротивления,

$q_{\text{окр}}$ — температура окружающей среды;

$q_{\text{п}}$ — превышение температуры проводника над температурой окружающей среды.

Сопротивление элементов сети за счет изменения температуры может изменяться примерно на 40%. Поэтому, настолько же могут изменяться потери мощности. Снижение потерь может быть ошибочно. Значит, в расчетах необходимо учитывать температуру [3, с. 137-138].

Результаты расчетов несинусоидальных режимов СЭС [4, с. 204] используются для определения технико-экономических показателей. Это значит, что результат таких расчетов имеет важный экономический аспект.

Несинусоидальные режимы являются неэкономичными. Чтобы оценить экономичность и допустимость этих режимов, а также выбрать мероприятия по снижению несинусоидальности — необходимо более точно моделировать элементы сети, нагрузок и

источников питания, а для этого важно учитывать нагрев токоведущих частей при несинусоидальных режимах СЭС. Для оценки допустимости несинусоидальных режимов нужно создать комплекс, который бы включал в себя математические модели элементов СЭС и математический аппарат, рассчитывающий потери мощности и энергии в сетях с нелинейной нагрузкой с учетом нагрева токоведущих частей. Чтобы завершить этап создания комплекса, нужно уточнить математические модели элементов СЭС посредством замеров показателей качества электрической энергии. Итогом работы будет оригинальный комплекс, который позволит с высокой точностью оценить экономичность и допустимость несинусоидальных режимов СЭС.

Нормативные акты в области электроэнергетики дают возможность сделать вывод, что одним из основных действий, которые позволяют минимизировать издержки, вызванные новыми правилами рынка, а в результате снизить финансовые убытки электроснабжающей организации является эффективное прогнозирование параметров режима и различных технологических характеристик предприятия. Все они тесно связаны с потреблением электроэнергии. Таким образом, новые параметры рынка требуют от электроснабжающей организации получение максимально низких ошибок при прогнозировании параметров обслуживаемых сетей.

При сложившейся новой рыночной ситуации в отечественной электроэнергетике становится актуально осуществлять системное прогнозирование. Концепция такого прогнозирования заключается в том, что электроснабжающая организация, спрогнозировав развитие ситуации (например, уровень потерь электроэнергии в обслуживаемом энергорайоне), стремится скорректировать свои действия, чтобы своевременно среагировать на изменения внешней среды, уменьшить ущерб или напротив, увеличить возможную прибыль.

Сложная система взаимоотношений на современном электроэнергетическом рынке приводит к ужесточению точности планирования расхода электроэнергии, которая в свою очередь заставляет применять в энергосбытовых организациях эффективные методы анализа и прогнозирования параметров режима и технологических характеристик.

Список литературы:

1. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий — 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1984. — 160 с.
2. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий — 3-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1994. — 264 с.
3. Шидловский А.К., Кузнецов В.Г. Повышение качества электроэнергии в электрических сетях. Киев: Наукова думка, 1985. — 268 с.
4. Иванов В.С., Соколов В.И. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий. М.: Энергоатомиздат, 1987. — 336 с.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ НА ОСНОВЕ ОДНОСЕКЦИОННЫХ VLDC ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Сагитов Пулат Исмаилович

д. т. н., профессор, заведующий кафедрой электропривода и автоматизации промышленных установок Алматинского университета энергетики и связи, г. Алматы, респ. Казахстан

Гафурьянов Дамир Забирьянович

*технический директор Ltd «Radan- electric», г. Алматы,
респ. Казахстан*

E-mail: radan-electric@mail.ru

Гафурьянов Рашид Дамирович

*инженер, с. Казахско-Американского университета, г. Алматы,
респ. Казахстан*

E-mail: radandc@mail.ru

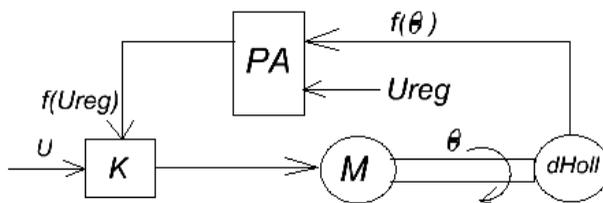
Управление односекционными VLDC электродвигателями в составе мехатронного модуля привода систем активного воздушного охлаждения элементов системного блока РС, в частности центрального или графического процессоров, со стороны датчиков Hall, позволяет существенно повысить энергоэффективность его электромеханической части учитывая также при этом коэффициент технического

использования и малый диапазон регулирования 1:10 для системного блока среднего объема и среднестатистической конфигурации. Одними из главных положительных черт данного преобразования являются:

- снижение установленной мощности многофазных преобразователей постоянного тока электропитания материнской платы системного блока ввиду слабости цепей управления;
- снижение импульсных помех ввиду отсутствия регулирования в силовой цепи многодвигательного электропривода;
- высвобождение дополнительной мощности для интенсификации работы процессоров и модулей памяти, а также плат расширения материнской платы PC.

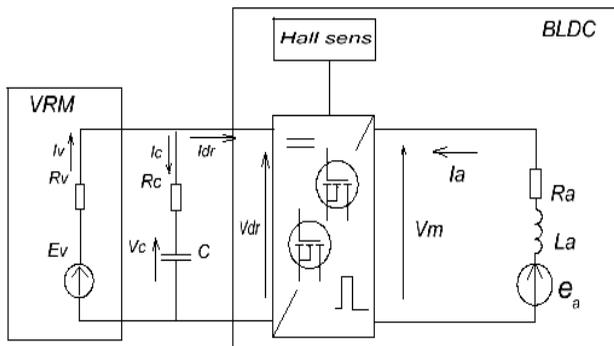
Регулирование в данном диапазоне возможно как по цепи обратной связи от Hall сенсоров, так и других драйверов BLDC. Усилители PA, включенные в цепь управления сигналом выполнены на значительно меньшую установочную и регулировочную мощности по сравнению с управлением по цепи силовых обмоток BLDC. Схема оказывается особенно простой при релейном и импульсном способе управления BLDC, при котором отсечка обратной связи приводит к тормозу, а включение к разгону (см. рисунок 1).

Рисунок 1. Структурная схема регулирования от Hall сенсоров



Для проверки теоретических положений было проведено моделирование и экспериментальный анализ в программе Matlab/Simulink в результате которых получены структурные и принципиальные схемы имитационной модели односекционного BLDC в многодвигательном электроприводе активной системы воздушного охлаждения PC (см. рисунок 2).

Рисунок 2. Принципиальная схема управления односекционным BLDC электродвигателем



Уравнение входного контура структурной схемы привода

$$\begin{aligned}
 E_V - i_V R_V - i_C R_C - v_C &= 0 \\
 v_{dr} &= v_C + i_C R_C \\
 i_V &= i_C + i_{dr}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

где: $E_V u R_V$ - едс и внутреннее сопротивление источника;

R_C — сопротивление в цепи конденсатора;

i_V - ток через источник питания;

i_{dr} - входной ток преобразователя;

v_C - напряжение на конденсаторе.

$$v_C = \frac{Q_C}{C}$$

где: Q_C - заряд на конденсаторе;

C — емкость конденсатора;

i_C - ток через конденсатор.

$$i_c = \frac{dQ_c}{dt}$$

В большинстве BLDC электродвигателях привода вентиляторов используется прямоугольная форма напряжений в процессе коммутации **ВДВ** временные рамки которых определяются положением датчика Холла.

Это описывается следующим уравнением:

$$v_m = \text{sign}[\sin(\theta_\epsilon + \alpha)]v_{dr} \quad (2)$$

учитывая, что:

$$v_m = k_{dr} v_{regM} \quad (3)$$

$$v_{regM} = v_{reg} - k_{PA} v_H \sin(\theta_\epsilon + \alpha) \quad (4)$$

где: v_m -выходное напряжение преобразователя питающего обмотки односекционного BLDC электродвигателя В;

v_{regM} -выходное напряжение источника питания В;

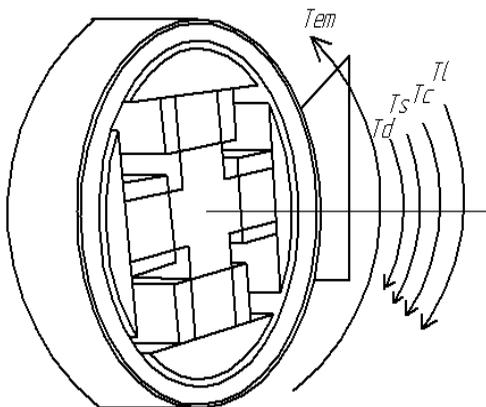
k_{dr} -коэффициент усиления драйвера.

$$P_{PA} = 0.3V_{drA} \frac{1}{\alpha_k} \int_0^{\alpha_k} I_{drA} d\alpha + 0.3V_{drB} \frac{1}{\alpha_k} \int_0^{\alpha_k} I_{drB} d\alpha \quad (5)$$

где: P_{PA} потребляемая мощность блока PA Вт.

Механическая система одного электродвигателя со всеми вращающимися моментами показана схематически на рисунке 3:

Рисунок 3. Механическая система односекционного BLDC электродвигателя



Уравнение моментов:

$$J \frac{d\omega}{dt} = T_{em} - T_l - B_m \omega - T_f \quad (6)$$

где: $J \frac{d\omega}{dt}$ – момент ин. электродв. $\hat{e}\hat{a}\hat{i}^2$;

$$T_{em} = \frac{e_a i_a}{\omega_M} = \frac{K_E \omega_M \sin \theta}{\omega_M} i_a = K_E i_a \sin \theta$$

-электромагнитный момент электродвигателя Нм;

$T_l = K \omega^2$ -нагрузочный момент Нм;

B_M - коэффициент вязкого трения Нмс;

T_f - коэффициент сухого трения Нм.

Структурная схема односекционного BLDC электродвигателя с управлением от Hall сенсоров в Matlab/Simulink показана на рисунке 4. Модель не учитывает обратную связь по температуре, в следствии того, что постоянная времени обратной связи по температуре значительно превышает постоянную времени якорной цепи.

Микропроцессорный контроль используется для обеспечения температурного режима элементов системного блока, контроля и

защиты электроприводов. Температурная проверка реализована в 5 точках на плате и процессоре. Это дает возможность обеспечить энергосберегающее управление многодвигательным электроприводом на односекционных BLDC электродвигателях для данного приложения.

Рисунок 4. Структурная схема односекционного БДПТ

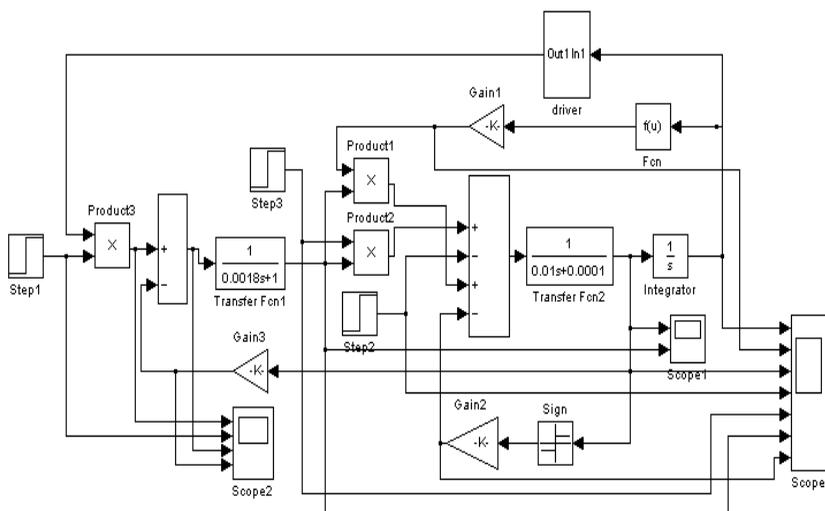
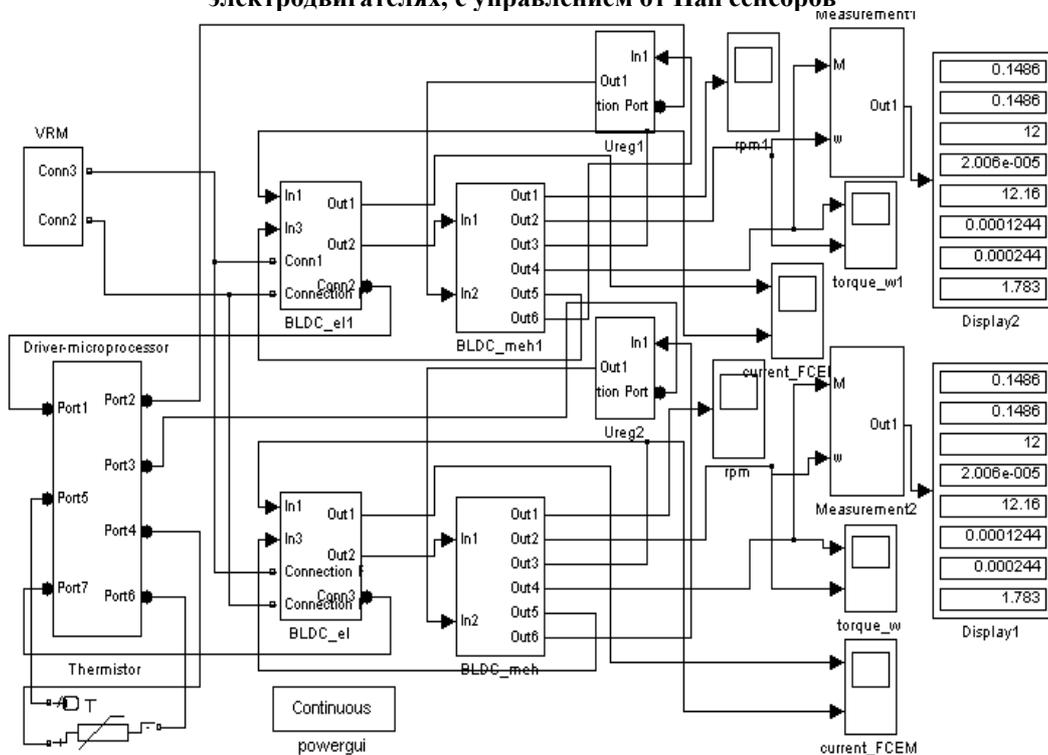


Рисунок 5. Виртуальная модель двухдвигательного электропривода на односекционных BLDC электродвигателях, с управлением от Hall сенсоров



Виртуальная модель расчетной системы представлена на рисунке 5, без учета обратной связи по температуре. Сравнение двух напряжений задания U_{reg} представлено на рисунке 6. Рабочий ток одного двигателя представлен на рисунке 7. Электромеханические характеристики для одного электродвигателя представлены на рисунке 8.

Рисунок 6. $U_{reg}=0$ and $U_{reg}=5$, average — стиль расчета

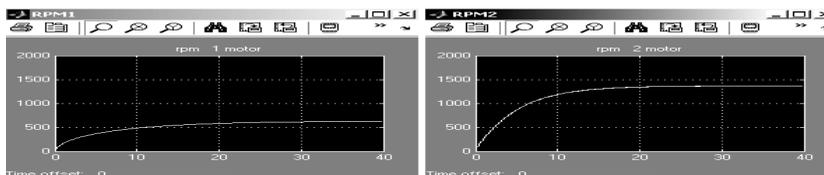
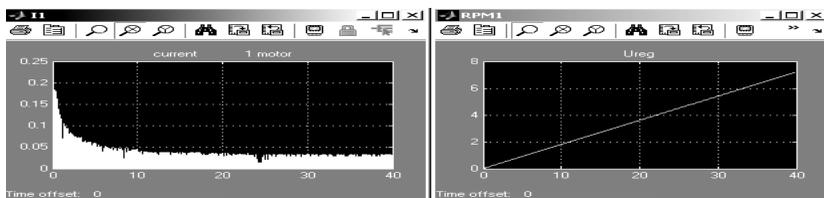
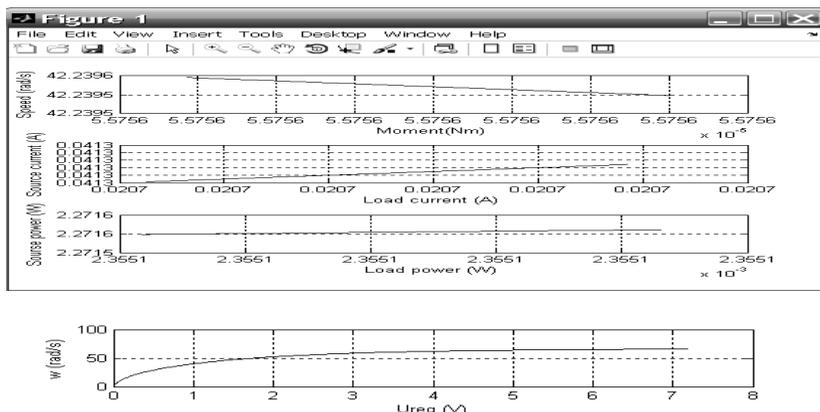


Рисунок 7. $U_{reg}=7$, PWM стикер от Hall сенсора



**Рисунок 8. Электромеханические характеристики
односекционного BLDC электродвигателя**



Выводы

Этот метод обеспечивает энергосберегающее управление односекционными BLDC электродвигателями, без PWM регулирования со стороны источника питания, при том же диапазоне регулирования. Контроль скорости вращения реализован при контроле только датчиков Hall. Результаты проведенных экспериментов показывают, что данный метод не может быть использован для высокоточных и широкорегулируемых приводов, кроме диапазона 1:10 для данного приложения данной комплектации и требований к системному блоку.

Получены структурная и виртуальная математические модели односекционного BLDC электродвигателя с управлением от Hall сенсоров. Механические характеристики в значительной степени отражают характеристики двигателя постоянного тока.

Список литературы:

1. Patrick L. Chapman. University of Illinois at Urbana-Champaign. Permanent-Magnet Synchronous Machine Drives. p.12.4. 2002 by CRC Press LLC., —19 s.
2. Suchánek Miroslav, Elektrotechnika. Speed control of BLDC motor based on hall-effect sensors. 2008 POSTERUS.sk., — 7 s.
3. Atmel Application Note (2006), AVR443: Sensor-based control of three phase Brushless DC motor, Rev. 2596B-AVR-02/06., — 7 s.
4. Hall effect sensing and application. Honeywell, MICRO SWITCH Sensing and Control. Honeywel, — 6 s.

РАЗРАБОТКА МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ ПРИВОДА НА VLDC ДВИГАТЕЛЯХ

Сагитов Пулат Исмаилович

д. т. н, профессор, заведующий кафедрой электропривода и автоматизации промышленных установок Алматинского университета энергетики и связи, г. Алматы, респ. Казахстан

Гафурьянов Дамир Забирьянович

*технический директор Ltd «Radan- electric», г. Алматы,
респ. Казахстан
E-mail: radan-electric@mail.ru*

Гафурьянов Рашид Дамирович

*инженер, с. Казахско-Американского университета, г. Алматы,
респ. Казахстан
E-mail: radandc@mail.ru*

Согласно закона Мура в стремлении к повышению гигагерц участвуют не только процессоры, но также память, графические процессоры и память видеокарт, винчестеры. Все эти составляющие системного блока не только работают быстрее с каждым добавленным гигагерцем или оборотом в минуту но также потребляют больше энергии, приводящей к росту мощности блока питания и выделяют порядочное количество тепла, приводящее к снижению устойчивости системы. Для поддержания рабочей температуры указанных составляющих и повышении энергосбережения постоянно совершенствуется и повышается эффективность системы охлаждения.

Под эффективностью системы охлаждения понимают возможность достижения минимально возможной рабочей температуры охлаждаемого компонента (центрального процессора, графического процессора, модулей памяти и т.д.). Повышение эффективности, на данный момент, можно добиться несколькими способами:

- увеличением площади рассеяния радиатора или количества каналов при жидкостном охлаждении;
- применением для радиаторов материалов с более высоким коэффициентом теплопроводности (вместо традиционно используемого алюминия и его сплавов — медь);

- устранением микрозазоров между поверхностями охлаждаемого компонента и радиатором посредством применения термопроводящей пасты;
- также на эффективность системы охлаждения влияет разность температур между охлаждаемым компонентом и окружающим воздухом;
- изменением направления потока воздуха на охлаждаемый элемент или от него;
- оптимизацией мехатроники системы активного воздушного охлаждения РС с использованием более производительного вентилятора и новой системы автоматизированного управления многодвигательным электроприводом на основе BLDC электродвигателей (при воздушном охлаждении) или компрессора (при жидкостном).

Примем к рассмотрению следующую функциональную схему мехатронной системы активного воздушного охлаждения (см. рисунок 1):

Рисунок 1. Функциональная схема мехатронной системы



Определим основные функциональные требования к элементам системы /1/:

- уменьшение абсолютного значения температуры каждого тепловыделяющего логического элемента ЛЭ конструкции до пониженного уровня и поддержание его постоянным. Выполнение этого требования позволяет иметь высокие надежные показатели конструируемой ЭВМ и обеспечить ее быстродействие;
- обеспечение минимального перепада температур внутри каждого из тепловыделяющих элементов конструкции или участка "критической" тепловой цепи. Уменьшение перепада температур между температурой элемента и температурой "горячей точки" цепи элементов при пониженном уровне температур, позволяет располагать повышенным запасом помехоустойчивости ЛЭ и ЛЦ;
- создание минимального теплового сопротивления между источниками теплоты (логическими элементами) и стоком теплоты (холодоносителем). Выполнение этого требования позволяет при

сохранении температуры источников теплоты ЛЭ на допустимом уровне повысить тепловые нагрузки и снизить при этом массу и габариты машины;

- распределение холодоносителя между элементами и узлами конструкции ЭВМ в количествах, соответствующих их тепловыделениям, и обеспечение необходимой скорости его распространения. Это обуславливает такие условия теплообмена между холодоносителем и элементами ЭВМ, которые позволяют поддерживать температуру каждого элемента на допустимом для него уровне при минимальном суммарном расходе холодоносителя. Если холодоноситель подается внутрь ЭВМ без должного распределения между тепловыделяющими элементами, то даже при достаточно суммарном расходе некоторые из них оказываются перегретыми до недопустимых температур в то время как другие, достаточно охлажденные, не могут использовать полностью поступающий к ним избыточный холодоноситель, который затем выводится из конструкции, не выполнив своих функций;

- обеспечение таких влажностных функций для элементной базы, носителей информации и материалов конструкции, чтобы иметь возможность создать минимальные изменения в показателях надежности этих конструктивных компонентов ЭВМ и отсутствие образования конденсата на их рабочих поверхностях;

- выбор элементов тепловода, средств и агрегатов системы охлаждения с такими показателями работоспособности $P(t)$ для всего времени эксплуатации ЭВМ, чтобы выполнялось требование (вероятность работоспособности системы охлаждения выше вероятности работоспособности системного блока):

$$P(t)_{Coxl} \geq P(t)_{CB} \quad (1)$$

где: $P(t)_{Coxl}$ -вероятность работоспособности системы охлаждения;

$P(t)_{CB}$ -вероятность работоспособности системного блока РС.

Системный подход, в решении задачи охлаждения, реализуется, когда одновременно и взаимосвязано рассматриваются и синтезируются требуемые процессы охлаждения в конструкции системного блока, элементы и средства тепловода и их конструктивно-тепловые параметры, а также функциональные и надежностные параметры конструкции, средства обеспечения холодоносителем и их характеристики.

В основу расчета теплового режима системного блока положен метод электротепловой аналогии, обоснованный Г.Н. Дульневым для задач теплового режима РЭА. В обобщенном случае, для расчета

созданной тепловой схемы, применим известный способ расчета нелинейных электронных схем. В этом случае система уравнений в матричном виде, определяющая вектор-столбец температур $T = (T_1, T_2, T, \dots, T_{n-1})^T$ в узлах схемы, по аналогии с узловыми потенциалами, будет иметь вид:

$$T^Y = -(AYA^T)^{-1} AP \quad (2)$$

где: T_n - температура в n-м узле;

n-число узлов в схеме;

A-матрица узлов;

A^T - матрица, транспонированная от A;

$P = (P_1, P_2, \dots, P_m)^T$ -вектор столбец тепловых потоков,

проходящих через элементы схемы;

Y-диагональная матрица тепловых проводимостей схемы.

Элементы матрицы Y, заданные температуры и тепловые потоки могут подчиняться тем или иным законам распределения с корреляционными связями между ними.

Учитывая, что электромеханическая часть мехатронного модуля представляет собой привод на BLDC электродвигателях составляем уравнения этой части системы в пространстве состояний /3/:

$$\dot{x} = Ax + Bu \quad (3)$$

где: x — матрица входных значений;

u — выходных значений;

A, B — матрицы определяемые структурой силовой цепи BLDC электродвигателя и значениями ее параметров.

Для решения системы уравнений (2) и (3) и статического расчета искомых температур и тепловых потоков, в пакете Simulink системы Matlab 7 была построена виртуальная модель мехатронного модуля активной системы воздушного охлаждения системного блока PC, с применением в качестве исполнительных элементов электромеханической части системы BLDC электродвигателей (см. рисунок 2). Рабочий ток и мощность на примере одного BLDC электродвигателя представлены на рисунке 3. Рабочая температура и скорость вращения на примере одного BLDC электродвигателя представлены на рисунке 4.

Рисунок 2. Виртуальная модель мехатронного модуля системы воздушного охлаждения элемента системного блока PC на примере двухдвигательного привода на BLDC электродвигателях

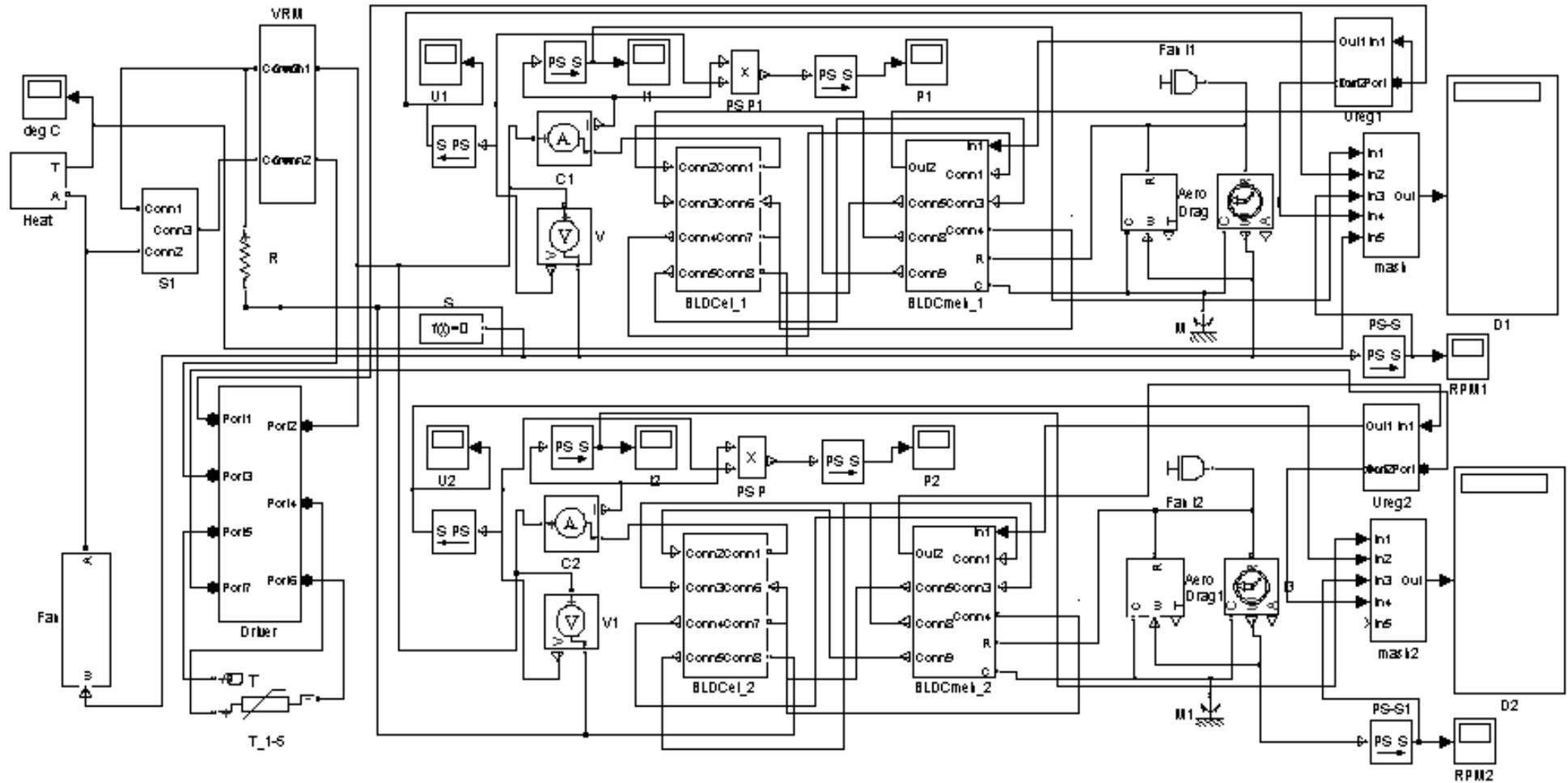


Рисунок 3. Рабочий ток и мощность на примере одного BLDC электродвигателя

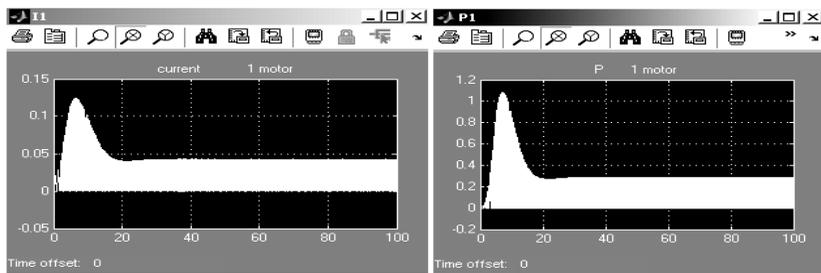
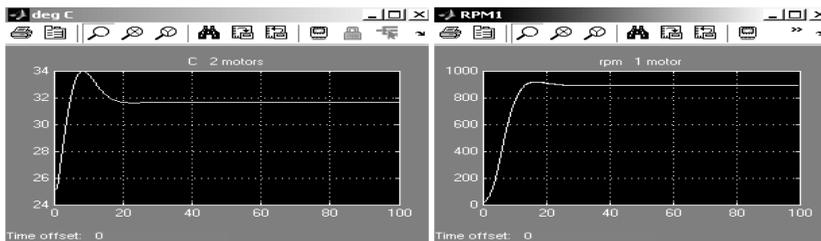


Рисунок 4. Рабочая температура и скорость вращения на примере одного BLDC электродвигателя



Выводы

1. Результаты работы позволяют ускорить процесс проектирования и инсталляции современных системных блоков PC под производителя конкретной материнской платы и электропривода системы охлаждения с оптимизацией энергосберегающих характеристик.

2. Модель позволяет проверить правильность выбора различных по мощности электродвигателей в многодвигательной системе и учитывая коэффициент загрузки объекта управления, можно добиться снижения потребляемой мощности АСУ охлаждением РЭА.

Список литературы:

1. Н.Ф.Ильинский, В.В. Москаленко. Электропривод: энерго- и ресурсосбережение: учеб. Пособие для студ. высш. учеб. заведений. — М.: Издательский центр «Академия», 2008. — 208 с.

2. Сагитов П.И. Энергосбережение в электроприводе: учеб. Пособие. — Алматы, 2003. — 84 с.
3. Овчинников И.Е. Вентильные электрические двигатели и привод на их основе (малая и средняя мощность): Курс лекций. — СПб.: КОРОНА-Век, 2006. — 336 с.
4. Интернет ресурсы: www.ansoft.com, www.radan-electric.kazprom.net, www.delta.com.
5. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в Matlab 6.0: Учебное пособие.-СПб.: КОРОНА принт, 2001. — 320 с.

СЕКЦИЯ 3.

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Барбашин Димитрий Иванович

аспирант, ИжГТУ, г. Ижевск

E-mail: enerjiser@rambler.ru

С развитием и совершенствованием технических средств ввода/вывода информации получили развитие новые способы человеко-машинного взаимодействия. По мере совершенствования вычислительной техники и программного обеспечения открываются новые возможности для решения задач, которые ранее был не разрешимы в силу ряда факторов (недостаточная вычислительная мощность, большие объемы информации и др.). При такой тенденции спектр задач и информационный поток к оператору постоянно увеличивается, хотя его пропускная способность практически остается неизменной. Так проблема взаимодействия человека и машины, оператора и электронной системы (ЭС) с развитием техники не теряет своей актуальности. Скорее наоборот, с ростом сложности технических средств ужесточаются и требования к деятельности оператора.

Одна из основных целей проектировщика технической системы — это обеспечение наибольшей (заданной) ее надежности. Надежность сложной системы, состоящей из множества подсистем, в большой степени определяется согласованной (своевременной) работой этих подсистем. Так согласованная работа оператора и ЭС во многом определяет безошибочность работы системы «оператор-ЭС», а значит и ее надежность [2]. Таким образом, один из путей повышения общей надежности системы заключается в обеспечении оптимального взаимодействия ее элементов, то есть оператора и технических средств. В процессе тренировок оператор обретает навык работы с системой — адаптируется к ней. Степень согласования подсистем повышается. С другой стороны повышать степень согласованности, а значит и надежность всей системы «оператор-ЭС» можно путем

адаптации ЭС под оператора. Наиболее эффективная работа обеих подсистем (оператора и ЭС) возможна при их взаимном согласовании, то есть взаимной адаптации — одновременной адаптации оператора к системе и системы к оператору.

Как правило, электронная система (технические средства) и оператор работают в диалоговом режиме. Такое взаимодействие осуществляется в виде последовательности чередующихся вопросов (от системы к пользователю) и ответов (обратно), то есть в форме диалога «человек-машина». Средством общения, общим «языком общения», на котором понятен обмен информации обоим «абонентам» — выступает человеко-машинный интерфейс. Главное назначение диалога — дать возможность оператору оказывать оперативное влияние на процесс управления в динамике [1]. Обеспечение высокой эффективности человеко-машинного интерфейса — комплексная, многокритериальная задача. В число основных критериев человеко-машинного интерфейса входят: доступность для различных категорий пользователей, удобство работы, оперативность — малое время реакции оператора на стимул, гибкость — способность к перестройке и изменению параметров диалога в процессе функционирования [1].

В качестве основных показателей оптимальности конструкции приборных панелей (ПП) пультов управляющих систем выделяют [2] : 1) минимальное время поиска компонентов и 2) минимальное число ошибок оператора. В этой связи рассматривается возможность применения адаптивного интерфейса для повышения степени согласованности, эффективности функционирования систем «человек-машина» с точки зрения минимизации времени поиска элементов ПП, а при жестких временных ограничениях, как следствие — уменьшении числа ошибок совершаемых оператором. Под адаптивным пользовательским интерфейсом (АПИ) понимают взаимосвязанную совокупность программных и технических средств, позволяющую конечному пользователю наиболее эффективно использовать все предоставленные системой возможности путем автоматически настраиваемого интерфейса под конкретного пользователя [6]. Время поиска элемента воздействия на соответствующий ему стимул будет минимально в случае, если элемент воздействия и стимул находятся в одной точке поля ПП. В качестве одного из методов реализации может быть использован сенсорный экран — когда проекции стимула и элемента воздействия на плоскость ПП совпадают. Так для создания адаптивной части всей приборной панели может быть использован сенсорный экран.

Процесс настройки АПИ возможен в двух **режимах адаптации** [5]: 1. Пассивная адаптация — ручная настройка пользователем структуры интерфейса исходя из его личных требований и предпочтений к организации работы; 2. Активная адаптация — автоматическая адаптация структуры. Применительно к управляющим системам можно выделить следующие общие **цели адаптации системы**: 1. Выявление общих трендов и моделей в поведении групп пользователей, для настройки и оптимизации адаптивной графической части интерфейса; 2. Пополнение наборов правил адаптации на основе анализа действий пользователя; 3. Советующие функции и контекстная помощь. Набор методов, принципов и технических приемов формируют инструментарий адаптивной системы и могут использоваться в качестве основных концепций для проектирования и разработки АПИ. Выделяют следующие основные **средства адаптации** [7]: 1. Предоставление каждому пользователю индивидуальной независимой копии интерфейса; 2. Создание механизма внесения изменений в модель интерфейса независимо от исходного содержания; 3. Динамическое построение интерфейса на основе заданных правил или исходя из предпочтений пользователя; 4. Сквозная идентификация и аутентификация пользователей; 5. Возможность активного изменения свойств копии интерфейса пользователем; 6. Сохранение адаптированных индивидуальных особенностей системы для каждого отдельного пользователя; 7. Быстрое отключение/включение (нажатием одной клавиши) интеллектуального блока интерфейса при необходимости выполнения нестандартных операций.

Наличие адаптивного интерфейса позволит обеспечить каждого пользователя наиболее удобной диалоговой структурой из всех, предусмотренных в данной системе. Основной проблемой при создании адаптивных диалоговых систем является выделение признаков, которые необходимо использовать для внесения изменений в интерфейс. Система должна идентифицировать пользователя и формировать для него индивидуальный интерфейс так, чтобы обеспечить максимальную эффективность взаимодействия. [4]. Оператор и электронное средство могут рассматриваться как две отдельные подсистемы, в совокупности образующие общую систему «оператор-ЭС». Для того, чтобы одна подсистема (оператор) могла взаимодействовать с другой (электронное средство), в ней должны содержаться модель второй подсистемы и модель взаимодействия с данной конкретной подсистемой [3]. В свою очередь, модель взаимодействия подсистемы ЭС должна содержать две группы других

моделей: моделей тех подсистем, с которыми она потенциально может взаимодействовать (область ее компетенции — модели групп операторов) и модель текущей сессии взаимодействия. В зависимости от случая частной решаемой задачи — один из возможных маршрутов обслуживания системы «оператор-ЭС». Таким образом, общая модель адаптивного интерфейса, как элемента связи между оператором и ЭС, включает в себя следующие модели: модели групп пользователей, модели решаемых задачи (текущей сессии взаимодействия), и модель взаимодействия системы с пользователем.

Адаптивный графический интерфейс может обеспечить наибольшую согласованность оператора и технических средств, благодаря подстройке под конкретные особенности оператора. В результате чего увеличится вероятность безошибочной работы оператора, и надежность всей системы «оператор-ЭС».

Список литературы:

1. Алиев А.С., Восков Л.С., Ильин В.Н. Интеллектуальные САПР технологических процессов в радиоэлектронике. — М.: Радио и связь, 1991. — 264 с.
2. Барбашин Д.И. Разработка математических моделей и алгоритмов для автоматизированного проектирования передних панелей информационно-измерительных систем. // Измерения, контроль и диагностика: докл. I Всерос. науч. конф. — Ижевск: Проект-2010.
3. Васильева Е.И. Адаптивный интерфейс — новый этап в человеко-машинном взаимодействии.// Научная сессия МИФИ-2000. Сборник научных трудов. — 2000. — Т.3.
4. Дикарев С.Б., Гура В.В., Целых А.Н. Некоторые подходы к проектированию адаптивных систем.// Вестник компьютерных и информационных технологий. — 2006. — № 5.
5. Микулич Л.И. Онтологии в системах с интеллектуальным интерфейсом.// Научная сессия МИФИ — 2000. Сборник научных трудов. — 2000. — Т.3.
6. Харач О.Г., Чумаченко П.Ю. Особенности проектирования интеллектуальных элементов человеко-машинного взаимодействия.// Оборонный комплекс — научно-техническому прогрессу России. — 2007. — №4.
7. Ходаков В.Е., Ходаков Д.В. Адаптивный пользовательский интерфейс: проблемы построения. // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. — 2003. — №1.

УСЛОВИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

Савин Валерий Сергеевич

инженер-электроник ООО НПП «ИНТОР» г. Новочеркасск

E-mail: savin87@mail.ru

Анализ производственных условий предприятий нефтегазовой отрасли, как наиболее крупной и интенсивно развивающейся, показал, что наличие распределенных электрических зарядов, которые создают электростатические поля и способны в результате разрядов зажигать горючие газы, пары или пыль, находящиеся в воздушной среде, обуславливают высокую электростатическую опасность. В результате детонации взрывов и пожаров происходят трагические случаи и наносится ущерб производству. Согласно статистике, причиной взрывов паровоздушных смесей в 27% случаев было статическое электричество [1, с. 10].

Согласно гипотезе о статической электризации тел при соприкосновении двух разно заряженных веществ из-за неравновесности атомных и молекулярных сил на их поверхности происходит перераспределение электронов с образованием двойного электрического слоя с противоположными знаками электрических зарядов. Таким образом, между соприкасающимися телами, особенно при их трении, возникает контактная разность потенциалов, иначе называемая электростатическим зарядом.

В большинстве случаев этот заряд мешает технологическому процессу (например, вызывая неполадки в электронных блоках), и в некоторых случаях приводит к остановке производства, а иногда и к несчастным случаям (т.к. электростатический разряд может вызывать резкие движения у человека, и быть причиной произвольных резких движений), а также пожарам и взрывам [3; 4; 5]. Для предотвращения подобных проблем важно знать уровень этих электростатических зарядов на материале и месте, где они возникают. Также необходимо, обеспечивать сигнализацию о превышении уровня. Для этого необходимы определенные устройства, которые способны измерить такой неблагоприятный фактор, как статическое электричество.

В промышленности в настоящее время выпускается ряд электронных устройств для измерения показателей статического электричества, такие как например Static Control (производства фирмы

Науг), измеритель статического электричества SF-156 (производства Pulselectronic), измеритель напряженности электростатического поля СТ-01, Quick 431, ETS-216, ИЭСП-01, ИЭСП-6, ЭСПИ-301В, ПЗ-70/1. Указанные устройства измеряют напряженность электростатического поля и (или) статическое напряжение.

Технические характеристики выпускаемых устройств измерения показателей статического электричества представлены в таблице 1.

Таблица 1. Технические характеристики устройств измерения показателей статического электричества

Устройство	Технические характеристики				
	Диапазон измерения	Точность измерения	Питание устройства	Габаритные размеры	Масса
1	2	3	4	5	6
Static Control [6]	0-1000 кВ	+/- 10%	Сменная батарея 9 В	142x70x26 мм	0,13 кг без батареи
СТ-01 [7]	0,3-180 кВ/м	+/- 15%	Аккумуляторная батарея 6 В	Преобразователя: 320x32x32 мм; Блока управления: 170x105x42 мм	1,1 кг
SF-156 [8]	0-160 кВ	+/- 5%	Сменная батарея 9 В	150x66x32 мм	Нет данных
ETS-216 [9]	20 кВ/дюйм	+/- 2%	Сменная батарея 9 В	Устройства: 200x60x23 мм; Пластины: 152x152 мм	0,255 кг
ИЭСП-01 [10]	0,1-18 кВ	+/- 10%	Сменная батарея 9 В; внешний источник 220 В	285x85x60 мм	0,6 кг
ИЭСП-6 [11]	0,1-10 кВ	+/- 10%	Сменная батарея 9 В	175x90x30 мм	0,36 кг
ЭСПИ-301В [12]	0,3-180 кВ/м	+/- 15%	Нет данных	Механический модулятор: 350x40x40 мм; Устройство отсчетное: 170x85x45 мм; Пластина: 500x500x10 мм	Механический модулятор 0,8 кг; Устройство отсчетное 0,5 кг; пластина 2,5 кг
ПЗ-70/1 [13]	0,01-100 кВ/м	+/- 15%	Сменная батарея 6В	Измеритель: 450x110x40 мм; Устройство отсчетное: 170x85x45 мм	Измеритель: 0,8 кг; Устройство отсчетное 0,5 кг.
Quick 431[14]	0-22 кВ	+/- 10%	Сменная батарея 9 В	125x70x25 мм	0,2 кг

Все устройства имеют встроенный жидкокристаллический дисплей для индикации измеренного параметра. Исходя из анализа вышеприведенных электронных устройств, можно сделать вывод, что все они обладают рядом характеристик, которые не полностью соответствуют необходимым требованиям для применения их в качестве мобильных портативных устройств непрерывного контроля опасности, т.к. они не обладают функцией мониторинга и сигнализации о превышении критического значения, а также не отвечают требованиям компактности и мобильности.

Одним из возможных решений можно считать разработанное устройство, которое может быть встроено в конструктивные элементы защитной одежды человека, работая тем самым как интеллектуальный элемент дополнительного управления безопасностью человека на искронапряженных объектах.

Прибор содержит автономный источник питания, датчик электростатического поля, анализатор, управляющий блок и блок оповещения (источник звукового сигнала).

Упрощенное графическое представление датчика изображено на рисунке 1. Здесь:

1 — чувствительный элемент, воспринимающий электростатическое поле;

2 — анализатор, сравнивает измеренное значение контролируемого параметра с заданными критическим значением;

3 — управляющий блок, в случае превышения критического значения передает импульс на блок оповещения — 4;

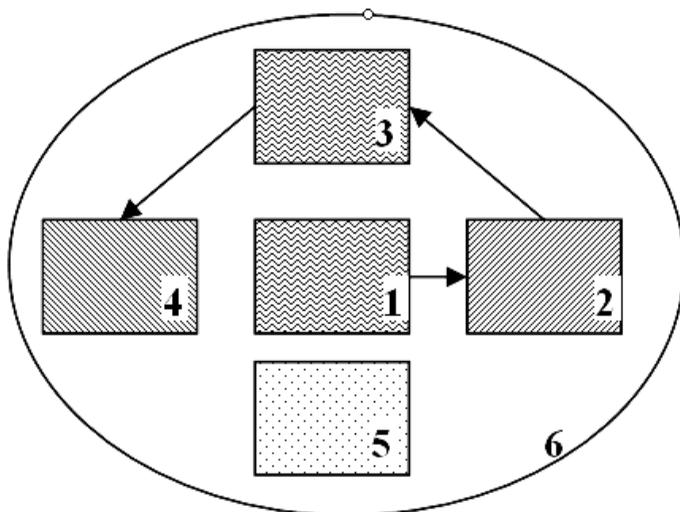
4 — блок оповещения, в виде звукового сигнала предупреждает об опасности возникновения электростатического разряда;

5 — автономный источник питания;

6 — корпус прибора.

Предельные значения параметров, характерных для процессов электризации в среде воздуха подчиняются закону Пашена [15, с. 85].

Рисунок 1. Упрощенная схема датчика



При этом в связи с бурным развитием технологий дистанционного контроля и мониторинга в современных условиях, необходимо развивать комплексные решения задачи управления электростатической безопасностью человека.

Список литературы

1. Черунова, И.В. Основы проектирования антиэлектростатической теплозащитной одежды (монография) / И.В. Черунова, Меркулова А.В., Горчаков В.В., Бринк И.Ю. // Москва: Изд-во «Академия Естествознания», 2007.
2. Безопасность жизнедеятельности: Учебник/ Под ред. проф. Э.А. Арустамова. — 10-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2006. — 476 с.
3. Взрыв в Шелехове произошел из-за статического электричества // Статс-Секретарь информационно-деловой портал. [электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://stats-sekretar.ru/irkutskaya-oblast/sobyitiya/vzryiv-v-shelehove-proizoshel-iz-za-staticheskogo-elektrichestva.html> (дата обращения 25.07.2011).
4. К взрыву на Казанском пороховом заводе, возможно, привело статическое электричество // Информационный портал Вести ПБ. [электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: http://www.vestipb.ru/news_2456.html (дата обращения 25.07.2011).

5. Пожар в мебельном цехе в Благовещенске произошел из-за статического электричества // ФедералПресс Российское информационное агентство. [электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: http://fedpress.ru/federal/polit/society/id_217210.html (дата обращения 26.07.2011).
6. Уничтожаем статическое электричество — Static Control. [электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.haug.ru/content/view/9/2/a> (дата обращения 26.07.2011)
7. Измеритель электростатических полей СТ-01 в жилых и рабочих помещениях. [электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.eurolab.ru/product/54086> (дата обращения 26.07.2011)
8. Измеритель статического электричества SF 156. [электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: http://www.puls.com.tr/urun_ru.aspx?ID=178 (дата обращения 26.07.2011)
9. ETS-216 | Измеритель напряженности статического поля ETS-216. [электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.astena.ru/ets-216.html> (дата обращения 26.07.2100)
10. Измеритель электростатических полей ИЭСП-01 при аттестации рабочих мест по условиям труда. [электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.haug.ru/content/view/9/2/a> (дата обращения 26.07.2100)
11. ИЭСП-6 Измеритель электростатического потенциала. [электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.tehno.com/product.phtml?uid=B00120034304> (дата обращения 26.07.2100)
12. Измерители электрического и магнитного поля. [электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.labteh.com/productID2031/> (дата обращения 26.07.2100)
13. Измерители электрических полей. [электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: http://ciklon.ru/prod/pribor/p370-1/opis_p370-1.htm (дата обращения 26.07.2100)
14. Quick-431. [электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: http://www.atlaspro.ru/shop/mebel/antistat2/specializirovannye_pribory_kontrolja_esd/id_8194.html (дата обращения 26.07.2100)
15. Кукин, Г.Н. Соловьев А.Н. Текстильное материаловедение. М.: Легпромиздат, 1985. — 216 с.

КОСВЕННАЯ ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ КАНАЛА ДАВЛЕНИЯ ПОВЕРОЧНОЙ УСТАНОВКИ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ И ЧАСТОТЫ ПУЛЬСА

Сойко Алексей Игорьевич

к.т.н., доцент КНИТУ-КАИ, г. Казань

E-mail: alexsoiko@rambler.ru

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ для поддержки молодых ученых № МК-6303.2010.8.

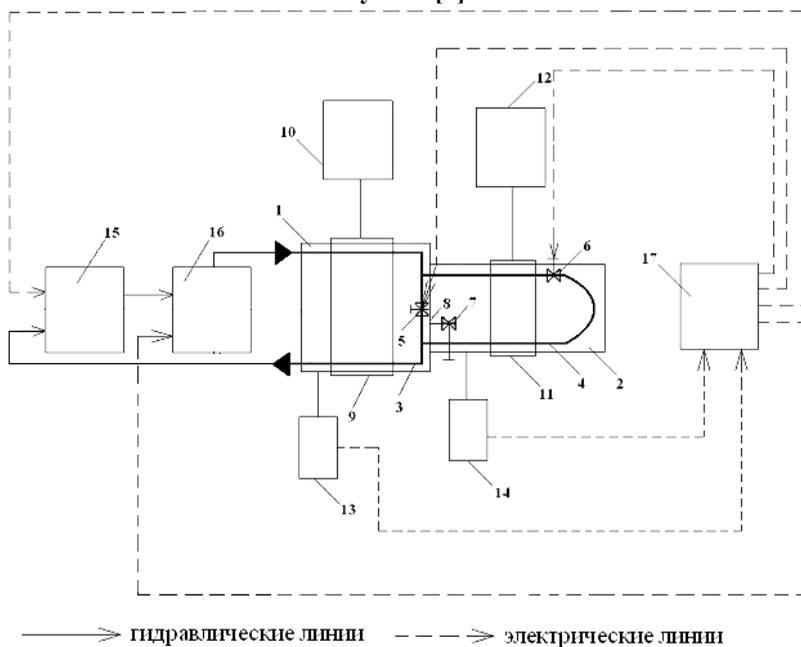
Качество измерения артериального давления во многом определяется характеристиками широко используемых в повседневном быту простейших цифровых измерительных приборов артериального давления (ИАД) [4, с. 18]. Для оценки точности их измерений была разработана поверочная установка на базе гидравлического имитатора давления и частоты пульса, позволяющего одновременно и взаимосвязано осуществлять передачу размера единиц давления и частоты пульса цифровым измерительным приборам артериального давления, а также проводить комплектную поверку таких приборов как с плечевыми, так и с запястными манжетами.

Схема установки приведена на рисунке 1. Гидравлический имитатор давления и частоты пульса состоит из двух измерительных модулей 1 и 2, выполненных в виде цилиндров, в которых размещены эластичные трубки 3 и 4, имитирующие соответственно плечевую артерию и артерию на запястье руки человека. Измерительный модуль 1 используется для поверки цифровых ИАД 10 с манжетами на плечо 9, измерительный модуль 2 — для поверки цифровых ИАД 12 с манжетами на запястье 11. Измерительные модули 1 и 2 разделены между собой непроницаемой перегородкой 8, в которой установлен соединительный запорно-регулирующий элемент 7, выполняющий функцию гидравлического объединения двух модулей, выравнивая соответствующие давления в них для более точной передачи пульсаций рабочей жидкости на компрессионные манжеты поверяемых средств измерений.

Блоком управления 17 задаются требуемые значения давления и частоты. Сформированный сигнал поступает на вход насоса 15 и генератора переменного расхода 16 [1], с помощью которых в эластичную трубку 3 первого измерительного модуля нагнетается рабочая жидкость с заданными давлением и частотой пульсаций.

Регулирование расхода рабочей жидкости в трубке 3 осуществляется запорно-регулирующим элементом 5, а в трубке 4 — запорно-регулирующим элементом 6.

Рисунок 1. Установка для комплектной поверки ИАД с гидравлическим имитатором давления и частоты пульса [2]



Контроль давления в измерительных модулях 1 и 2 осуществляется рабочими эталонами давления и частоты 13 и 14, представляющими собой датчик избыточного давления МИДА с верхним пределом измерений 40 кПа и погрешностью 0,15% и частотомер ЧЗ-63/1 с погрешностью $\pm 5 \cdot 10^{-7}$. Поддержание стабильных параметров давления в измерительных модулях 1 и 2 осуществляются регуляторами давления 5, 6 и 7 соответственно.

Данная установка позволяет за одну операцию поверки сличить в точке показания поверяемого ИАД с манжетой на плечо (P_{e1}, P_{n1}, f_1) и/или ИАД с манжетой на запястье (P_{e2}, P_{n2}, f_2) с эталонными

значениями $(P_{e01}, P_{н01}, f_{01})$ и $(P_{e02}, P_{н02}, f_{02})$, воспроизводимыми рабочими эталонами давления и частоты 13 и 14 соответственно.

Целью настоящей работы является теоретический анализ точности поверочной установки с гидравлическим имитатором давления и частоты пульса для одновременной и взаимосвязанной передачи размера единиц давления измерительным приборам с плечевыми и запястными манжетами.

Теоретическая оценка точности и анализ погрешности измерительных каналов поверочных установок представлены с позиции рассмотрения статических характеристик гидравлически связанных звеньев, входящих в ее состав (рисунок 2).

Рисунок 2. Структурная схема измерительного канала давления поверочной установки измерителей артериального давления с манжетами на плечо и запястье



На рис. 2 введены следующие обозначения:

PO_1, PO_2 — регулирующие органы для изменения расхода жидкости;

P_0 — начальное давление, задаваемое с блока управления;

$P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6$ — выходные параметры давления рассматриваемых звеньев;

$P_{зад}$ — заданное значение регулируемой переменной, которое должно поддерживаться регулятором;

$\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \Delta_4, \Delta_5, \Delta_6$ — погрешности звеньев, приведенных к их выходу, при этом Δ_3 и Δ_5 — сигналы рассогласования (ошибки) первого и второго измерительного модуля, определяемые как:

$$\begin{cases} \Delta_3 = P_{зад} - P_4 \\ \Delta_5 = P_{зад} - P_6 \end{cases}.$$

Выходная величина каждого отдельно взятого звена может быть представлена в виде:

$$P = P_{ном} + \Delta_p, \quad (1)$$

где $P_{ном}$ — часть выходного сигнала, определяемого входной величиной и номинальной функцией преобразования;

Δ_p — абсолютная погрешность на выходе отдельного преобразователя.

Давление, создаваемое насосом, можно представить в виде:

$$P_1 = P_{ном} + \Delta_1 = K_n \cdot P_0 + \Delta_1, \quad (2)$$

где $K_n = \partial P_1 / \partial P_0$ — коэффициент преобразования звена;

Δ_1 — погрешность, определяемая характеристиками насоса.

Учитывая, что погрешность предыдущего звена учитывается на погрешности последующих звеньев, можно получить выражения для расчета выходного давления каждого последующего звена, входящего в состав поверочной установки [3, с. 28]. Так, результат измерения давления на выходе генератора расхода можно определить как:

$$P_2 = P_{2ном} + K_z \cdot \Delta_1 + \Delta_2 = K_n \cdot K_z \cdot P_0 + \frac{\partial P_2}{\partial P_1} \cdot \Delta_1 + \Delta_2, \quad (3)$$

где $K_z = \partial P_2 / \partial P_1$ — коэффициент преобразования генератора расхода;

Δ_2 — погрешность на выходе генератора расхода.

По аналогии запишем результат измерения давления на выходе первого измерительного модуля для проверки ИАД с манжетами на плечо, при этом учитываем, что к последовательному соединению измерительного модуля и рабочего эталона давления параллельно включен регулятор давления. Получим:

$$P_4 = \frac{K_n \cdot K_z \cdot K_{m1} \cdot K_{s1}}{1 + K_{m1} \cdot K_{p1} \cdot K_{s1}} \cdot P_0 + \frac{\partial P_4}{\partial P_1} \Delta_1 + \frac{\partial P_4}{\partial P_2} \Delta_2 + \frac{(\partial P_4 / \partial P_2)(P_{зад} - P_4)}{1 + (\partial P_4 / \partial P_2)[(P_{зад} - P_4) / P_4]} + \Delta_4 \quad (4)$$

где $K_{m1} = \partial P_3 / \partial P_2$ — коэффициент преобразования первого измерительного модуля;

$K_{s1} = \partial P_4 / \partial P_3$ — коэффициент преобразования первого рабочего эталона давления;

$$K_{p1} = \frac{\Delta_3}{P_4} = \frac{P_{зад} - P_4}{P_4} \text{ — коэффициент преобразования регулятора}$$

расхода, который обеспечивает стабильное поддержание давления в измерительном модуле 1;

$$\Delta_4 = \frac{\gamma_1 \cdot P_N}{100\%} \text{ — погрешность первого рабочего эталона давления,}$$

где γ_1 — класс точности рабочего эталона давления;

P_N — нормирующее значение рабочего эталона давления.

Давление на выходе второго рабочего эталона давления P_6 измерительного модуля для поверки ИАД с манжетой на запястье запишется в виде:

$$P_6 = \frac{K_n \cdot K_e \cdot K_{m1} \cdot K_{s1} \cdot K_{m2} \cdot K_{s2}}{(1 + K_{m1} \cdot K_{s1} \cdot K_{p1})(1 + K_{m2} \cdot K_{s2} \cdot K_{p2})} \cdot P_0 + \frac{\partial P_6}{\partial P_1} \Delta_1 + \frac{\partial P_6}{\partial P_2} \Delta_2 + \frac{(\partial P_6 / \partial P_2)((P_{зад} - P_4))}{1 + (\partial P_4 / \partial P_2)[(P_{зад} - P_4) / P_4]} +, \quad (5)$$

$$\frac{\partial P_6}{\partial P_4} \frac{\gamma_1 \cdot P_N}{100} + \frac{(\partial P_6 / \partial P_4)(P_{зад} - P_6)}{1 + (\partial P_6 / \partial P_4)[(P_{зад} - P_6) / P_6]} + \Delta_6$$

где $K_{m2} = \partial P_5 / \partial P_4$ – коэффициент преобразования второго измерительного модуля;

$K_{s2} = \partial P_6 / \partial P_5$ – коэффициент преобразования второго рабочего эталона давления;

$K_{p2} = \frac{\Delta_5}{P_6}$ — коэффициент преобразования регулятора расхода

второго измерительного модуля.

$\Delta_6 = \frac{\gamma_2 \cdot P_N}{100}$ — погрешность второго рабочего эталона давления;

γ_2 – класс точности второго рабочего эталона давления.

Таким образом, из (5) выразим номинальное давление на выходе измерительного канала давления гидравлического имитатора для поверки ИАД с манжетами на плечо и запястье:

$$P_{ном} = \frac{K_n \cdot K_e \cdot K_{m1} \cdot K_{s1} \cdot K_{m2} \cdot K_{s2}}{(1 + K_{m1} \cdot K_{s1} \cdot K_{p1})(1 + K_{m2} \cdot K_{s2} \cdot K_{p2})} \cdot P_0. \quad (6)$$

Погрешность измерительного канала давления при последовательном соединении измерительных модулей 1 и 2 (рис. 2) запишется в виде:

$$\Delta_p = \frac{\partial P_6}{\partial P_1} \Delta_1 + \frac{\partial P_6}{\partial P_2} \Delta_2 + \frac{(\partial P_6 / \partial P_2)((P_{зад} - P_4))}{1 + (\partial P_4 / \partial P_2)[(P_{зад} - P_4) / P_4]} + \frac{\partial P_6}{\partial P_4} \frac{\gamma_1 \cdot P_N}{100} + \frac{(\partial P_6 / \partial P_4)(P_{зад} - P_6)}{1 + (\partial P_6 / \partial P_4)[(P_{зад} - P_6) / P_6]} + \frac{\gamma_2 \cdot P_N}{100} \quad (7)$$

Таким образом, выражения (6) — (7) позволяют определить номинальное давление, а также произвести оценку погрешности измерительного канала давления поверочной установки на базе

гидравлического имитатора давления и частоты с последовательным расположением измерительных модулей для поверки ИАД с плечевыми и запястными манжетами.

Поскольку регуляторы давления обеспечивают поддержание регулируемой переменной на заданном уровне при колебаниях возмущающих воздействий в определённых пределах, регулирование давления в измерительных модулях осуществляется до практически полного устранения ошибки, полагаем $\Delta_3 = 0$ и $\Delta_5 = 0$.

Переходя к относительной форме записи формулы (7), получим формулу для определения погрешности канала давления в виде:

$$\delta_p = \frac{\partial P_6}{\partial P_1} \delta_{p1} + \frac{\partial P_6}{\partial P_2} \delta_{p2} + \left(\frac{\partial P_6}{\partial P_4} + 1 \right) \delta_{p_3}, \quad (8)$$

где δ_{p_3} — относительная погрешность используемого эталона давления (при $\gamma_1 = \gamma_2$).

Для учета всех перечисленных составляющих погрешности канала давления (без учета их знака) запишем его относительную погрешность (8) в следующем виде:

$$\delta_p = \sqrt{\left(\frac{\partial P_6}{\partial P_1} \delta_{p1} \right)^2 + \left(\frac{\partial P_6}{\partial P_2} \delta_{p2} \right)^2 + \left(\left(\frac{\partial P_6}{\partial P_4} + 1 \right) \delta_{p_3} \right)^2} \leq 0,25\% \quad (9)$$

Формула (9) дает максимально возможную оценку погрешности канала давления установки для поверки ИАД с манжетами на плечо и на запястье. Наибольший вклад в погрешность δ_p вносит последнее слагаемое, обусловленное инструментальной составляющей погрешностью измерения артериального давления. Влияние первых двух составляющих мало в виду компенсации давления в измерительных модулях 1 и 2. Данная погрешность в вероятностном смысле ограничена сверху предельным значением $\delta_p \leq 0,25\%$, регламентирована требованиями нормативных документов для поверки ИАД и включает в себя, во-первых, допускаемую погрешность применяемых эталонов давления, во-вторых, суммирование погрешностей измерительных модулей на плечо и на запястье при последовательном их расположении.

Список литературы:

1. Генератор переменного расхода жидкости (варианты): пат. № 2318190 Рос. Федерация. № 2006108275/28; заявл. 07.03.06; опубл. 20.02.2008, Бюл. №6.

2. Имитационная модель руки человека для поверки средств измерения артериального давления и частоты сердечных сокращений: пат. № 2405423 Рос. Федерация. № 2009123052/14; заявл. 16.06.09; опубл. 10.12.10, Бюл. №34.
3. Сойко А.И. Анализ точности измерений установок для поверки измерителей артериального давления и частоты пульса // Медицинская техника, №3, 2011. С. 27—33
4. Сойко А.И., Каратаев Р.Н. Поверочные установки измерителей артериального давления с использованием генераций пульсирующих потоков: монография. Казань: Отечество, 2009 — 132 с.

СЕКЦИЯ 4.

РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ АМПЛИТУДНЫХ МАЛОГАБАРИТНЫХ РАДИОПЕЛЕНГАТОРОВ САНТИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА С РУПОРНО- ПАРАБОЛИЧЕСКИМИ И СПИРАЛЬНЫМИ АНТЕННАМИ

Мещеряков Александр Алексеевич

старший научный сотрудник НИИ РТС ТУСУР, г. Томск

Аникин Алексей Сергеевич

аспирант кафедры РТС ТУСУР, г. Томск

Цугланов Василий Валерьевич

аспирант кафедры РТС ТУСУР, г. Томск

E-mail: rbk@sibmail.com

В радиолокационных системах применяются амплитудные пеленгаторы, в которых пеленг на источник радиоизлучения (ИРИ) определяется по отношению уровней сигналов в приёмных каналах [1]. Точность оценки пеленга зависит от множества факторов, и, прежде всего, от направленности антенн [4]. В условиях пересечённой местности диаграммы направленности значительно отличаются от расчётных или измеренных в безэховых камерах. Поэтому в данной работе используется понятие «кажущейся» диаграммы направленности.

Целью сообщения является экспериментальная оценка точности малогабаритных пеленгаторов с вращающимися приёмными антеннами различной направленности в условиях распространения радиоволн над пересечённой местностью.

Оценка точности амплитудных пеленгаторов проводилась по результатам испытаний на реальных трассах.

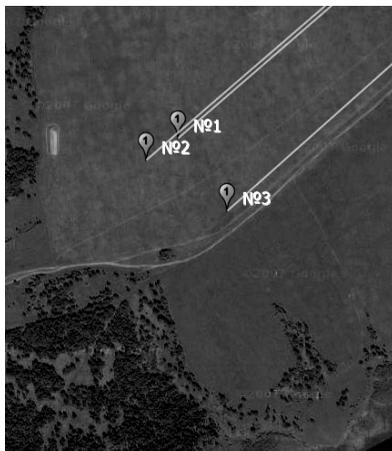
Характеристика измерительных трасс. Эксперимент проводился на местности, представляющей собой слегка волнистую, в разной степени расчлененную равнину с абсолютными отметками высоты над уровнем моря 65...160 м и покрытой частично лесом высотой 20-25 м.

Для исследования использовались три трассы примерно одинаковой протяженностью, около 17 км. Расположение трасс на местности показано на рисунке 1, полученному с помощью программы «SAS Planet» [5] и данным топопривязки измерительных пунктов. Как видно из рисунка, трассы расходились под небольшим углом от приёмного пункта. Передающие позиции, расстояние между которыми было не более 300 м, располагались в поле, поросшем луговой травой, высотой до полуметра и имеющем неровности до 1,5-2 м.

Рисунок 1. Расположение экспериментальных трасс и передающих позиций



а



б

Трассы распространения радиоволн были полуоткрытыми (передающие позиции №1,2, рисунок 1б) и закрытой (передающая позиция №3, рисунок 1б) трассами. Закрытие на трассах было вызвано наличием леса. Для каждой трассы построены профили трасс с помощью программы «Карта 2011» [3] и представлены на рисунках 2-4. На профилях отображена прямая линия, соединяющая передатчик и пеленгатор.

Рисунок 2. Профиль трассы №1

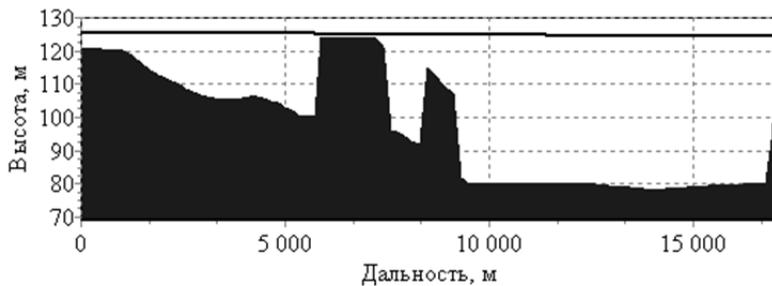


Рисунок 3. Профиль трассы №2

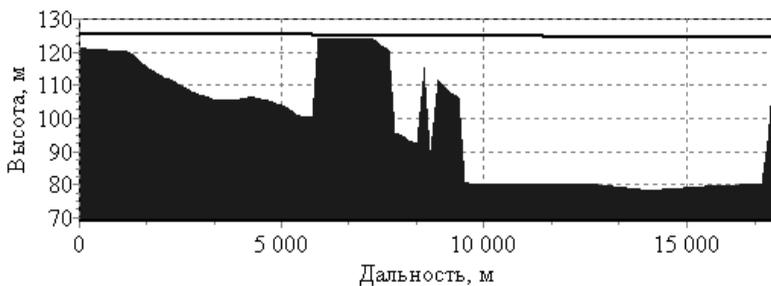
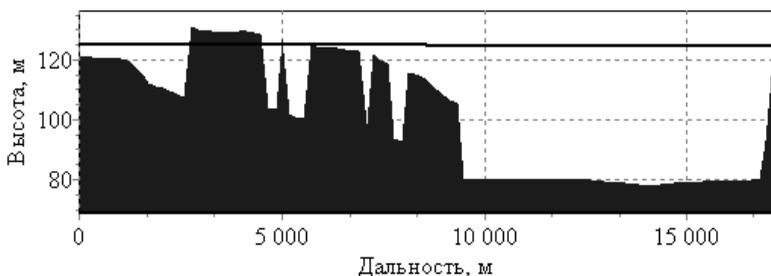


Рисунок 4. Профиль трассы №3



Аппаратура. Пеленгатор был выполнен на базе измерительного комплекса [2] и состоял из антенной системы, многоканального радиоприёмного устройства, аппаратуры регистрации и управления. Антенная система имела две рупорно-параболические антенны, рассчитанные на прием сигналов линейной поляризации с наклоном 45 град и две плоские спиральные антенны с эллиптической поляризацией. Радиоприёмное устройство содержало четыре приёмных канала с квадратурными выходами принимаемых сигналов. Аппаратура регистрации содержала два четырехканальных 8-разрядных АЦП и ЭВМ. Работа приёмного и передающего пункта была синхронизирована специальной системой синхронизации, что позволяло регистрировать принимаемые сигналы при малом уровне без пропусков.

Схемы используемых приёмных антенных систем представлены на рисунках 5 и 6. В горизонтальной плоскости рупорно-параболические антенны 1 и 2 были разнесены друг относительно друга в пространстве на $L_1 = 690$ мм и по азимуту на $\alpha = 36$ градусов. Для антенной системы со спиральными антеннами 3 и 4 соответствующие величины составили $L_1 = 200$ мм и $\alpha = 45$ градусов.

Антенные системы были закреплены на одной платформе, которая устанавливалась на поворотное устройство. Внешний вид антенн в сборе приведен на рисунке 7. Антенные системы располагались на высоте не более 4,4-х метров над поверхностью земли.

В качестве источника излучения использовался радиопередатчик магнетронного типа импульсной мощностью 100 кВт, длительностью импульса 300 нс и антенной с шириной 3^0 .

Рисунок 5. Схема антенной системы с рупорно-параболическими антеннами ($\beta = -60^0$, $\gamma = 170^0$)

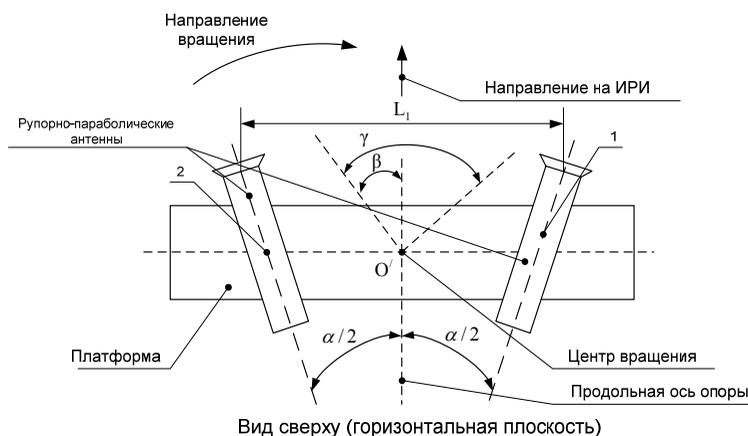
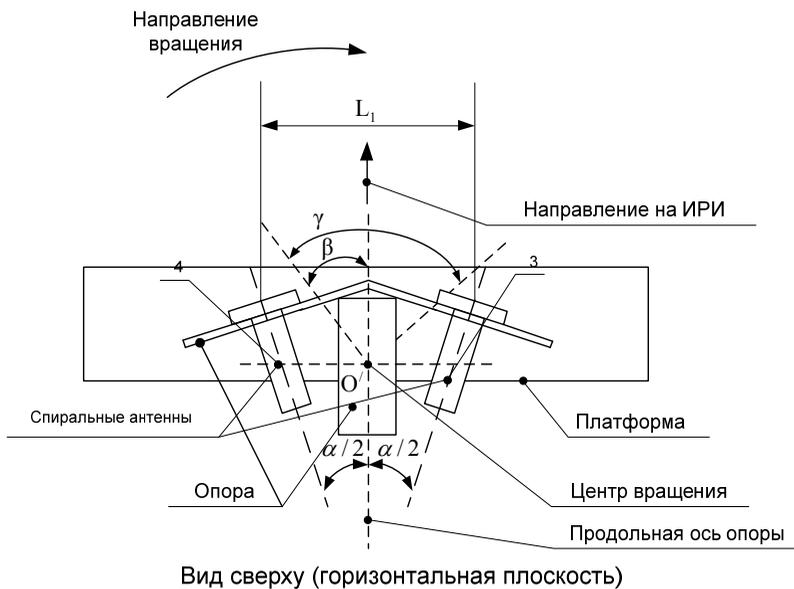
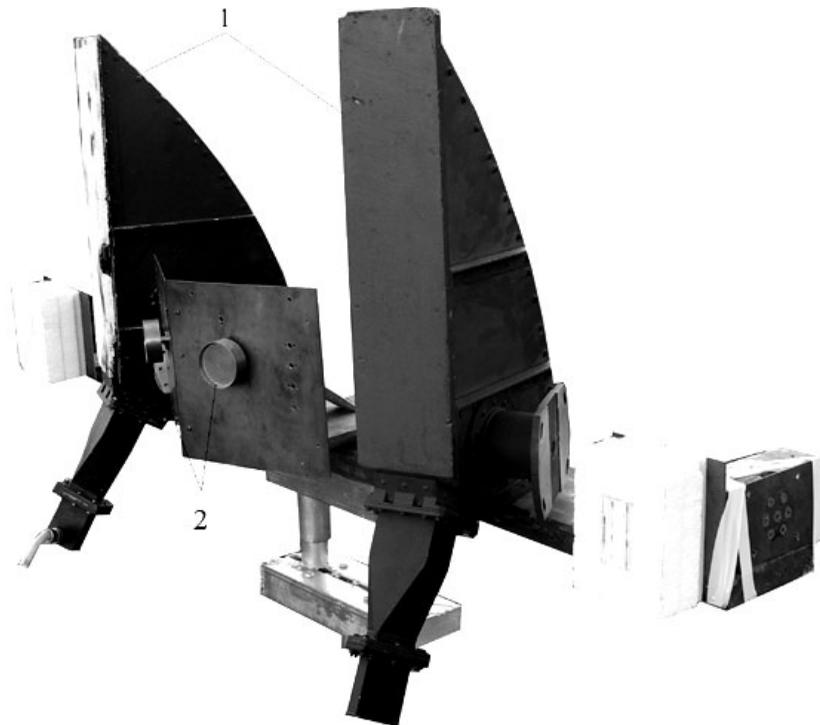


Рисунок 6. Антенная система со спиральными антеннами
($\beta = -600, \gamma = 1700$)



**Рисунок 7. Внешний вид антенной системы пеленгатора
(1 — рупорно-параболические антенны, 2 — спиральные антенны)**



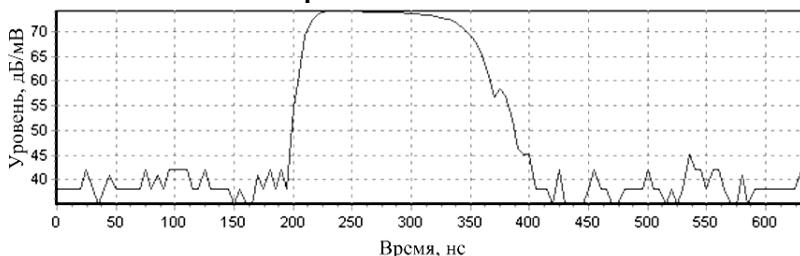
Методика измерения. Целью измерений была запись сигналов при отворотах антенны пеленгатора, для чего выполнялись следующие действия:

1. Антенна передатчика ориентировалась на приёмник.
2. Устанавливалась вертикальная поляризация излучения антенны передатчика.
3. Антенная система приёмника отворачивалась на угол β , которая являлась начальным положением антенн при измерениях.
4. В начальном положении измерялся уровень принимаемых сигналов с выходов приёмных каналов $U_1(\beta)$ и $U_2(\beta)$ соответствующих антенн. Затем антенная система совершала по β поворот с шагом $\Delta\gamma = 0,05$ градуса до угла $\beta+\gamma$, при каждом угловом положении регистрировались уровни сигналов во всех приемных каналах.
5. Описанные выше действия выполнялись для горизонтальной поляризации излучения.

6. Аналогичные действия выполнялись при регистрации сигналов с выходов спиральных антенн.

При измерениях проводилась калибровка аппаратуры, после чего погрешность регистрации уровней сигналов составляла не более 0,5 дБ. Энергетический потенциал измерительной установки обеспечивал отношение сигнал/шум более 50 дБ, поэтому шумы приёмника не сказывались при приёме слабых сигналов в минимумах диаграмм направленностей. Пример зарегистрированного сигнала приведен на рисунке 8.

Рисунок 8. Реализация зарегистрированного импульса в одном из приемных каналов



Методика обработки. Обработка полученного материала заключалась в следующем.

1. Вычислялась оценка амплитуды импульса как среднее значение первых 15-ти отсчетов от начала вершины импульса.

2. По полученным оценкам амплитуд импульсов формировалась «кажущаяся» диаграмма направленности антенн пеленгатора.

3. Оценка пеленгационной характеристики выполнялась по «кажущимся» пеленгационным характеристикам (ПХ), которые вычислялись как разность уровней сигналов «кажущихся» диаграмм направленностей в соответствии с формулой:

$$f(\theta) = 20 \cdot \lg(U_1(\theta)) - 20 \cdot \lg(U_2(\theta)),$$

где U_1 и U_2 — нормированные к максимуму уровни сигналов на выходах приемников соответствующей пары антенн для некоторого угла отворота θ . Максимум уровня сигнала выбирался среди значений $U_1(\theta)$ и $U_2(\theta)$, за полный поворот антенной системы. ПХ имела квазилинейный участок, который характеризовался монотонностью функции $f(\theta)$ относительно точки $f(\theta) = 0$. Квазилинейный участок ПХ аппроксимировался методом наименьших квадратов прямой $y(\theta) = a \cdot \theta + b$.

4. Оценки пеленга на ИРИ вычислялись из уравнения $y(\theta) = 0$, что равносильно пересечению аппроксимирующей прямой абсциссы, по формуле $\theta' = -b/a$.

Погрешность пеленга $\Delta\theta$ вычислялась как отклонение оценки пеленга θ' от истинного значения $\theta_0 = 0^\circ$ по формуле $\Delta\theta = \theta' - \theta_0$

Знак ошибки указывал на смещение оценки пеленга ИРИ относительно истинного значения влево (отрицательный) или вправо (положительный).

Результаты обработки зарегистрированных материалов.

Примеры «кажущихся» диаграмм направленности для антенной системы с рупорно-параболическими и спиральными антеннами, при излучении сигнала вертикальной поляризации показаны на рисунках 9 и 10 соответственно.

Рисунок 9. «Кажущиеся» диаграммы направленности антенной системы с рупорно-параболическими антеннами, трасса №3

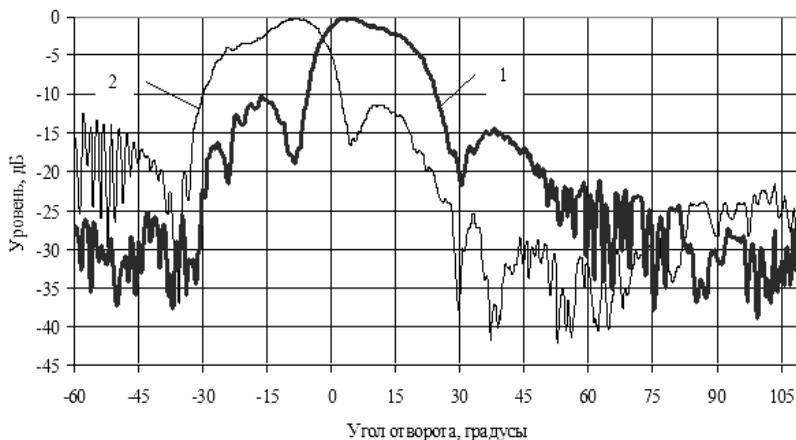
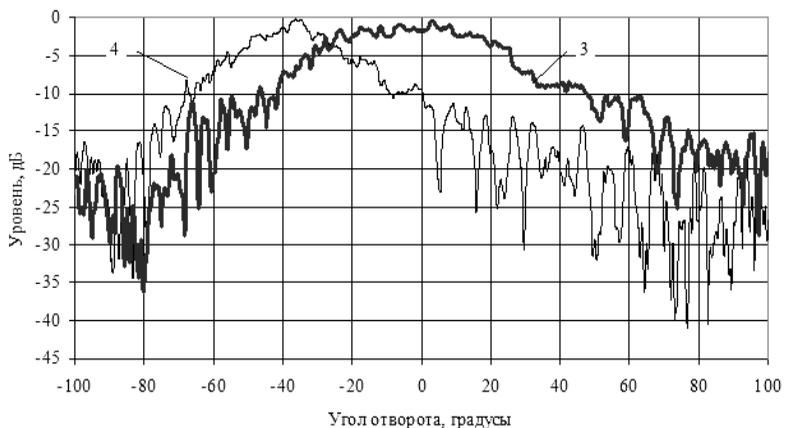


Рисунок 10. «Кажущиеся» диаграммы направленности антенной системы со спиральными антеннами, трасса №3



Примеры «кажущихся» ПХ, вычисленных по формуле (1), для антенной системы с рупорно-параболическими и спиральными антеннами показаны на рисунках 11 и 12 соответственно.

Рисунок 11. «Кажущаяся» ПХ антенной системы с рупорно-параболическими антеннами, трасса №3

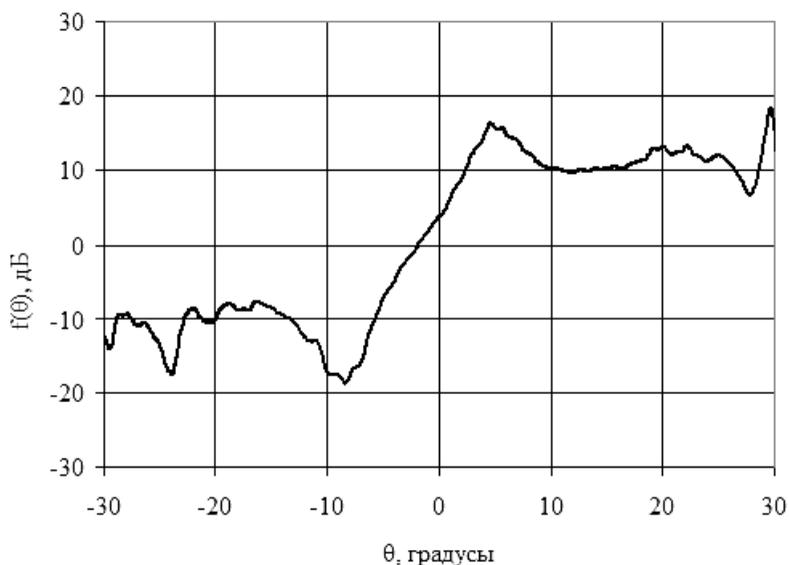
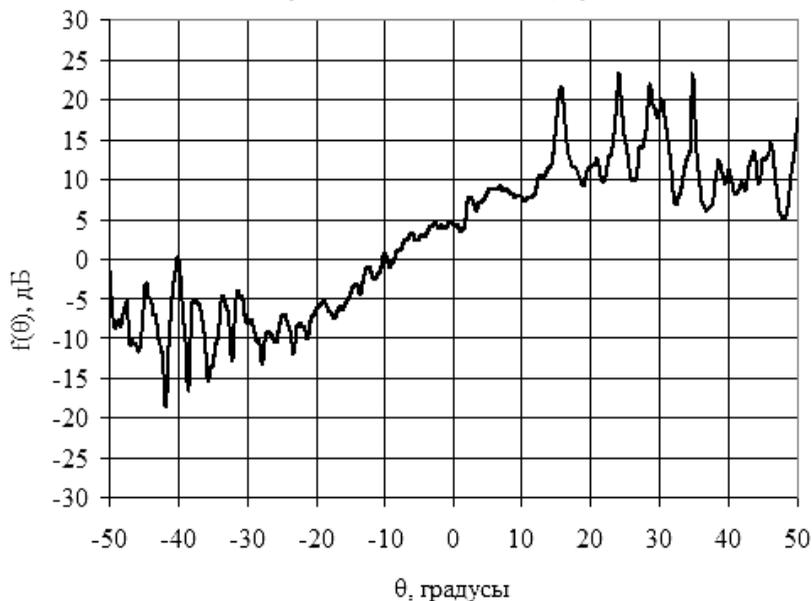


Рисунок 12. «Кажущаяся» диаграмма направленности антенной системы со спиральными антеннами, трасса №3



Ошибки пеленгования, вычисленные по формуле (2), для антенной системы с рупорно-параболическими и спиральными антеннами приведены в таблицах 1 и 2 соответственно.

Таблица 1. Ошибки пеленгования амплитудным пеленгатором

Трасса	Поляризация	Ошибка пеленга, градусы	
		Рупорно-параболические антенны	Спиральные антенны
№ 1	вертикальная	-6,96	-9,28
	горизонтальная	-1,65	4,14
№ 2	вертикальная	-7,50	-9,80
	горизонтальная	-1,75	4,40
№ 3	вертикальная	-10,02	-15,60
	горизонтальная	-2,98	-24,74
	Среднее, m_θ	- 5,14	- 8,48
	СКО, σ_θ	3,49	11,34

Как видно из представленных материалов, на трассах с пересечённой местностью наблюдаются искажения диаграмм направленности антенн, имеющие интерференционный характер, что особенно заметно для спиральных антенн. Следствием искажений диаграмм направленности являются ошибки пеленгования.

Были получены оценки пеленга на источник для вертикальной и горизонтальной поляризации излучения. Так как обычно отсутствуют априорные сведения о поляризации излучаемого сигнала, то оценки пеленга для различных поляризаций излучения усреднялись. Поскольку трассы являлись примерно одинаковыми, то усреднение было проведено для всех трасс. Оказалось, что для пеленгатора на рупорно-параболических антеннах смещение пеленга m_θ составило минус 5,14 градуса при СКО 3,5 градуса, а смещение пеленга m_θ для пеленгатора на спиральных антеннах составили минус 8,48 градусов при СКО 11,34 градуса. Эти оценки указывают на лучшую точность пеленгатора с более крупными по размеру антенными элементами. Однако следует иметь в виду, что при этом увеличивается время обзора требуемого сектора пеленгования.

Преимущественное смещение оценок пеленга влево от истинного направления на ИРИ, по-видимому, вызвано наличием препятствия в виде кромки леса на пути распространения радиоволн.

Точность пеленгаторов можно характеризовать полной ошибкой, которую можно вычислить по формуле $\sigma = \sqrt{(m_\theta)^2 + (\sigma_\theta)^2}$. Полная ошибка пеленгатора на рупорно-параболических антеннах составляет 6,21 градуса, а для пеленгатора на спиральных антеннах она равна 14,15 градусов.

Выводы.

1. Полученные результаты проверки точности малогабаритных пеленгаторов показывают, что ошибки пеленгования в наибольшей степени зависят от ширины диаграмм направленности используемых антенных элементов. Пространственное разнесение антенных элементов, необходимое по конструктивным соображениям, ведет к декорреляции отсчетов амплитуды сигналов различных приемных каналов, однако этот эффект оказывается незначительным во вкладе в ошибку пеленгования по сравнению с влиянием интерференционных искажений «кажущихся» диаграмм широконаправленных спиральных антенн.

2. Явное преимущество по точности имеет радиопеленгатор с рупорно-параболическими антеннами, поскольку полная ошибка пеленгования с помощью этого пеленгатора составила около 6 градусов в сравнении с 14 градусами пеленгатора со спиральными антеннами.

Список литературы:

1. Денисов В.П. Радиотехнические системы / В.П. Денисов, Б.П. Дудко. Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2006. — 253 с.
2. Измерительный комплекс для исследования пространственно-временных искажений радиосигналов трехсантиметрового диапазона на наземных трассах / М.Е. Ровкин, М.В. Крутиков, А.А. Мещеряков, М.В. Осипов, В.А. Зайцев, Е.Ю. Бутырин // Известия вузов России. Радиоэлектроника. — 2006. — №6. — С. 7–11.
3. Карта 2011: универсальная геоинформационная система создания и редактирования электронных карт и выполнения различных измерений и расчетов. [электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: www.gisinfo.ru/(дата обращения: 12.07.2011).
4. Леонов А.И. Моноимпульсная радиолокация / А.И. Леонов, К.И. Фомичев. М.: Советское радио, 1970. — 392 с.
5. SAS.Планета: программа для просмотра и загрузки спутниковых снимков высокого разрешения и обычных карт. [электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://sasgis.ru/>(дата обращения: 15.07.2011).

ВЛИЯНИЕ АДАПТИВНОЙ АНТЕННЫ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ СВЯЗИ С ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Берлёв Сергей Викторович

преподаватель ВИ МВД РФ г. Воронеж

E-mail: avenismail@mail.ru

Инфраструктура крупного города включает в себя как жизненно необходимую составную часть систему связи. Необходимость в оперативном обмене информацией привела к быстрому развитию систем радиосвязи с подвижными объектами. Наиболее часто связь осуществляется между неподвижным центром связи и подвижным объектом.

В настоящее время имеются совершенные комплексы цифровой системы радиосвязи. Однако в качестве антенны радиостанции подвижного объекта, как правило, традиционно используется обычный несимметричный вибратор.

Антенна в виде одиночного несимметричного вибратора не дает возможности эффективно решить проблемы радиосвязи с подвижными объектами, которые обусловлены особенностями распространения радиоволн в городе. Эти проблемы связаны с эффектами затенения, рассеяния радиоволн, многолучевости и быстрым изменением направления прихода лучей, амплитуд и фаз сигналов при движении объекта.

Большинство отмеченных выше проблем удастся решить, если в качестве антенны радиостанции подвижного объекта использовать антенную решетку с системой обработки сигналов от ее элементов, позволяющей адаптироваться к постоянно изменяющейся радиообстановке по критериям качества принимаемого сигнала.

Очевидно, что для мобильных систем связи разработка низкопрофильных излучателей и конформных антенных решеток на их основе, обладающих повышенной помехозащищенностью, тактико-технической надежностью, управляемой диаграммой направленности с возможностью пространственно-поляризационной селекции полезных сигналов на фоне помех, является актуальной задачей.

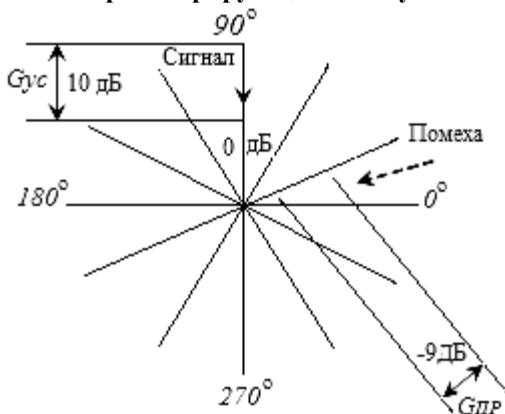
Известно [1, с. 348], что преимуществом адаптивных антенн (АА) является их способность бороться с внутрисистемными помехами за счет формирования узкого главного лепестка диаграммы направленности (ДН) в направлении обслуживаемого абонентским терминалом (АТ), и ориентирования «нулей» ДН в направлении других АТ, находящихся в зоне действия БС и использующих тот же частотный и временной каналы. В соответствии с этим, основной характеристикой АА считается выигрыш $G_{ИА}$ в отношении сигнал/помеха (ОСП), достигаемый использованием АА.

Величина $G_{ИА}$ определяется коэффициентом усиления $G_{УС}$ АА в главном лепестке ДН и коэффициентом $G_{ПР}$ пространственной режекции сигналов мешающих АТ (рис. 1). $G_{ПР}$ определяется отношением:

$$G_{ПР} = \frac{\sigma_{ИА}^2}{\sigma_{ИА}^2} \quad (1)$$

где $\sigma_{НА}^2$ и $\sigma_{НА}^2$ — мощности помех на выходах, соответственно, ненаправленной антенны и АА.

Рисунок 1. ДН ИА, усиливающей полезный сигнал и режектрирующей помеху



С учетом (1) выигрыш АА в ОСП равен

$$G_{ИА} = \frac{\sigma_{НА}}{\sigma_{НА}} = \frac{G_{УС} p_{ИА} \left(\frac{1}{G_{ПР}} \sigma_{НА}^2 + \eta_0 W \right)^{-1}}{p_{НА} (\sigma_{НА}^2 + \eta_0 W)^{-1}}, \quad (2)$$

где $p_{ИА}$ и $p_{НА}$ — значения ОСП при приеме сигналов, соответственно, АА и ненаправленной антенной; $p_{НА}$ и η_0 — мощность сигнала и спектральная плотность мощности шума на выходе ненаправленной антенны, W — ширина спектра сигнала.

Преобразование (2) приводит к выражению

$$G_{ИА} = G_{УС} G_{НА} \left(\frac{\sigma_{НА}^2 + \eta_0 W}{\sigma_{НА}^2 + G_{ПР} \eta_0 W} \right). \quad (3)$$

Если мощность внутрисистемных помех много больше мощности шума ($\sigma_{НА}^2 \gg \eta_0 W$), то, как следует из (3), выигрыш от использования АА равен $G_{ИА} = G_{УС} G_{ПР}$.

С другой стороны, в ситуации доминирования шумов над помехами ($\sigma_{\text{ИА}}^2 \ll \eta_0 W$), $G_{\text{ИА}}$ определяется только коэффициентом усиления АА $G_{\text{ИА}} = G_{\text{УС}}$.

Значения $G_{\text{УС}}$ и $G_{\text{ПР}}$ зависят от числа элементов АР M и числа источников помех [2, с. 101]. Максимальное значение $G_{\text{УС}}$, равное M , достигается при использовании АА в качестве пространственного фильтра, согласованного с сигналом обслуживаемого АТ. Тем не менее, при наличии помех, максимизация $G_{\text{УС}}$, как правило, не приводит к максимизации $G_{\text{ИА}}$ (2), поскольку такой вариант использования АА не предполагает целенаправленной режекции помех и, соответственно, влечет за собой низкое значение $G_{\text{ПР}}$.

Степень свободы при выборе весового вектора антенной решетки (АР) определяется разностью М-К между числом элементов АР и числом рассматриваемых АТ, включая обслуживаемый АТ и помеховые АТ. Чем больше K — тем меньше степень свободы и, соответственно, ниже $G_{\text{УС}}$. При $K \leq M$ АА способна как режектировать помеховые сигналы, так и ориентировать максимум главного лепестка ДН в направлении обслуживаемого АТ (рис. 2, 3).

Рисунок 2. ДН ИА с круговой АР, $M = 15$, $K = 7$

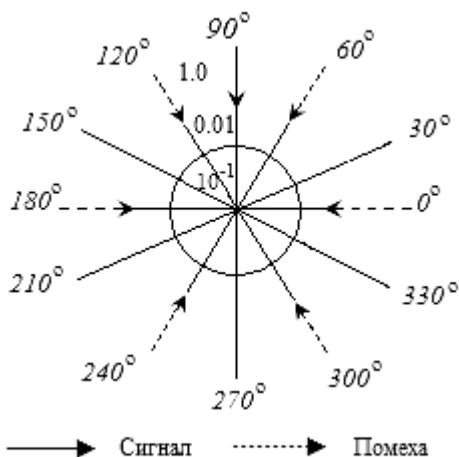
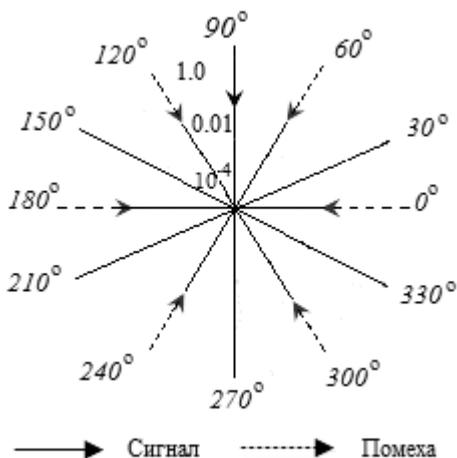


Рисунок 3. ДН ИА с круговой АР, $M = 8$, $K = 7$



В случае $K = M$ АА еще способна режектировать все помехи, однако уже не в состоянии управлять ориентацией максимума ДН. Если $K > M$, АА не позволяет осуществлять пространственную режекцию всех источников помех.

Таким образом, увеличение числа помех, подлежащих режекции, приводит, с одной стороны, к росту $G_{\text{ПР}}$, а с другой стороны, вызывает снижение $G_{\text{ВС}}$. Оптимальное соотношение между $G_{\text{ВС}}$ и $G_{\text{ПР}}$, соответствующее максимуму (2, с. 361), зависит от баланса мощностей помех и шума. Чем мощнее помеха — тем больше должен быть коэффициент $G_{\text{ПР}}$, тогда как максимизация $G_{\text{ВС}}$ соответствует случаю преобладания шумов над помехами.

Выводы. Принципы использования АА в прямом и обратном каналах связи не имеют принципиальных отличий и, в случае временного разделения этих каналов, величина $G_{\text{ИА}}$ оказывается одинаковой в обоих направлениях. В ситуации с частотным разделением прямого и обратного каналов связи возникает проблема оценки направлений с базовой станции на АТ. В этом случае значение $G_{\text{ИА}}$ для прямого канала связи оказывается на 3-4 дБ ниже, чем для обратного канала связи.

Список литературы:

1. Монзиго Р.Л. Адаптивные антенные решетки / Р.Л. Монзиго, Т.У. Миллер; пер. с англ.- М.: Радио и связь, 2003. — 466 с.
2. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток: учеб. пособие для вузов / под ред. Д.И. Воскресенского — М.: Радиотехника, 2003. — 632 с.

СЕКЦИЯ 5.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ И АЛГОРИТМА РАБОТЫ БАЗЫ ПРЕЦЕДЕНТОВ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ РАСЧЕТА НОРМЫ РАСХОДА ИНСТРУМЕНТА

Афлятунова Венера Алмасовна

*магистр, ГОУ ВПО «Камская государственная инженерно-
экономическая академия», г. Набережные Челны*

E-mail: venera1203@mail.ru

Симонова Лариса Анатольевна

*профессор, д. т. н., ГОУ ВПО «Камская государственная
инженерно-экономическая академия», г. Набережные Челны*

Важная роль в бесперебойном обеспечении предприятия необходимыми инструментами принадлежит инструментальному хозяйству. Сложность организации, планирования производства и эксплуатации инструментов обуславливается огромной номенклатурой, высоким требованиям к качеству и стойкости и большим влиянием инструментального хозяйства на экономику предприятия. Значительный объем анализируемых данных требует немалого времени для их ручной обработки и принятия решения в сложившейся ситуации. Этим и обусловлена необходимость использования автоматизированной системы поддержки принятия решений, предназначенной для формирования точных данных расхода инструмента. В основе таких систем могут лежать различные методы обработки информации, в частности, использование интеллектуальной системы поддержки принятия решений. В области проектирования и реализации программных систем искусственного интеллекта весьма актуальными являются задачи моделирования правдоподобных рассуждений на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений [1], в том числе задачи организации представления и хранения данных и знаний

(прецедентов), а также разработки эффективных методов работы с распределенными данными.

Для разработки начального состояния базы прецедентов необходимо взять за основу данные, полученные из опытного исследования. За основу были взяты 3 вида деталей и опытным путем определено вид и количество расходуемых инструментов на 1000 деталей. Опытные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1. Экспериментальные данные

Технологические операции (материал)	Инструмент (материал)	Фактическое кол-во расхода инструмента
Отливка: Патрубок (740.11-1115075-10, 740.11-1115075-20, 740.11-1115074)		
Обрезка	Фреза ф550 16-2256-4012	2
Зачистка машинная	Дисковая шарошка 06-2290-4028	2
Зачистка ручная	Борфреза ф22 ГОСТ18949-73	2
Отливка: Колено отводящего патрубка (6520-1303028, 5460-1303028, 5320-130328)		
Обрезка	Пила ленточная 35x1,3x10мм	7-8
Зачистка машинная	Дисковый напильник 06-2290-4028	1-2
	Лента шлифовальная 40x800	10
Зачистка ручная	Пневматический ленточный напильник	1
	Шлифовальная лента 250x20	5
	Напильник 0071 ГОСТ1465-80	1-2
Отливка: Тройник (5411-1109050)		
Обрезка	Пила ленточная 35x1,3x10мм	5-6

Зачистка машинная	Дисковый напильник 06- 2290-4028	1
Зачистка ручная	Пневматический ленточный напильник	1
	дисковая шарошка 330.137	1

Согласно полученным данным, в первоначальном состоянии база прецедентов будет содержать следующие прецеденты [2; 3]:

1. если патрубок из сплава АК9ч обрабатывается в техоперации обрезка, то инструмент Фреза ф550 и расход инструмента на 1000 отливок составляет 2шт.;

2. если патрубок из сплава АК9ч обрабатывается в техоперации Зачистка машинная, то инструмент Дисковой напильник и расход инструмента на 1000 отливок составляет 2шт.;

3. если патрубок из сплава АК9ч обрабатывается в техоперации зачистка ручная, то инструмент Зубило и расход инструмента на 1000 отливок составляет 1шт.;

4. если колено из сплава Ак9пч обрабатывается в техоперации зачистка машинная, то инструмент Дисковой напильник и расход инструмента на 1000 отливок составляет 5шт.;

5. если колено из сплава Ак9пч обрабатывается в техоперации зачистка машинная, то инструмент Дисковой напильник и расход инструмента на 1000 отливок составляет 5шт.;

6. если колено из сплава Ак9пч обрабатывается в техоперации зачистка машинная, то инструмент Дисковой напильник и расход инструмента на 1000 отливок составляет 5шт.

Учитывая приведенные выше опытные данные и специфику работы интеллектуальной системы (сложность получения ответа при помощи логического рассуждения) база прецедентов была разделена на следующие классы:

- исходные данные, т.е. данные получаемые с интерфейса пользователя;
- опытные решения, т.е. решения, которые получены, но не подтверждены экспертом;
- эталонные решения, решения, которые подтверждены экспертом и являются прецедентами.

Рисунок 1. Классы и алгоритм формирования прецедента



Алгоритм работы базы прецедентов состоит в модификации исходных данных следующим образом [1; 2]:

- анализируются данные детали — ее форма, вид обработки и сплав, из которого состоит деталь;
- далее данные сравниваются с уже существующими прецедентами;
- определяется эталонное решение с тем же параметрами, в котором заложен метод расчета нормы расхода инструмента;
- исходные данные и метод расчета передается в блок вычисления, т.е. происходит модификация эталонного решения;
- в результате данной модификации получаем опытное решение, которое идет на подтверждение эксперту;
- после подтверждения эксперта, формируется прецедент, сохраняющийся в базе.

Список литературы:

1. Бредихин К.Н., Варшавский П.Р. Распределенный вывод на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений // Теория и практика системного анализа: тр. I Всерос. науч. конф. молодых ученых. Рыбинск: РГАТА им. П.А. Соловьева, 2010. Т. 1. С. 57–62.

2. Варшавский П.Р., Еремеев А.П. Моделирование рассуждений на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений // Искусственный интеллект и принятие решений. 2009. №2. С. 45–47.
3. Гречишников В.А. Моделирование систем инструментального обеспечения автоматизированных производств. Москва, 1988, серия 8 (Инструментальное и технологическое оснащение металлообрабатывающего производства: ВНИИТЭМР. Вып.4).

К ВОПРОСУ О СОЗДАНИИ КОМПЬЮТЕРНО-ИНФОРМАЦИОННЫХ ОБУЧАЮЩИХ СРЕД

Батаков Борис Леонидович

заведующий лабораторией ИТ, ЧФ ПНИПУ, г. Чайковский

E-mail: Batakov_boris@mail.ru

В настоящее время создание компьютерно-информационной обучающей среды (КИОС) носит исследовательский характер, поэтому методологические и технологические аспекты конструирования компьютерно-информационной обучающей среды еще слабо проработаны. Сложность архитектуры предполагает участие в ее создании специалистов различного профиля, поэтому развитая методология должна включать методики и рекомендации для каждого специалиста и устанавливать способы взаимодействия между ними. Технология должна снабжать их специализированными инструментальными средствами.

Кроме того, трудности при формировании КИОС, как показывает анализ многочисленных работ, объясняются несовершенством известных методов построения обучающих сред и, прежде всего, недостаточным изучением проблемы получения знаний. Известный американский ученый в области искусственного интеллекта Фейгенбаум в своей работе [3, с. 18] отмечает, что именно эта проблема является "узким местом" при разработке систем искусственного интеллекта.

Сложность работы по созданию КИОС заключается также в том, что знания экспертов трудно представить с помощью ЭВМ. Поэтому одна из основных задач, которая стоит перед разработчиками КС — это нахождение наиболее оптимальных способов представления знаний. База знаний КИОС должна формироваться на основе знаний

высококвалифицированного специалиста в рассматриваемой ПО, владеющего методикой преподавания своего предмета. При формировании базы знаний КИОС необходимо четко структурировать закладываемые в нее знания. База знаний должна быть полной с учетом различных форм представления знаний. При ее формировании следует учитывать форму занятия, на котором она будет использоваться, другими словами знания должны быть ориентированы на тип разрабатываемой КИОС в процессе обучения в ВУЗе.

Из представленных к настоящему времени моделей архитектуры экспертно-обучающих систем наиболее полной, на наш взгляд, является модель, предложенная Ибрагимовым О.В. и Петрушиным В.А. [1, с. 196; 2, с. 21]. В основе данной архитектуры ЭОС лежит следующая модель процесса обучения. Имеется цель обучения, выраженная в терминах текущих характеристик обучаемого. Пока цель не достигнута, действия повторяются в следующей последовательности:

- на основании текущего состояния обучаемого и методики обучения генерируется очередная задача (здесь под задачей понимается любая информация, требующая ответных действий обучаемого);
- ответ обучаемого сравнивается с эталонным решением и на основании различий производится диагностика ошибок обучаемого;
- по результатам диагностики корректируются текущие характеристики обучаемого.

Основываясь на данной модели процесса обучения, нами была разработана архитектура КИОС, которую можно рассматривать как совокупность трех взаимодействующих систем (рис. 1):

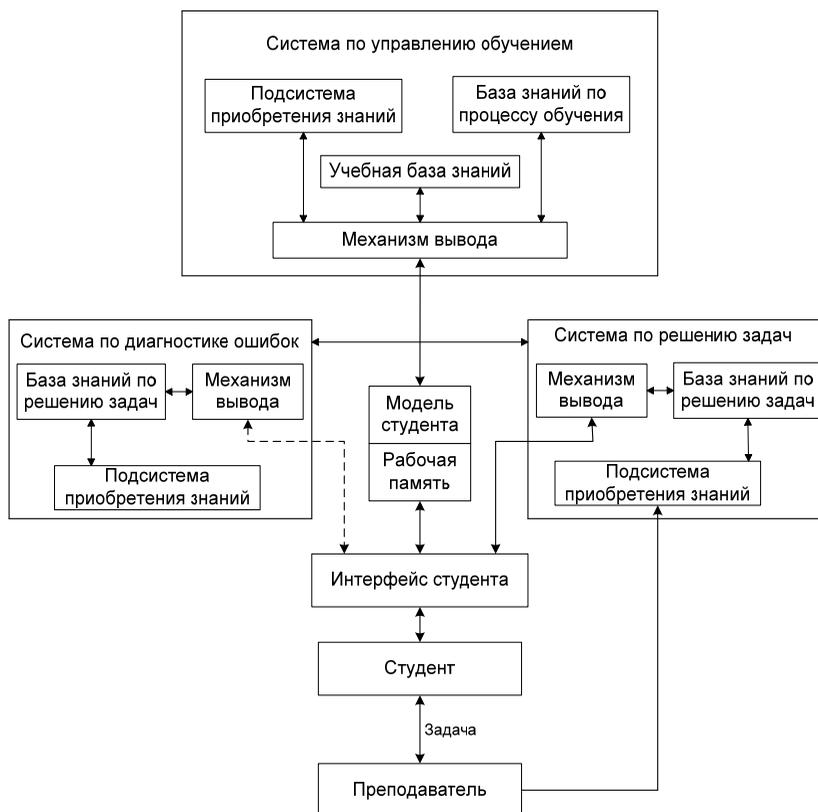
- КС по решению задач в изучаемой предметной области;
- КС по диагностике ошибок обучаемого;
- КС по управлению обучением.

Компьютерная система по решению задач (КС РЗ) предназначена для выработки эталонного решения задачи.

Компьютерная система по диагностике ошибок студента (КС ДО) предназначена для выявления неправильных представлений обучаемого об изучаемой предметной области на основе сравнения его ответа с эталоном. Основное назначение КС ДО — диагностика: симптомы выводятся на основании различия в ответах обучаемого и КС РЗ, а результатами являются изменение текущих характеристик обучаемого (модели обучаемого).

Компьютерная система по управлению процессом учения (КС УУ) представляет собой КС по планированию в ограничениях, накладываемых имеющимся учебным материалом.

Рисунок 1. Архитектура компьютерно-информационной обучающей среды



Взаимодействие КИОС с обучаемым происходит следующим образом. КС УУ формирует в соответствии с текущей целью очередное задание для обучаемого, которое передается одновременно и КС РЗ. Далее КС ДО сравнивает решение обучаемого с решением, полученным КС РЗ, и на основании различий пытается установить, какие неправильные представления обучаемого о предметной области (ПО) могли привести к расхождению. В результате диагностики меняется представление КИОС об обучаемом отраженное в модели обучаемого, и управление снова получает КС УУ, которая уточняет текущую цель и формирует новое задание. Взаимодействие с обучаемым происходит через интерфейс, который может содержать средства текстового,

графического или речевого ввода-вывода, лингвистический процессор и т.п. (Средства взаимодействия: учащегося с системой, включая средства визуализации изучаемых объектов и процессов» принято объединять под названием интерфейса).

Отличительной особенностью КИОС от традиционных систем обработки информации является использование нового вида информации — знаний. Под знаниями понимают любую информацию (в том числе и факты), которая хранится в системе вне зависимости от того, решает система задачу или нет.

В структуре КИОС можно выделить следующие базы знаний (БЗ): учебная БЗ для данной ПО; модель обучаемого; БЗ о возможных ошибках обучаемого; БЗ о процессе обучения.

Учебная база знаний (УБЗ) описывает не только основные понятия и методы решения задач в ПО, но и содержит определения понятий, описания методов, примеры, упражнения и задачи. В отличие от БЗ КС по решению задач УБЗ должна явно отражать структуру ПО и стратегические знания о методах решения задач. С другой стороны, УБЗ можно рассматривать как представление ограничений, в рамках которых КС УУ планирует обучение.

Модель обучаемого содержит информацию о состоянии знаний обучаемого: как общие, интегрированные характеристики, так и те, которые отражают усвоение им текущего учебного материала. Первоначально модель обучаемого формируется во время предварительного тестирования обучаемого. В терминах модели обучаемого выражается цель обучения.

База знаний об ошибках обучаемого (БЗО) содержит каталог возможных ошибок обучаемого и правила выдвижения и проверки гипотез о неправильных представлениях обучаемого, приведших к данной ошибке, на основе различий между решениями, предложенными обучаемым и КС РЗ, а также текущего состояния модели обучаемого.

База знаний о процессе обучения (БЗ ПО) включает в себя знания о планировании и организации процесса обучения, общих и частных методиках обучения.

База данных в КИОС используется для хранения сведений об обучаемых, процессе обучения. В ней могут содержаться статистические данные и временные рабочие наборы данных.

Описанная выше структура КИОС направлена на решение, в основном, информационных вопросов. Управление учением осуществляется по количественному показателю (количеству правильных ответов или количеству усвоенных элементов знаний), без

учета уровня усвоения, что отрицательно сказывается на формировании у учащихся общего способа решения задач.

Чтобы КИОС осуществляла обучение учащихся, ориентированное на формирование общего способа решения, необходимо пересмотреть структуру управления обучением.

Управление учением должно носить ступенчатый характер. Каждая ступень включает диагностику знаний и умений, определенный блок информации, диагностику уровня сформированности принципа решения задач данного типа. Блок информации содержит ту учебную информацию, которую не усвоил студент и которая необходима для усвоения принципа решения задач. Задачи для решения предлагаются в порядке возрастания сложности. Управление деятельностью по решению задач должно осуществляться в компьютерно-информационной обучающей среде с помощью эвристических средств, которые выбираются из соответствующих баз знаний.

Программа обучения, генерируемая КИОС, как показало изучение, дает учащимся возможность выполнять действия по решению задачи путем компьютерного экспериментирования и введения с клавиатуры каждого шага решения.

Усваивая принцип решения задач с помощью КС РЗ учащийся: успешно оценивает свои действия, сравнивая их с эталонными; планирует решение задачи; переносит найденный при решении предыдущей задачи способ решения на данную задачу, чем достигается ускорение процесса обучения.

Особенно следует подчеркнуть, что составление задач по заданной на компьютере физической ситуации облегчает анализ самой ситуации: выделение ее существенных элементов, планирование решения составляемой задачи, выбор и оценку заданных величин.

Таким образом, компьютерно-информационные обучающие среды, ориентированные на формирование общего способа решения задач, оказывают существенное влияние при обучении решению задач.

Список литературы:

1. Петрушин В.А. Экспертно-обучающие системы. — Киев: Наукова думка, 1991. — 296 с.
2. Петрушин В.А., Ибрагимов О.В. Экспертно-обучающие системы. — Киев: ИК, 1989. — 180 с.
3. Feigenbaum A. V. Quality and Productivity // Quality Progress. — 1977. — Nov. — p. 356.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА РАЗГРАНИЧЕНИЯ ДОСТУПА В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Гайнов Артур Евгеньевич

старший офицер войсковой части 31659 г. Москва

E-mail: Arturgaynov@mail.ru

Наумов Михаил Владимирович

начальник 8 центра войсковой части 31659 г. Москва

Гришаненко Руслан Леонидович

заместитель начальника 8 центра войсковой части 31659 г. Москва

Развитие современных информационных технологий, высокая концентрация информации ограниченного доступа в автоматизированных системах (далее — АС) и принципиально новые подходы к осуществлению компьютерных атак ставят задачу построения и внедрения адекватных систем защиты информации (далее — ЗИ).

Ядром большинства систем ЗИ от несанкционированного доступа (далее — НСД) являются средства разграничения доступа (далее — СРД), позволяющие однозначно разделять полномочия к информационным и программным ресурсам.

Используемые в настоящее время СРД, такие как пароли, электронные ключи, смарт-карты, имеют ряд существенных недостатков, связанных и с человеческим фактором, и с особенностями технической реализации.

Достаточной надежностью для решения задач идентификации и аутентификации обладают криптографические средства. Однако они, как и указанные выше СРД, не лишены существенных недостатков — утрата или разглашение идентификационной и аутентификационной сущностей. Это представляет реальную угрозу для АС обработки информации ограниченного доступа.

Широкое применение получили биометрические СРД. Удобство использования и необходимая надежность позволяют применять их в АС, обрабатывающих и хранящих защищаемые ресурсы. С другой

стороны, ключ, получаемый на выходе данных средств и используемый для процедур идентификации и аутентификации, является псевдослучайным, в отличие от криптографического ключа.

Поэтому разработка средств высоконадежной биометрической аутентификации (далее — СВБА), совмещающих в себе достоинства биометрических и криптографических технологий, является актуальной задачей и позволит повысить эффективность решения задачи разграничения доступа в АС обработки информации.

СВБА имеют типовую структуру [1, с. 7].

Основу СВБА составляет блок №3 — преобразователь вектора биопараметров в ключ. Указанный блок позволяет преобразовывать нечеткий биометрический образ пользователя в однозначную последовательность — криптографический ключ аутентификации.

Для преобразования биометрического образа пользователя в криптографический ключ могут использоваться искусственные нейронные сети (далее — ИНС) [1, с. 9].

Основные направления поиска архитектуры ИНС в настоящее время направлены на минимизацию времени обучения. Цель такого поиска — предоставление удобства в использовании СВБА и извлечение прибыли. Для АС обработки информации ограниченного доступа такой подход является неприемлемым.

ИНС, используемые для построения СВБА, должны быть большими и сверхбольшими [1, с. 9], то есть иметь несколько слоев и множество нейронов в каждом из них. Это является необходимым условием для уменьшения вероятности взлома криптографического ключа с первой попытки.

Оптимальной нейросетевой архитектурой для СВБА, предназначенных к применению в АС обработки информации ограниченного доступа, является многослойная сеть прямолинейного распространения [2, с. 267].

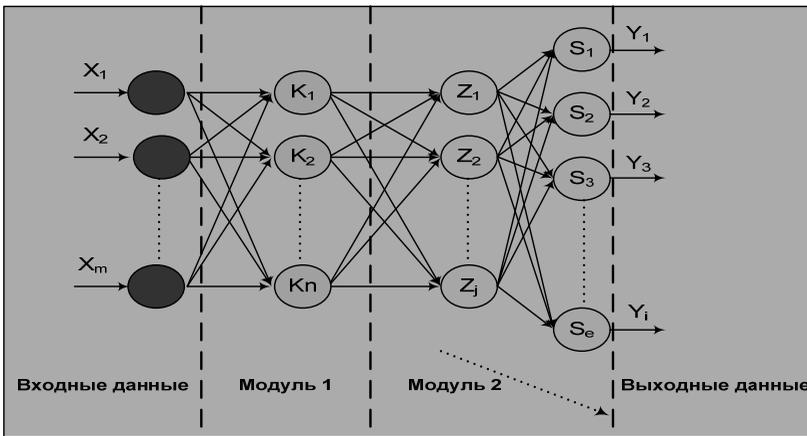
Результат ее обучения в имитационной программной среде NeuroSolution v.5 с применением известных градиентных методов поиска точки экстремума показал неудовлетворительные временные значения (время обучения составило больше часа).

Минимизация времени обучения возможна за счет модификации или структуры многослойной сети прямолинейного распространения, или алгоритма ее обучения.

В первом случае, целесообразным представляется использование модульной ИНС [3, с. 22] с увеличенным MLP-модулем (multilayer perceptron). Структура данной сети представлена на рисунке 1.

Обучение гибридной сети состоит из двух отдельных этапов, следующих друг за другом [4, с. 143]. Вначале на множестве входных векторов X обучается карта Кохонена (далее — КК). По завершении обучения КК веса его нейронов замораживаются. Второй модуль обучается с учителем по завершении тренинга самоорганизующегося слоя. Обучающими сигналами для него является множество пар (y_i, d_i) , где y_i — это вектор, составленный из выходных сигналов нейронов КК, а d_i — вектор ожидаемых значений оригинального отображения.

Рисунок 1. Структура гибридной искусственной нейронной сети с увеличенным MLP-модулем



Качество обучения КК неразрывно связано с качеством входного сигнала [3, с. 25]. С этой целью необходимо предварительно провести нормализацию входных векторов путем деления каждой компоненты входного вектора на его длину:

$$x_i^H = \frac{x_i}{\sqrt{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_m^2}}$$

Для нормированных входных векторов решение о принадлежности произвольного вектора X к какому-либо кластеру будет определяться максимальным значением скалярного произведения векторов P_j и X :

$$index(X) = \max(P_j, X) \text{ для всех } j,$$

где P_j — вектор, соответствующий центру j -кластера.

Выбор алгоритма обучения первого модуля относительно очевиден [4, с. 147]. Однако выбор оптимального алгоритма обучения MLP-модуля не является столь однозначным. Так, задача обучения ИНС сводится к минимизации значения невязки:

$$\varepsilon = \sum_{i=0}^N \bar{y}_i - \bar{d}_i = \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^P (F(x_i, \bar{\eta}, \bar{w})_j - d_{ij}),$$

где $d_{i,j}$ — выходные значения моделируемого объекта;

y_i — выходные значения ИНС;

N — количество строк в обучающей выборке;

P — количество выходов сети;

x — входные значения;

w — вектор коэффициентов синаптических связей (весов);

η — вектор состояний нейронов (видов активационных функций).

Таким образом, ИНС представляет собой модель, входным значением которой является вектор x , выходным — y , а управляющими параметрами — w и η . Следовательно, для минимизации невязки необходимо подобрать значения w и η . На сегодняшний день разработано множество алгоритмов подбора вектора весовых коэффициентов, но не существует эффективных методов подбора вектора состояний нейронов, равно как и размерности этих векторов (определяемых структурой сети).

Для обучения второго модуля необходимо использовать детерминированные алгоритмы, например, Левенберга-Марквардта.

Во втором случае обучение многослойной сети прямолинейного распространения следует проводить в два этапа с использованием глобальных и детерминированных методов обучения.

На первом этапе использовать метод имитации отжига (иной алгоритм глобальной оптимизации), который представляет собой алгоритмический аналог физического процесса управляемого охлаждения. В настоящее время он считается одним из немногих алгоритмов, позволяющих практически находить глобальный минимум функции.

При достижении целевой функцией определенного уровня включить детерминированную оптимизацию с использованием локального алгоритма обучения. Переход от использования глобального алгоритма обучения к локальному задать в виде коэффициента перехода — K_n .

Таким образом, разработка интеллектуальных средств разграничения доступа и внедрение их в АС обработки информации позволит повысить эффективность ЗИ от НСД.

Список литературы:

1. ГОСТ Р 52633-2006 «Защита информации. Техника защиты информации. Требования к средствам высоконадежной биометрической аутентификации»
2. Гайнов А.Е., Заводцев И.В. Подбор конфигурации искусственной нейронной сети для реализации нейросетевого преобразователя «биометрия-код» // Технические и технологические системы : Материалы II второй международной научной конференции ТТС-10. Сборник материалов. — Краснодар: Изд-во КВВАУЛ — 2010. — С. 266-269.
3. Брюхомицкий Ю.А., Доцук А.Н. Нейросетевая модель генерации криптографического ключа по биометрическим данным пользователя // Материалы X международной научно-практической конференции «Информационная безопасность» — Таганрог: Изд-во ТРГУ: — 2008. — С. 20–28.
4. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / Пер. с польского И.Д. Рудинского. — М.: Финансы и статистика, 2002. — 344 с.: ил.

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКОГО СБОРА И ПРОГРАММЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПРОЦЕССА ВЫПАРИВАНИЯ ПЛОДОВО-ЯГОДНЫХ СОКОВ В ВАКУУМЕ

Емельянов Константин Александрович

*аспирант каф. АСИС, ФГОУ ВПО «Государственный университет — УНПК»,
г. Орёл*

E-mail: konstantin.emelyanov@gmail.com

*Работа выполнена при поддержке гранта Минобрнауки
№ 14.740.11.0513 2010 г.*

Разработана малогабаритная вакуум выпарная установка для концентрирования плодово-ягодных соков [1]. Отсутствие комплекса технических средств автоматизированного сбора данных, снижают эффективность работы выпарной установки. Комплекс должен включать в себя измерение параметров: температур в камере испарителя и рабочей жидкости; давлений в системе и камере испарителя; уровня пенообразования в испарителе; массы выпаренной влаги; затраченной электроэнергии. Визуальный контроль параметров снижает производительность процесса выпаривания, отвлекает оператора от выполнения основных обязанностей, сопряжен с созданием аварийных ситуаций. Комплекс технических средств реализован в программно-аппаратном решении, состоящим из измерительных преобразователей, автоматического устройства сбора и программы ЭВМ обработки данных.

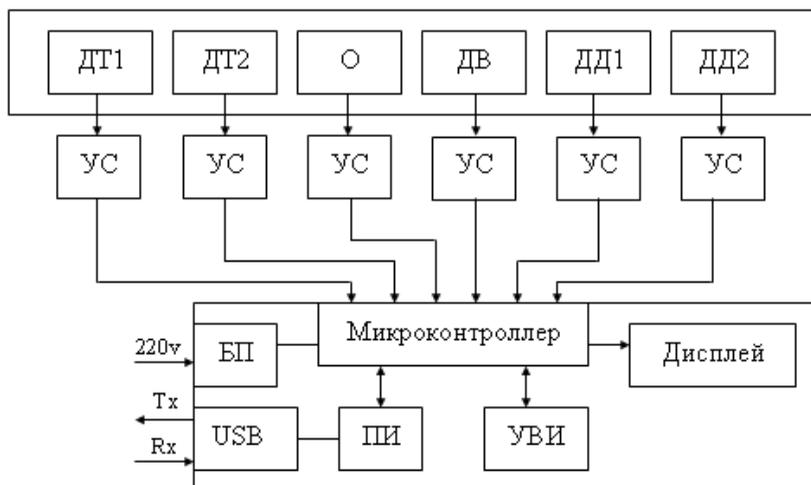
С целью повышения эффективности выпаривания плодово-ягодных соков в вакууме [2] разработаны структурная схема и устройство автоматического сбора данных, а так же проведены его испытания при выпаривании сока из мандаринов.

Для оперативного снятия параметров процесса низкотемпературного удаления влаги в вакууме и обработки данных, необходимо снабдить установку системой сбора и предварительной обработки информации, а в частности микроЭВМ. Благодаря микроЭВМ, технологические процессы установки проходят в автономном режиме, облегчая труд дежурному оператору. Устранение недостатков и неточностей снятия оперативных показаний с датчиков оператором, позволяет полностью исключить человеческий фактор содействию ошибке.

В ходе выполнения работ по проекту поставлена задача разработки компактного устройства, выполняющего функции по сбору данных со всех датчиков, используемых на установке в автоматическом режиме. Сбор измерительной информации может осуществляться на месте, непосредственно на самой установке, что исключает погрешность и неточность получения информации, вследствие наведения внешних магнитных полей и частот, а также эффекта «длинных проводов».

Структурная схема, устройства автоматического сбора и обработки данных показана на рисунке 1.

Рисунок 1. Структурная схема устройства автоматического сбора данных



Описание блоков:

DT1, DT2 –предназначены для снятия показаний температур в рубашке и камере испарителя вакуум-выпарной установки, используются внешние датчики ДТС-024 с аналоговым выходом.

O — оптопара, используется для регистрации уровня пены внутри камеры испарителя.

DV — позволяет измерять массу поступающего в сборник конденсата. Используется одноточечный датчик Мерадат К-10-А, для измерения малых нагрузок.

DD1, DD2 — осуществляют фиксацию показаний давления (разряжения) в камере испарителя и сборнике конденсата. В камере испарителя используется врезной датчик давления DMP331 с

кремниевым пьезорезистивным сенсором. В сборнике конденсата используется преобразователь манометрический термпарный ПМТ-2.

Дисплей — жидко-кристаллический дисплей, предназначенный для отображения буквенно-символьной информации об измеряемых величинах. Используется четырех строчный, 16-ти символьный монохромный дисплей МТС-16400Х.

УВИ — необходимо для установки или коррекции работы изделия.

ПИ-USB — преобразователь интерфейса RS232-USB, предназначен для подключения и согласования устройства по шине «USB» к внешним вычислительным машинам и устройствам регистрации.

БП — блок питания датчиков, микроконтроллера, дисплея.

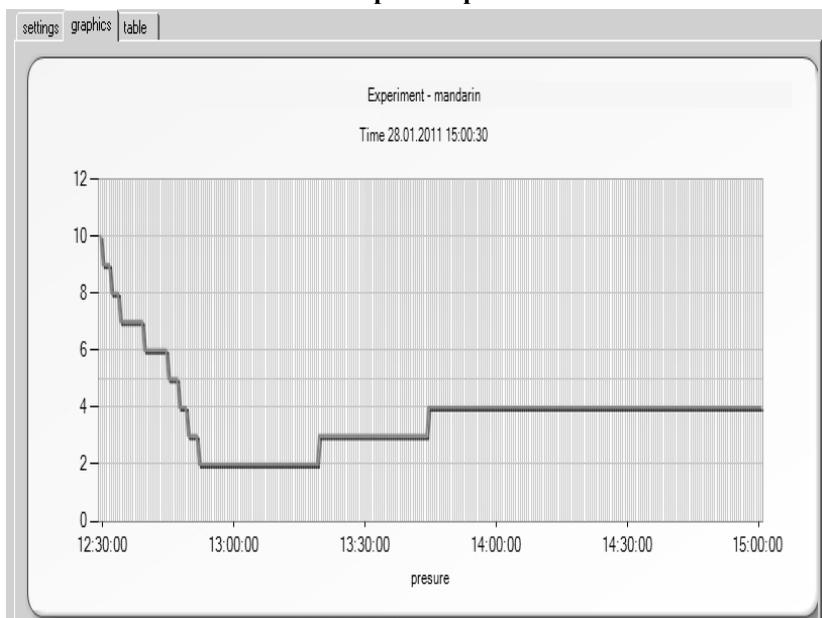
УС — узлы согласования сигналов, получаемых с датчиков.

Микроконтроллер (МК) — многофункциональное устройство, предназначенное для приема и обработки поступающих на него измеряемых величин, а так же для преобразования информации в машинный код, с целью дальнейших машинных преобразований. По количеству портов ввода-вывода и необходимой функциональности был выбран микроконтроллер Atmega32-16PU. Микропрограмма в МК инициализирует порты ввода/вывода, осуществляет опрос всех подключенных датчиков к аналогово-цифровым входам, обрабатывает получаемую информацию с датчиков, передавая актуальные значения параметров на дисплей. При обращении с внешней ЭВМ к портам ввода/вывода МК по интерфейсу RS232-USB осуществляется обмен данными между устройствами. Счетчик электроэнергии по интерфейсу RS485-USB подключен к ЭВМ. Для хранения данных процесса удаления влаги в вакууме используются программные и вычислительные мощности ЭВМ. Разработана программа ЭВМ [3], осуществляющая сбор, хранение и графическое представление информации о ходе проведения эксперимента, опрашивающая устройство автоматического сбора данных и анализирующая получаемую информацию.

Проведены испытания устройства автоматического сбора данных при выпаривании сока из мандаринов. В камеру испарителя было загружено 40 литров сока. Начальное давление в вакуумной системе было установлено в $1 \cdot 10^{-1}$ мм. рт. ст., после чего был включен нагрев испарителя. Опрос датчиков производился каждые 30 секунд. В процессе нагрева камеры испарителя и последующего закипания сока давление в камере испарителя повышалось в течении 20 минут (рисунок 2). После чего начался процесс конденсации, со скоростью 60

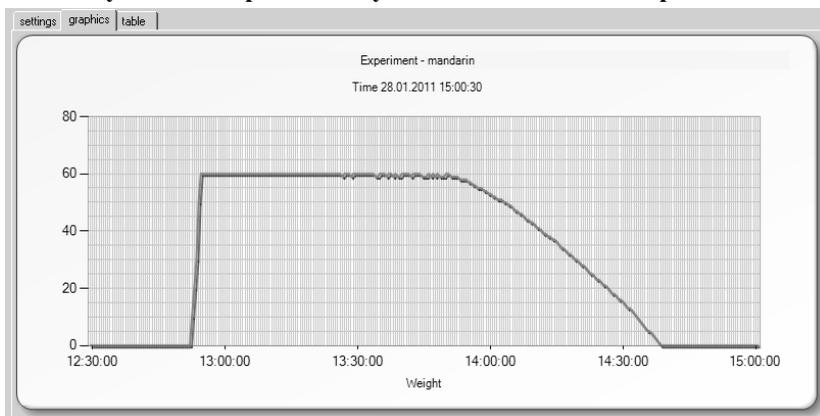
грамм за 30 секунд (рисунок 3). Спустя 60 минут выпаривания, скорость конденсации стала уменьшаться, а давление в камере испарителя выровнялось до значения $4 \cdot 10^{-2}$ мм. рт. ст. Процесс выпаривания занял 95 минут.

Рисунок 2. Показания с датчика давления установленного в камере испарителя



Таким образом, разработано устройство автоматического сбора данных при выпаривании плодово-ягодных соков в вакууме. Проведены испытания устройства при удалении влаги из сока мандаринов.

Рисунок 3. Скорость поступления конденсата в приемник



Испытания аппаратной части комплекса технических средств устройства автоматизированного сбора данных проводились совместно с обработкой информации программной частью. Визуализация показаний измерительных преобразователей и автоматизация устройства сбора данных повысили эффективность процесса удаления влаги в вакууме, исключив человеческий фактор.

Список литературы:

1. Патент РФ № 2276314. Устройство для удаления влаги в вакууме / Емельянов А.А., Емельянов К.А., Морозов Я.А., Бюл. № 13, 2006.
2. Патент РФ № 2328170. Способ удаления влаги в вакууме / Емельянов А.А., Емельянов К.А., Долженков В.В., Золотарев А.Г., Бюл. № 19, 2008.
3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Автоматизированная система сбора и представления данных процесса низкотемпературного удаления влаги в вакууме» / К.А. Емельянов. — RU № 2011615036, зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 28 июня 2011.

ОПТИМАЛЬНОЕ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ УПРАВЛЕНИЕ ДВУМЕРНОЙ МОДЕЛЬЮ ПРОЦЕССА ПЕРИОДИЧЕСКОГО ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА

Шарапова Ольга Юрьевна

аспирант, СамГТУ, г. Самара

E-mail: o_sharapova@mail.ru

Индукционные нагревательные установки (ИНУ) периодического действия широко применяются на практике для индукционного нагрева металлов перед последующей обработкой давлением, поскольку они обладают рядом технико-экономических преимуществ по сравнению с конкурентоспособными технологиями.

В статье представлены результаты моделирования и оптимизации температурных полей по объему заготовки в ходе индукционного нагрева с использованием численной двумерной электромагнитно-тепловой модели процесса. Сформулирована и решена задача оптимального управления (ЗОУ) ИНУ периодического действия по критерию быстродействия.

Численная двумерная модель процесса индукционного нагрева металла (ПИНМ)

Для численного моделирования ПИНМ был использован конечно-элементный специализированный программный продукт Cedrat FLUX, предназначенный для многопараметрического электромагнитного, теплового анализа, для построения сетки детали и витков индуктора использовались треугольные элементы и четырёхугольные в области скин-эффекта, а для сетки окружающего пространства — треугольные элементы [2, с. 180]. Алгоритм решения задачи моделирования представляет собой последовательную итерационную процедуру, включающую гармонический электромагнитный анализ и переходный тепловой анализ.

Постановка и решение задачи оптимального по быстродействию управления двумерной численной моделью ПИНМ.

Процесс периодического индукционного нагрева однозначно определяется пространственно-временным распределением температуры нагреваемого тела $T(l, y, \tau)$, где τ это время, а l, y пространственные координаты, учитывающие неравномерное распределение температуры как по радиусу ($l \in [0; R]$), так и вдоль оси цилиндрического слитка конечной длины ($y \in [0; L]$). При этом

температурное поле заготовки, моделируется с помощью описанной выше двумерной нелинейной численной модели [2, с. 180],

В качестве управляющего воздействия рассматривается напряжение источника питания $u(\tau)$. Ограничение на управляющее воздействие $u(\tau)$ вводится, исходя из некоторой заранее известной максимальной величины U_{\max} , определяемой энергетическими возможностями ИНУ, и имеет вид:

$$0 \leq u(\tau) \leq U_{\max} \quad (1)$$

В качестве критерия оптимальности для обеспечения максимальной производительности установки рассматривается минимальное время нагрева τ_{\min}^0 .

Применительно к исследуемому в данной статье классу задач оптимизации индукционная установка в конечный момент времени τ_{κ} должна обеспечивать нагрев металлической заготовки до заданной температуры $T^*(l, y) = T^* = const$ с допустимым температурным отклонением по сечению заготовки ε_0 :

$$\max_{\substack{l \in [0; R] \\ y \in [0; L]}} |T(l, y, \tau_{\kappa}) - T^*| \leq \varepsilon_0 \quad (2)$$

Задача оптимального по быстродействию управления ИНУ может быть сформулирована следующим образом:

Необходимо найти такое переменное во времени управляющее воздействие $u(\tau) = u_{opt}(\tau)$, стеснённое ограничением (1), которое обеспечивает перевод нагреваемого изделия с начальным распределением температуры $T_0(l, y) = T_0 = const$ в заданное целевое множество (2), за минимально возможное время $\tau_{\kappa} = \tau_{\min}^0$.

Для общей нелинейной задачи оптимального по быстродействию управления процессами нестационарной теплопроводности с внутренним тепловыделением [1, с. 149], стандартные процедуры принципа максимума определяют $\Delta^{(N)}$ -параметризованное представление управляющего воздействия $u_{opt}(\tau)$ в форме кусочно-постоянной функции времени:

$$u_{opt}(\tau) = \frac{u_{\max}}{2} [1 + (-1)^{j+1}], \quad \sum_{i=1}^{j-1} \Delta_i < \tau < \sum_{i=1}^j \Delta_i, \quad j = \overline{1, N}, \quad (3)$$

однозначно задаваемой с точностью до числа N и длительностей $\Delta_i, i = \overline{1, N}$ интервалов своего постоянства, выступающих в роли искомым параметров и зависящих только от требуемой точности нагрева ε_0 в (2), где N может быть найдено по заданной величине ε_0 по общей методологии альтернансного метода [1, 149]. В итоге осуществляется процедура редукции исходной задачи к задаче полубесконечной оптимизации:

$$I(\Delta) = \sum_{i=1}^S \Delta_i \rightarrow \min_{\Delta} ; \Delta = (\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_S),$$

$$\Phi(\Delta) = \max_{\substack{l \in [0; R] \\ y \in [0; L]}} |T(l, y, \Delta) - T^*| \leq \varepsilon, \quad (4)$$

где зависимости $T(l, y, \Delta)$ находятся по численной FLUX — модели объекта при управлении вида (3).

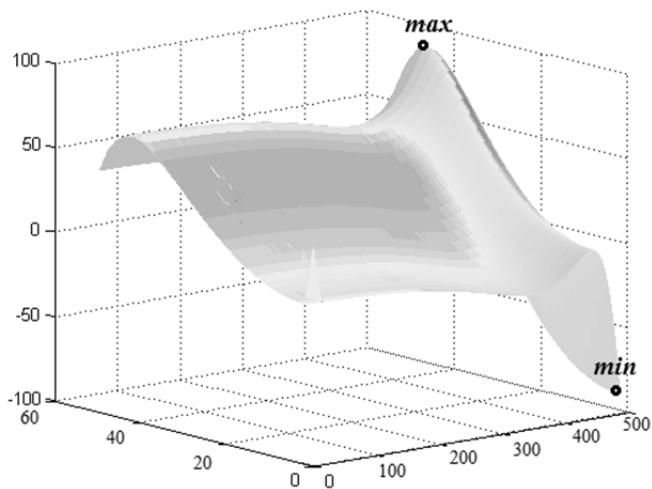
Ниже приводятся примеры решения ЗОУ по критерию быстродействия процесса индукционного нагрева стальных цилиндрических заготовок. Некоторые исходные данные по конструктивным характеристикам нагревателя и параметрам заготовки: радиус заготовок 52,5 мм, длина 900, начальная 20 °С и заданная 1250 °С температура заготовки, длина индуктора 1,046 м, частота питающего тока 2300 Гц, напряжение источника питания 470 В.

Рассмотрим случай, когда заданная точность нагрева совпадает с предельно достижимой точностью $\varepsilon_0 = \varepsilon_{\min}^{(1)}$ при одноинтервальном управлении. Согласно альтернансным свойствам форме кривых результирующего распределения температур соответствует следующая система уравнений:

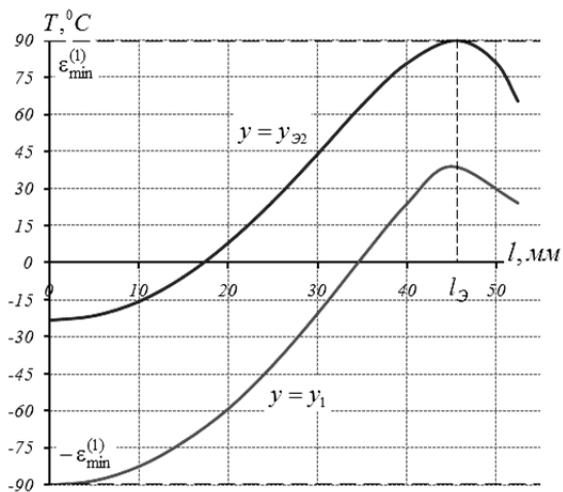
$$\begin{cases} T(0, L, \Delta_1^0) - T^* = -\varepsilon_{\min}^{(1)} ; \\ T(l_{\varnothing 2}, y_{\varnothing 2}, \Delta_1^0) - T^* = +\varepsilon_{\min}^{(1)} ; \\ \frac{\partial T(l_{\varnothing 2}, y_{\varnothing 2}, \Delta_1^0)}{\partial l} = \frac{\partial T(l_{\varnothing 2}, y_{\varnothing 2}, \Delta_1^0)}{\partial y} = 0. \end{cases} \quad (5)$$

решаемая относительно искомой длительности Δ_1^0 интервала нагрева, минимакса $\varepsilon_{\min}^{(1)}$ и координат точки экстремума $l_{\varnothing 2}, y_{\varnothing 2}$.

Рисунок 1. Результирующее распределение температур при одноинтервальном управлении: а — по объему заготовки; б — в сечениях с максимальными температурными отклонениями



а



б

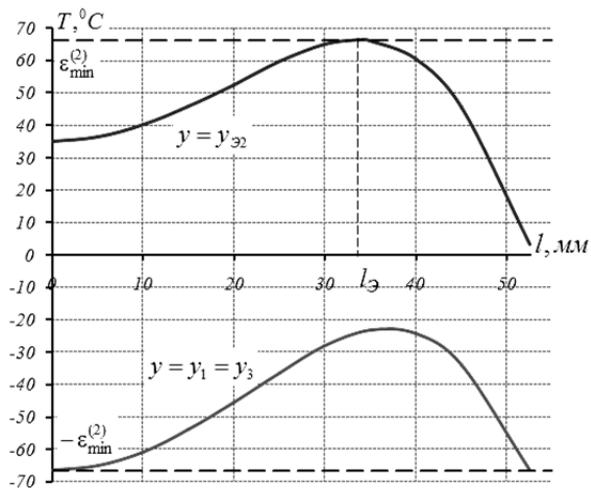
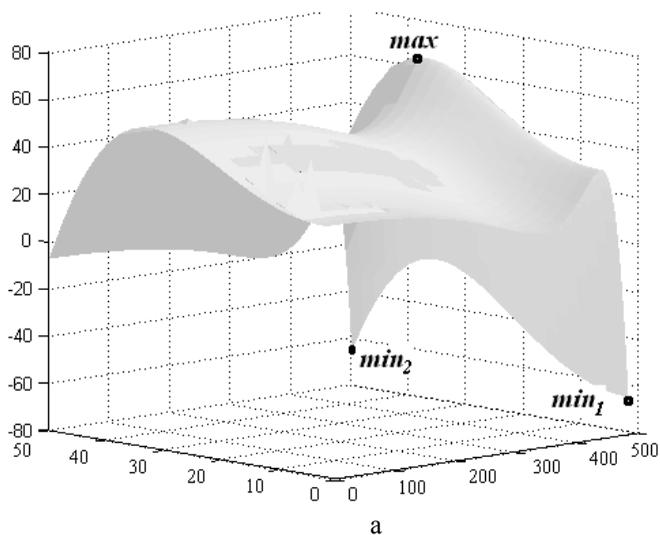
На рис. 1 представлен результат расчета температурного распределения по объему стальной цилиндрической заготовки в конце оптимального по быстродействию процесса нагрева. Длительность процесса нагрева составляет 541,6 с., минимальное температурное отклонение на выходе $\varepsilon_{\min}^{(1)} = 78^{\circ}\text{C}$. Полученная точность нагрева не соответствует технологическим требованиям, предъявляемым к данному процессу. Поэтому необходимо применение двухинтервального алгоритма оптимального управления.

Данному случаю соответствует двухпараметрическое представление управляющего воздействия при $N=2$ в (3). В качестве оптимизируемых параметров выступают длительности интервалов нагрева и выравнивания температур, а максимальное абсолютное отклонение распределения температуры по объему заготовки от заданного значения представляет собой минимум $\varepsilon_0 = \varepsilon_{\min}^{(2)}$.

Результирующая система уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} T(0, L, \Delta_1^0, \Delta_2^0) - T^* = -\varepsilon_{\min}^{(2)}; \\ T(l_{\varepsilon 2}, y_{\varepsilon 2}, \Delta_1^0, \Delta_2^0) - T^* = +\varepsilon_{\min}^{(2)}; \\ T(R, L, \Delta_1^0, \Delta_2^0) - T^* = -\varepsilon_{\min}^{(2)}; \\ \frac{\partial T(l_{\varepsilon 2}, y_{\varepsilon 2}, \Delta_1^0, \Delta_2^0)}{\partial l} = \frac{\partial T(l_{\varepsilon 2}, y_{\varepsilon 2}, \Delta_1^0, \Delta_2^0)}{\partial y} = 0. \end{cases} \quad (6)$$

Рисунок 2. Результирующее распределение температур при двухинтервальном управлении: а — по объему заготовки; б — в сечениях с максимальными температурными отклонениями



б

На рис. 2 представлено температурное распределение по соответствующим сечениям заготовки в конце оптимального процесса

управления. Длительность интервала нагрева составляет 563,85 с., интервала выравнивания температур — 13,3 с., $\varepsilon_{\min}^{(2)} = 66,4^{\circ}\text{C}$.

Пусть далее заданное значение ε_0 удовлетворяет неравенству $\varepsilon_{\min}^{(1)} > \varepsilon_0 > \varepsilon_{\min}^{(2)}$. В результате для решения задачи быстродействия имеем систему четырех уравнений:

$$\begin{cases} T(0, L, \Delta_1^0, \Delta_2^0) - T^* = -\varepsilon_0; \\ T(l_{32}, y_{32}, \Delta_1^0, \Delta_2^0) - T^* = +\varepsilon_0; \\ \frac{\partial T(l_{32}, y_{32}, \Delta_1^0, \Delta_2^0)}{\partial l} = \frac{\partial T(l_{32}, y_{32}, \Delta_1^0, \Delta_2^0)}{\partial y} = 0. \end{cases} \quad (7)$$

При заданном значении ε_0 эту систему следует решать относительно четырех неизвестных — длительностей Δ_1^0 , Δ_2^0 двухинтервального управления и координат внутренней точки максимума l_{32}, y_{32} .

В данном случае максимальное отклонение в конце оптимального процесса соответствует $\varepsilon_0 = 74,6^{\circ}\text{C}$. Длительность интервала нагрева с максимальным напряжением составляет 556 с., продолжительность интервала выравнивания температур — 6,6 с.

Анализ результатов, полученных при решении задачи оптимального по быстродействию управления процессом индукционного нагрева заготовки, показывает, что применение альтернансного метода приводит к повышению точности нагрева в классе управляющих воздействий с фиксированным числом интервалов постоянства, обеспечивает сокращение времени процесса и позволяет найти технически реализуемые решения задачи быстродействия для обусловленных технологическими требованиями величин ε_0 для которых она становится неразрешимой стандартными способами

Список литературы

1. Рапопорт Э.Я. Оптимизация процессов индукционного нагрева металла. — М.: Металлургия, 1993. — 279 с.
2. Шарапова О.Ю. Численное моделирование процесса периодического индукционного нагрева на базе конечно-элементного программного пакета FLUX // Вестник Самар. гос. техн. ун-та. Сер. Технические науки. — 2011. — №7 (28). — С. 180—185.

СЕКЦИЯ 6.

МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

СИНТЕЗ АЛГОРИТМОВ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ МИКРОСТРУКТУР ФЕРРИТО-ПЕРЛИТНЫХ СТАЛЕЙ

Дикарев Константин Васильевич

*студент магистратуры Волгоградского государственного
технического университета г. Волгоград*

E-mail: konstantin-dikarev@yandex.ru

Нищик Александр Владимирович

*студент магистратуры Волгоградского государственного
технического университета*

E-mail: nishik-aleksandr@yandex.ru

Дикарев Александр Васильевич

*аспирант Ковровской государственной технологической академии
им. Дегтярева, г. Ковров, Владимирская обл.
инженер-программист ОАО «НИИ Гидросвязи «Штиль» г. Волгоград*

E-mail: dikarev-aleksandr@yandex.ru

Гевлич Сергей Олегович

*к. т. н., доцент кафедры «Технология материалов» Волгоградского
Государственного Технического Университета,
технический директор ООО «Экспертиза», г. Волгоград.*

E-mail: sgevlich@mail.ru

Петрова Валентина Федоровна

*к. т. н., доцент кафедры «Технология материалов» Волгоградского
Государственного Технического Университета, г. Волгоград*

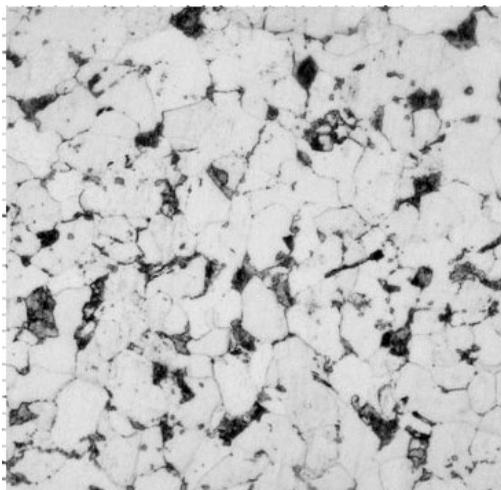
В статье рассмотрены проблемы проведения структурного анализа микроструктур феррито-перлитных сталей. Описана новая

методика анализа изображений микроструктур феррито-перлитных сталей на примере стали 09Г2С.

При исследовании структурных изменений в конструкциях из стали 09Г2С в условиях длительной эксплуатации и при повышенной температуре для оптимизации, повышения точности проводимого структурного анализа, а также сокращения времени на его выполнение была разработана методика, позволяющая подвергнуть анализу серию изображений, в том числе и в полевых условиях. Последнее особенно важно для анализа состояния металлоконструкций находящихся в эксплуатации. Были разработаны модельные условия работы ряда конструкций при повышенных температурах в 100 °С, 200 °С и 400 °С. Структуры исследовались в поле зрения оптического микроскопа, количественный анализ проводился в соответствии с разработанной методикой. Были изучены распределения зерен феррита по размеру, построены гистограммы распределения, по которым можно обсуждать влияние нагрева на структурные изменения.

Исследование структурных составляющих ферритно-перлитных сталей по изображениям микроструктур, зачастую, сопряжено с некоторыми трудностями, как при проведении анализа ручными методами [2], так и с применением различных программно-аппаратных средств. Для наглядности приведем типичное изображение микроструктуры стали 09Г2С при 500-кратном увеличении (рисунок 1).

Рисунок 1. Изображение микроструктуры стали 09Г2С х500. (На фотографии изображена область шлифа размером 100х100 мкм)



Как видно из рисунка, микроструктура стали относится к мозаичному типу, т.е. в некотором приближении представляет собой непериодическое разбиение плоскости шлифа, образуя аperiодические структуры. При этом на снимке присутствуют два типа элементов — темные области, представляющие собой перлитные колонии, а так же светлые области, занимающие большую часть фотографии — зерна феррита. Элементы второго типа имеют малый контраст и тяжело различимы на снимке, что связано с наличием очень узких, неконтрастных и, часто разомкнутых границ, отделяющих зерна, поэтому, определить явно границы светлых элементов не представляется возможным, используя только стандартные средства улучшения снимков — нормализацию изображения, цветовую и/или яркостную коррекцию. Выделение границ на основе различных сверток так же не дает приемлемого результата [1].

В ходе исследования изображений микроструктур стали 09Г2С, полученных после различных режимов термообработки, авторами были опробованы различные решения, состоящие в применении методов структурного анализа изображений на основе сегментации, скелетизации, а так же методов математической морфологии. В качестве критериев эффективности метода применялось сравнение с результатами анализа области изображения выполненным ручными методами: секущих [2], а так же непосредственным измерением всех элементов выбранной области. Для каждого метода были получены распределения перлитных и ферритных зерен по размеру. Полученные распределения не являются нормальными, что можно видеть на рисунке 3, а представляют собой так называемые Gaussian Mixture (англ. Гауссова смесь) — смесь нормальных распределений. В связи с этим, сравнения с эталонным распределением проводились при помощи построения корреляционных функций. По результатам этих сравнений было сделано заключение о том, что эффективность исследуемых методов оказалась неудовлетворительна — сравниваемые распределения оказывались практически некоррелированы. Так, методы, основанные на сегментации изображения (трапеций, водораздела, разрастания областей [1]) в исходном виде оказываются неэффективны из-за малой контрастности границ по отношению к светлым элементам, по этим же причинам методы скелетизации [1] так же оказываются малоприменимы. Алгоритмы, основанные на методах математической морфологии (эрозия и дилатация, размыкание по примитиву [1]) дают весьма неустойчивый результат, что в частности очень сильно проявляется при анализе серии изображений, когда характеристики яркости и

контрастности сильно отличаются от изображения к изображению в серии.

В общем случае, множество методов на основе операций математической морфологии можно свести к следующему алгоритму [1, с. 801]: для исходного изображения применяется операции размыкания по примитиву с увеличением размера примитива на каждом шаге. Так получается серия изображений, на каждом из которых у светлых элементов размерами сопоставимыми с размером примитива, резко снижена яркость. Теперь, если каждый элемент полученной серии вычесть из исходного изображения, а потом в этой серии последовательно, начиная с самого последнего изображения вычесть предыдущее, то получим серию изображений, на каждом из которых, остались лишь элементы, сопоставимые по размеру с размером примитива. Далее задача статистической оценки состоит в подсчете общей площади, занимаемой пикселями с яркостью больше некоторого экспериментально выбираемого порога, зависящего от общей яркости и контрастности изображения. Суть проблемы кроется в формулировке условия отбора оставшихся пикселей — в зависимости от средней яркости, контрастности снимка это условие может сильно изменяться от снимка к снимку. Второй основной недостаток метода с использованием операций математической морфологии — возможность только статистической оценки изображений и невозможность выделить отдельные зерна, что в общем случае приводит к сложностям при контролировании правильности работы метода.

При разработке нового метода, позволяющего устранить описанные недостатки, был выбран подход обеспечивающий синтез методов математической морфологии [1], адаптивной бинаризации и метода выделения связных областей — CCL (Connected Components Labeling) [1].

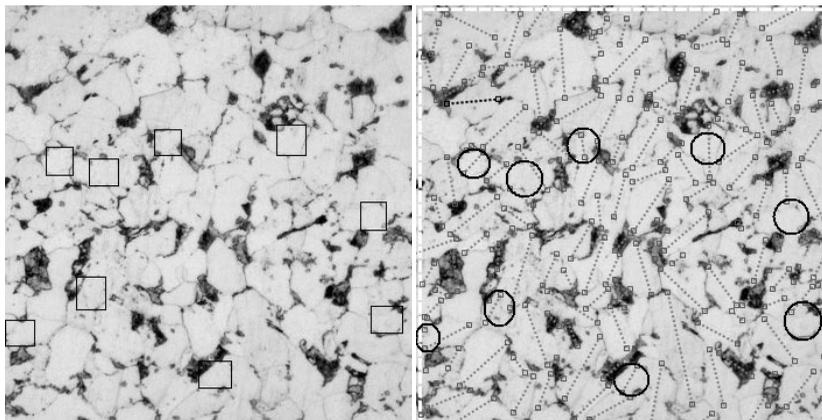
Здесь адаптивная бинаризация позволяет обойти проблему, связанную с наличием в серии изображений с разными контрастно-яркостными характеристиками. За основу взят метод на основе статистической оценки окрестностей [3].

Как правило, после бинаризации проявляется большое количество остатков, не удаленных размыканием. Для отсева данных остатков применяется метод выделения связанных областей [1, с. 771].

Рисунок 2. Исходное изображение микроструктуры стали 09Г2С

а)

б)



а) Выделение светлых элементов размером 27 пикселей на исходном изображении по приведенной методике б) Результаты ручного измерения характеристик светлых (ферритных) зерен

Результатом работы метода является набор прямоугольных областей, описанных вокруг светлых элементов, отделенных от остальных темным фоном. Результат такой обработки проиллюстрирован на рисунке 2а), результаты ручного измерения приведены на рисунке 2б) (зеленые линии).

Описываемая методика позволяет не только выделить отдельные зерна и определить их размер, но и построить границу зерна, т.е. фактически провести анализ геометрии зерен.

По характеру распределений полученных ручным и автоматическим методам (см. рис. 3), можно судить о хорошей достоверности результатов, получаемых описываемым методом.

Рисунок 3. Распределение зерен по размеру для области изображения микроструктуры стали 09Г2С размером 100x100 мкм. Красным отображены результаты ручного измерения, красным — результаты, полученные по описываемой методике



Результаты работы метода показывают хорошее соответствие эталонным замерам, выполненным вручную. Помимо устойчивого приемлемого результата, описанная методика позволяет значительно упростить, ускорить и удешевить работы, связанные с контролем качества выпускаемой продукции, контролем технического состояния находящихся в эксплуатации различных металлоконструкций и сооружений без применения методов разрушающего контроля.

Список литературы:

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М. : Техносфера; 2005. 1072 с.
2. ГОСТ 5639-82. Стали и сплавы. Методы выявления и определения величины зерна. Технические условия. — Взамен ГОСТ 5639-65 ; введ. 01.01.83. М.: Издательство стандартов, 2003. — 38 с. — (Межгосударственный стандарт).
3. Yahia S. Halabi, Zaid SA"SA, Faris Hamdan, Khaled Haj Yousef. Modeling Adaptive Degraded Document Image Binarization and Optical Character System // European Journal of Scientific Research. 2009. Vol. 28 №1.

СЕКЦИЯ 7.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

ЗАМОРАЖИВАНИЕ ЯГОДЫ ДИОКСИДОМ УГЛЕРОДА

Иваненко Олег Васильевич

к. т. н., доцент КемТИПП, г. Кемерово

E-mail: ivanenkooleg@mail.ru

Диоксид углерода наиболее подходит для прямого контактного замораживания различных видов продуктов. Как контактный хладагент, он привлекателен дешевизной, химической пассивностью и термической стабильностью, не корродирует металлических узлов, не горюч, не опасен для персонала. Жидкая углекислота при атмосферном давлении мгновенно превращается в смесь сухого снега и холодного углекислого газа, при этом газовая смесь внутри скороморозильного аппарата способна охладить продукт от +20°C до -78,5°C за несколько минут. Процесс замораживания протекает при высокой скорости без деформации в структуре продукта. Продукты, замораживаемые с помощью диоксида углерода, получают высокую органолептическую оценку, а потери массы из-за усушки составляют 0,3%.

При замораживании частицы в классической задаче Стефана [1, с. 424] процесс фазового перехода протекает при постоянной температуре на границе раздела фаз. В этом случае практически все теплофизические параметры (теплопроводность, теплоемкость, удельное сопротивление) изменяются скачкообразно.

В плодах ягоды благодаря ее пористой структуре процесс протекает иначе. Содержание жидкой фазы наблюдается при любой (практически до -100°C) температуре. По мере снижения температуры образца уменьшается доля жидкой фазы и увеличивается доля твердой, четкая граница раздела фаз отсутствует. В процессе замораживания выделяется теплота фазового перехода.

При моделировании процесса приняты следующие допущения:

- температура диоксида углерода остается постоянной;
- плотность замороженного продукта не зависит от температуры;

- температура в любой точке частицы зависит только от текущего радиуса и времени (симметричная задача).

Количество выморженной воды характеризуется величиной ω ,

$$\omega = \frac{G_{\text{л}}}{G_{\text{н}}}, \quad (1)$$

где $G_{\text{л}}$, $G_{\text{н}}$ — масса частицы льда и воды, соответственно, кг., которая может изменяться от 0 до 1 по мере снижения температуры от $t_{\text{кр}}$ ($t_{\text{кр}}$ — криоскопическая температура). Для определения ω рекомендована следующая зависимость [2, с. 91],

$$\omega = \left(1 - b \cdot \frac{1 - W}{W}\right) \cdot \left(1 - \frac{t_{\text{кр}}}{t}\right), \quad (2)$$

где b — содержание прочно связанной воды на единицу массы сухого вещества, кг/кг;

W — начальное содержание влаги в продукте;

$t_{\text{кр}}$ — криоскопическая температура, °С.

Дифференциальное уравнение теплопроводности для сферической частицы имеет вид

$$c\rho \frac{\partial t}{\partial r} = \frac{\partial}{\partial r} \cdot \left(\lambda \frac{\partial t}{\partial r} \right) + \frac{2\lambda}{r} \cdot \frac{\partial t}{\partial r}, \quad (3)$$

где c — теплоемкость, Дж/кг·К;

ρ — плотность, кг/м³;

λ — теплопроводность, Вт/м·К.

Теплоемкость до начала замораживания ($t > t_{\text{кр}}$) определяется по формуле

$$c = c_{\text{с}} \cdot (1 - W) + c_{\text{в}} \cdot W, \quad (4)$$

где $c_{\text{с}}$, $c_{\text{в}}$ — теплоемкости сухой массы и воды, соответственно, Дж/кг·К.

При достижении криоскопической температуры в частице появляется твердая фаза, доля которой растет по мере снижения температуры.

Теплота фазового перехода, выделяемая при замораживании влаги, учитывается как дополнительная теплоемкость, определяемая соотношением

$$c = c_c \cdot (1 - W) + c_a \cdot \omega \cdot W + c_b \cdot \omega \cdot (1 - W) + W \cdot r \cdot \frac{\partial \omega}{\partial t}, \quad (5)$$

где r — теплота кристаллизации воды, кДж/кг.

Первые три слагаемых формулы (5) характеризуют вклад теплоемкостей сухого вещества, льда и воды, соответственно, последнее слагаемое — теплоту, выделяемую при кристаллизации воды.

Начальное условие: при $\tau = 0$ $t = t_0$.

Граничные условия:

$$\text{при } r = 0 \quad \frac{\partial t}{\partial r} = 0;$$

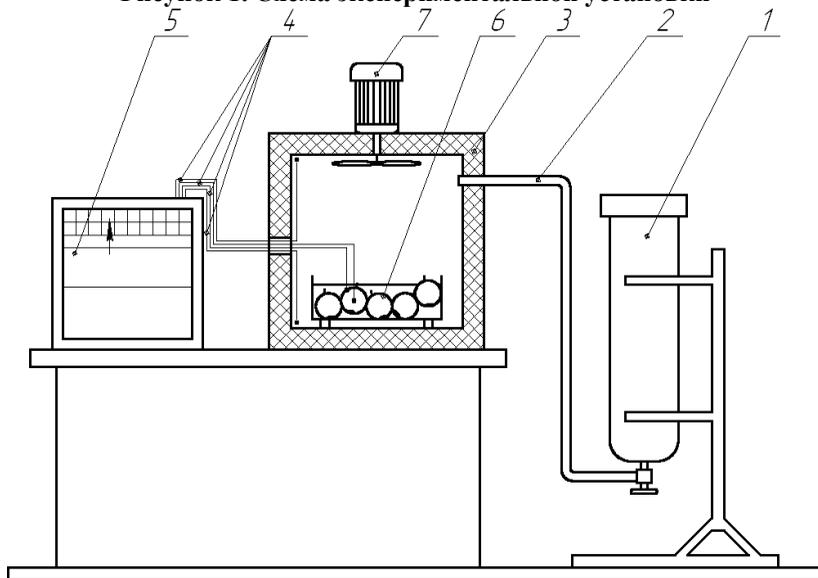
$$\text{при } r = R \quad \lambda \cdot \frac{\partial t}{\partial r} = -\alpha \cdot (t - t_x)$$

где α — коэффициент теплоотдачи от частицы к хладагенту, Вт/м·К;
 t_x — температура диоксида углерода, °С.

Ввиду нелинейного характера поставленной задачи, сложных зависимостей теплофизических характеристик от температуры ее аналитическое решение не представляется возможным. Поэтому процесс смоделирован на персональном компьютере с применением численных методов.

Для исследования процесса замораживания ягоды была использована экспериментальная установка [3], внешний вид которой представлен (рис. 1).

Рисунок 1. Схема экспериментальной установки



1 — баллон углекислотный; 2 — трубопровод медный; 3 — камера теплоизолированная;
4 — термопары хромель-копелевые; 5 — потенциометр КСП-4;
6 — ягода; 7 — вентилятор.

Установка состоит из устройств и измерительного прибора, позволяющих проводить процесс замораживания ягоды с контролем параметров:

- изменения скорости движения газа в камере;
- изменение температурного поля ягоды в зависимости от времени.

Ягоду (6) помещают в изолированную камеру (3). После чего камера закрывается, и в нее из баллона (1) подается диоксид углерода по трубопроводу (2). Изменение температуры в слое ягоды и камере контролируется с помощью хромель-копелевых термопар (4) сигнал с которых подается на потенциометр КСП-4 (5). Циркуляция газа в камере обеспечивается вентилятором (7).

При проведении эксперимента в качестве модельной среды использовались плоды облепихи. В камеру периодически осуществлялась подача диоксида углерода. Отсчитывалось время процесса, и через определенные промежутки фиксировалась

температура в камере, на поверхности и в объеме ягоды. Через 12 минут от начала замораживания она составила — 60°C.

Дискретный аналог уравнения Фурье (3) получен с использованием явной схемы с постоянным шагом по r и τ . Использование явной схемы для аппроксимации дифференциального уравнения накладывает определенные ограничения на выбор величин шагов по времени ($\Delta\tau$) и координате (Δr). Устойчивость вычисления обеспечивается при условии:

$$F_0 < 0,5, \quad (6)$$

$$F_0 = \frac{\lambda \cdot \Delta\tau}{c \cdot \rho \cdot (\Delta r)^2}, \quad (7)$$

где F_0 — сеточное число Фурье.

В процессе исследования ягоды, замороженной диоксидом углерода, выявлен ряд принципиальных преимуществ по сравнению с традиционной технологией заморозки:

- время заморозки сокращается до 5-30 минут;
- быстро прекращается ферментативная активность в продукте;
- хорошо сохраняется структура тканей и клетки продукта, поскольку кристаллы льда формируются значительно меньших размеров и практически одновременно в клетках и в межклеточном пространстве тканей;
- при медленной заморозке в продукте появляются следы жизнедеятельности бактерий, в то время как при шоковой заморозке они просто не успевают развиваться;
- потери массы продукта в результате усушки составляют всего 0,3% (против 3-6%).

По сравнению с замораживанием жидким азотом, при замораживании диоксидом углерода:

- не наблюдается растрескивание продукта из-за слишком большого перепада температуры между поверхностью и сердцевиной замораживаемого продукта
- в процессе замораживания диоксид углерода проникает в продукт и во время размораживания защищает его от окисления и развития микроорганизмов.

Плоды и овощи, подвергнутые быстрой заморозке и фасовке на месте, наиболее полно сохраняют вкусовые достоинства и

питательную ценность, все витамины и биологически активные вещества, что дает возможность широко применять их для производства продуктов для детского и диетического питания.

Список литературы:

1. Лыков А.В. Теория теплопроводности. — М.: Высшая школа, 1967. — 599 с.
2. Рогов И.А., Куцакова В.Е., Филиппов В.И., Фролов С.В. Консервирование пищевых продуктов холодом. — М.: Колос, 1999. — 176 с.
3. Неверов Е.Н. Разработка технологии холодильной обработки тушек птицы диоксидом углерода в условиях транспортировки: дис. канд. техн. наук: 05.18.04 Кемерово, 2007. —145 с.

СЕКЦИЯ 8.

ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КВАРЦЕВОГО ПЕСКА ПРИ СОЗДАНИИ СИЛИКАТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ БЛОКОВ

Корнилов Денис Юрьевич

к. т. н., доцент СевКавГТУ, г. Ставрополь

E-mail: kornilovdenis@rambler.ru

Гурьянова Александра Сергеевна

студентка, СевКавГТУ, г. Ставрополь

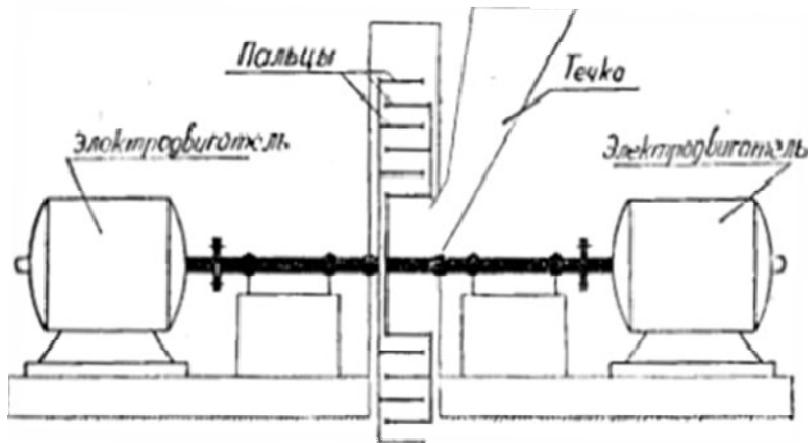
E-mail: Shellest_06@mail.ru

Высокие темпы строительства жилых и промышленных зданий с новыми и уникальными архитектурными формами и особенно специальных особо нагруженных сооружений (таких, как большепролетные мосты, небоскребы, морские нефтяные платформы, резервуары для хранения газов и жидкостей под давлением и др.) требуют разработки новых высокопрочных материалов. Каждый год строительный рынок России развивается все с большей интенсивностью. Те материалы и технологии, которые еще несколько лет назад можно было отнести к новинкам, сегодня перешли в разряд повседневных, а то и в разряд устаревших. На сегодняшний день застройщики применяют различные строительные материалы: это керамический кирпич, силикатный кирпич, шлакоблок и т.д., пределы прочности на сжатие которых составляют от 75 до 300 кг/см², предел прочности на сжатие разработанных по предложенной технологии силикатных строительных блоков составляет 1700 кг/см², при значительно меньших стоимостных характеристиках.

Суть разработки состоит в следующем, смесь состоящая из извести и песка в пропорции 1:9 поступает в мельницу, где происходит nanoизмельчение методом свободного высоконагруженного удара. Мельница состоит из двух вращающихся во взаимно противоположные стороны дисков с круглыми пальцами

(билами) [1, с. 220], которые расположены на каждом диске по кругу в несколько рядов перпендикулярно к плоскости вращения, образуя корзины (рисунок 1).

Рисунок 1. Схема мельницы



Пальцы одной корзины располагаются между двумя рядами пальцев другой. Диски корзин насажены на валы, расположенные на одной геометрической оси, каждый с самостоятельным приводом.

Практически было установлено, что при скорости вращения корзин мельницы 1000–1500 об/мин при соударении зерна песка раскалываются, что приводит к повышению прочностных свойств материала. Такое изменение качества песка после измельчения методом высоконагруженного удара объясняется следующим образом. Песок, находящийся в карьерах, имеет определенную структуру поверхности, которая ввиду длительного пребывания потеряла свою химическую активность. Зерна такого песка можно смешать с известью и впоследствии получить монолит, но для этого смесь нужно подвергнуть очень сильному давлению, чтобы получить максимальный объемный вес. При этом расстояния между частичками песка будут более короткими. При измельчении зерен песка при средней скорости 100–160 м/с их число может увеличиваться в 40 раз. Кроме увеличения числа зерен имеет место очень важное явление — увеличение поверхности зерен песка. Но прирост прочности изделий, полученных из измельченной смеси, не пропорционален приросту поверхности зерен, а превышает его в несколько раз. Это объясняется

тем, что новые поверхности, полученные в результате сильных ударов в мельнице, значительно активнее в химическом смысле, чем старые поверхности. Кроме того поверхности зерен песка, получаемые на других помольных машинах, в том числе, например, на вибромельницах, мало отличаются от поверхности зерен естественного песка.

В ходе работы было установлено, что поверхность зерен естественного песка имеет сферическую форму (рисунок 2), а измельченного с использованием мельницы имеет граненую структуру с размером грани не более 400 нм (рисунок 3).

Рисунок 2. Песок до его измельчения в мельнице

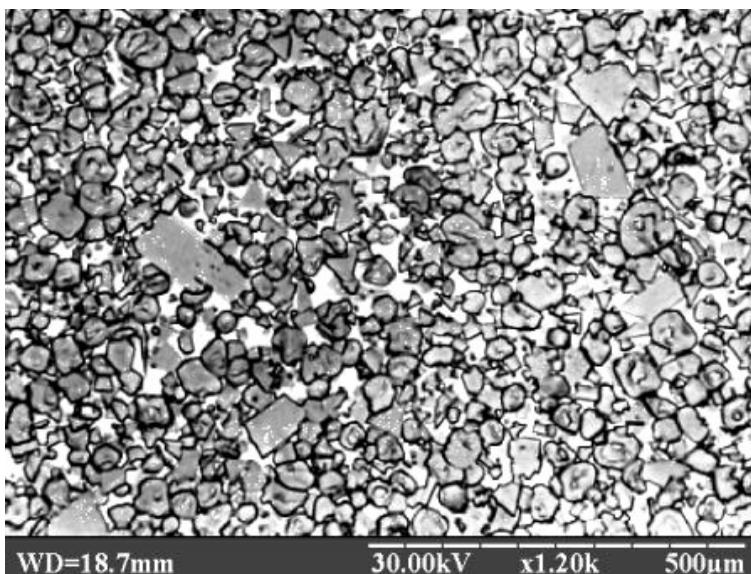
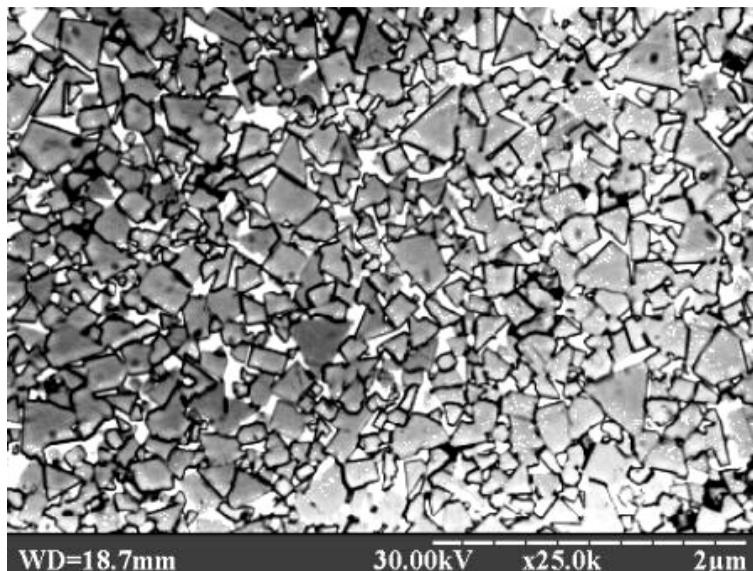


Рисунок 3. Песок после его измельчения в мельнице



Отформованные на вибростоле из этих смесей изделия, твердея в автоклаве, получают высокие строительно-технические свойства, значительно превышающие свойства аналогичных силикатных изделий. Предел прочности на сжатие силикатных строительных блоков, полученных методом свободного высоко нагруженного удара, составляет 1,7 МПа, что превышает прочность некоторых видов самого крепкого строительного материала — гранита (в таблице 1 представлены основные сведения и показатели прочности строительных материалов).

Таблица 1. Сравнительные характеристики строительных материалов.

Наименование	Предел прочности при сжатии	Размеры/стоимость/себестоимость по отношению к представленным размерам разрабатываемого силикатного блока повышенной прочности	Расположение
Гранит Гранатовый амфиболит ("Тундра")	175–180 МПа	600x300x20мм/2550руб/8,52руб	Россия, Карелия, Лоухский район, пос. Чула

Гранит Ладожский	141 МПа	600x300x20мм/1950руб/8,52руб	Россия, Ленинградская обл., Приозерский район, ж/д ст. Кузнечное
Гранит Черный пироксинит	138 МПа	600x300x20мм/2720руб/8,52руб	Россия
Полнотельный керамический кирпич	30 МПа	250 x 120 x 65 мм/16,8руб/2,6руб	Россия
Кирпич силикатный полнотельный	20 МПа	250 x 120 x 65 мм/8,9руб/2,6руб	Россия
Кирпич облицовочный клинкерный	30 МПа	250 x 120 x 65 мм /10-18,5 руб/2,6руб	Германия
Шлакоблок	0,75 Мпа	410x200x199мм/23 руб/20,82руб	Россия

При росте спроса на строительные материалы, связанным с началом реализации приоритетного национального проекта «Доступное и комфортное жилье — гражданам России», а так же в связи с наступившим мировым кризисом остается актуальным вопрос создания новых строительных материалов обладающих высокой прочностью и более низкой стоимостью по сравнению с аналогами [2, с. 87]. Поэтому, благодаря своим характеристикам высокопрочные силикатные строительные блоки смогут найти применение для решения различных практических задач строительства.

Список литературы:

1. Фасеева Г.Р. Структура пор и сравнительные характеристики кирпича / Г.Р. Фасеева, А.М. Салахов, А.И. Хацринов Вестник Казанского технологического университета. — 2010. №8. — С. 220—223;
2. Шишкина И.В. Применение строительных материалов из нетрадиционного сырья в современном строительстве / И.В. Шишкина, М.Ю. Мальков Строительство и реконструкция. 2009. — №5—25. — С. 87—90

СЕКЦИЯ 9.

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ И КОНСТРУКЦИЙ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ МАШИН

Чхетиани Артем Александрович

*соискатель Рязанского государственного агротехнологического
университета имени П.А. Костычева, г. Рязань*

E-mail: ganishina2011@yandex.ru

Картофель в нашей стране по своей народнохозяйственной значимости занимает второе место после зерна. В связи с переходом на рыночные отношения в Российской Федерации резко сократились площади под посадку картофеля в общественном секторе. В настоящее время картофель возделывается на фермерских, личных и подсобных хозяйствах. Кроме того, резко сократилось производство картофелеуборочной техники. Поэтому в этих условиях возникает проблема дальнейшего совершенствования картофелеуборочной техники и ее рабочих органов.

В настоящее время для выращивания картофеля применяется несколько основных технологий: Заоровская, Грядово-ленточная, Широкорядная, Гриммовская, Голландская [1, с. 47]. Остановимся на их рассмотрении более подробно.

Особенностью *Заоровской технологии* является предварительная нарезка гребней (весной либо осенью) для создания рыхлой структуры с целью создания оптимальных условий для развития картофеля и возможности уборки комбайнами. Следует отметить, что гребневая посадка позволяет рыхлить почву и уничтожает сорняки путем междурядных обработок задолго до появления всходов картофеля. Осенняя нарезка улучшает размерзание и рыхлость почвы, поэтому ее применяют в Центральном Черноземном районе для производства раннего картофеля. Весенняя нарезка используется во влагообеспеченных районах на суглинистых, дерново-подзолистых и серых лесных почвах. Безусловным

недостатком данной технологии является то, что в процессе ухода почва в междурядьях многократно уплотняется колесами, что приводит к ухудшению роста клубней и образованию комков, что значительно затрудняет комбайновую уборку.

Грядово-ленточная технология применяется в засушливых (Краснодарский край и др.) и переувлажненных (Дальний Восток) районах. Объемная гряда в засушливую пору накапливает влагу, а при сильных дождях сбрасывает воду в борозды. Данная технология позволяет повысить урожайность товарного картофеля на 10-30% выше по сравнению с Заоровской. Посадка картофеля проводится картофелесажалкой КМС-3А, а уборка — переоборудованным комбайном КПК-2-01. При этом следует отметить, что при уборке комбайнами на сепаратор поступает почвы на 30-40% меньше, чем при гребневой посадке.

Ширококорядная технология наиболее эффективна на тяжелых суглинках, особенно в условиях недостаточного или повышенного увлажнения. В Центрально-нечерноземных зонах России возможны, как засуха с температурами около 30 градусов, так и повышенная влажность, когда картофель вымокает. Высокая и широкая гряда менее подвержена влиянию окружающей среды, чем гребни, поэтому в данных условиях целесообразна эффективность посадки картофеля на грядах высотой до 30 см, при ширине междурядий 90 см. В жару при такой посадке лучше сохраняется влага и почва меньше прогревается, а при повышенной влажности, напротив, гряды интенсивнее пропускают влагу. При этом слои почвы, расположенные ниже клубней, не разрушаются и не подтапливаются даже при сильных дождях. На супесчаных почвах эта технология предусматривает применение картофелеуборочных машин с пассивными рабочими органами, на суглинистых — с активными рабочими органами.

Гриммовская технология применяется на тяжелых, каменистых почвах. Наличие значительного количества камней в почве снижает товарность выращенной продукции, исключает механизированную уборку картофеля из-за многочисленных повреждений клубней и значительных затрат на переработку картофельного вороха. Поэтому в данных условиях применяют технологию возделывания картофеля с предварительной сепарацией слоя почвы, в котором размещаются картофельные клубни. Особенностью данной технологии является то, что весной перед посадкой специальная машина — камнеудалитель, сепарирует из почвы камни и комки, укладывая их в заранее подготовленные борозды. Далее картофель высаживают двухрядной картофелесажалкой и убирают двухрядным комбайном. Однако после

посадки картофеля любые почвообрабатывающие операции полностью исключаются во избежание выноса камней из междурядий в зону клубня.

Голландская технология применяется на средних и тяжелых суглинистых почвах. Особенностью технологии является то, что весной проводится сплошное фрезерование почвы на глубину 12...14 см вертикально-фрезерным культиватором. Затем производится посадка картофеля, а через 12-15 дней формирование высокообъемных грядок горизонтально-фрезерным культиватором. При этом фрезерным четырехрядным гребнеобразователем формируется трапециевидный гребень с параметрами: высота 23-25 см, ширина по основанию 75 см, по верху 15-17 см. Верхний слой почвы на вершине и по бокам гребня уплотняется и приглаживается кожухом гребнеобразователя, в результате чего создается устойчивая поверхность для гербицидной пленки. Объем почвы в гребне дает возможность продолжительное время сохранять оптимальный запас влаги даже в засушливые периоды, в то же время высота и форма гребня дают возможность избежать избытка влаги при переувлажнении. Для борьбы с сорняками возможны повторные проходы гребнеобразователем, пока растения не достигнут 20 см.

Промышленное производство картофеля подразумевает использование картофелеуборочных машин. Картофелеуборочные машины представлены копателями и комбайнами [2, с. 93].

Уборка комбайнами — прогрессивный метод уборки картофеля, который состоит в том, что комбайны подкапывают грядки, отделяют клубни от почвы, ботвы, примесей и собирают чистые клубни в бункер. Этот способ менее трудоемок: на агрегате работают от 2 до 6 человек (тракторист, комбайнер, 4 переборщика). Переборщики очищают клубни от примесей почвы, растительных остатков и ботвы. Изготовление первых отечественных картофелеуборочных комбайнов КОК-2, ККР-2 началось в 1954 г.

Комбайн КОК-2, разработанный НИИКХ под руководством А.Ф. Чиркунова, включал в себя следующие основные рабочие органы: лемеха, крючковой прутковый элеватор, ботвоудаляющее устройство, состоящее из горки, валика и вентилятора; переборочный транспортер и бункер, из которого клубни собирались в корзины.

Комбайн ККР-2, созданный ГСКБ по машинам для возделывания и уборки картофеля (г. Рязань), в отличие от КОК-2 имел два дополнительных прутковых элеватора, металлический баллон над основным элеватором, пневмобарабан над каскадным элеватором и

измененное ботвоудаляющее устройство, состоящее из грохота с зараженными тростями и двух клубнеотрывающих валиков.

В те же годы были созданы комбайны элеваторного типа КК-2, КВР-2 разработанный в ВИСХОМЕ совместно с ГСКБ по машинам для возделывания и уборки картофеля. Следует отметить, что анализ испытаний этих комбайнов показал, что наращивание длины элеваторов приводит к увеличению размеров и массы комбайнов, снижает их надежность, повышает повреждаемость клубней, существенно не повышая сепарирующую способность.

В 1955 г. ВИСХОМ начал работы по созданию нового комбайна КГП-2, сепарирующими рабочими органами которого были грохоты с колебательным движением решет. Также предусматривалось осуществление процесса сепарации примесей на фрикционных рабочих органах: горках и наклонном переборочном столе.

Параллельно с этим объединенная конструкторская группа ВИСХОМа, ГСКБ (Рязань) и Тульского комбайнового завода в 1956 г. разработала комбайн К-2 элеваторного типа, который в последствии был усовершенствован в марку К-3.

На основе комбайнов К-3 и КГП-2 в 1962-1965 гг. ВИСХОМом совместно и ГСКБ разработаны унифицированные картофелеуборочные комбайны ККУ-2 «Дружба», базовая модель элеваторного типа и модификация грохотного типа.

В 1975 г. был выпущен комбайн ККУ-2А, модернизированный вариант ККУ-2. Он отличался от предыдущей модели активными (колеблющимися) лемехами, наличием второго элеватора вместо грохота, экрана для снижения повреждений клубней при выгрузке их в бункер, пальчатой поверхностью горки.

Начиная с 1975 г. ВИСХОМ совместно с ГСКБ создали самоходные четырехрядные картофелеуборочные комбайны КСК-4 и КСК-4-1. Испытания показали, что по основным агротехнологическим показателям (полноте уборки, повреждениям, чистоте клубней) они находятся на уровне комбайна ККУ-2А, однако данные комбайны более экономичны по затратам топлива. Коэффициент готовности у комбайна КСК-4-1 несколько выше, чем у комбайна КСК-4 вследствие упрощения конструкции и снижения массы. В 1982 г. самоходный комбайн КСК-4-1 был поставлен на производство.

В 1987 г. ПО «Рязсельмаш» начал выпуск трехрядного комбайна КПК-3, предназначенного для уборки картофеля с трех рядков, посаженного с междурядьем 70 см на легких, средних и тяжелых почвах. Комбайн имел ряд достоинств: приемная часть была выполнена в виде трех подкапывающих секций, включающих

прорезные диски и лемех между нами, что обеспечивало работу сепарирующих органов; в конструкции элеваторов были применены шнеки интенсификаторы, обеспечивающие рыхление клубненосного пласта; наличие пластиковых горок обеспечивало дополнительное отделение мелких примесей и растительных остатков; комбайн обслуживал один тракторист и комбайнер. Однако комбайн имел и недостатки: при работе на суглинках комбайн не обеспечивал хорошую сепарацию, при работе комбайн дает большие повреждения клубней.

В 1988 г. на базе КПК-3 был разработан и внедрен в производство двухрядный картофелеуборочный комбайн КРК-2-01, в конструкции которого входил переборочный стол для отделения почвенных примесей и растительных остатков. Его обслуживали один тракторист, комбайнер, двое рабочих-переборщиков.

В настоящее время при уборке картофеля в России применяются двухрядные картофелекопатели КТН-2В, КСТ-1,4. Картофелекопатель КТН-2В применяется на легких и средних по механическому составу почвах. Он состоит из рамы, лемеха, карданной передачи, редуктора, основного элеватора, каскадного элеватора, опорного колеса, отражателей. Картофелекопатель КСТ-1,4 применяется для работы на тяжелых почвах, его отличительной способностью является наличие третьего скоростного элеватора. Состоит из рамы, копирующего колеса, лемеха, скоростного элеватора, основного элеватора, каскадного элеватора, ходовых колес, привода рабочих органов.

Следует отметить, что описанные выше картофелекопатели удовлетворительно работают на легких почвах, а на тяжелых дают низкую сепарацию почвы и большой процент клубней, засыпанных почвой.

Таким образом, анализ современных технологий возделывания картофеля и конструкций картофелеуборочных машин показал, что уборка картофеля в нашей стране является пока еще трудоемким процессом, поэтому уровень производства картофеля не может быть признан удовлетворительным, особенно при уборке картофеля и послеуборочной обработке. Необходимо повышение эффективности данного процесса за счет дальнейшего совершенствования картофелеуборочных комбайнов и картофелекопательных машин.

Список литературы:

1. Верещагин Н.И., Пшеченков К.А. Комплексная механизация возделывания, уборки и хранения картофеля. М., Колос, 1977 — 352 с.
2. Справочник механизатора-картофелевода / Под ред. М.Б. Угланова. — М., Агропромиздат, 1987 — 207 с.

СЕКЦИЯ 10.

ТРАНСПОРТ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Поливодин Эдуард Сергеевич

*ассистент кафедры Техническая Эксплуатация Автомобилей,
ЮРГУЭС, г. Шахты
E-mail: polivodin@bk.ru*

Источником токсичных выбросов является не автомобиль в целом, а непосредственно его двигатель, а концентрация токсичных выбросов определяется газоанализаторами (для бензиновых двигателей) и дымомерами (для дизельных двигателей).

С ежегодным увеличением автомобильного парка России также увеличиваются выбросы вредных веществ в атмосферу с отработавшими газами. Их суммарная доля в некоторых регионах страны может достигать 80 % от всех загрязняющих выбросов. Ежегодно в процентном соотношении выбросы вредных веществ от автомобильного транспорта увеличивается на 2...5 процента [1]. Из-за отсутствия фактического контроля компетентных органов за техническим состоянием автомобилей на дорогах можно встретить транспортные средства, которые по визуальному анализу можно отнести к источникам повышенной экологической опасности, т.е. выпускная система неисправна [2], а некоторые автовладельцы могут снимать со своих автомобилей нейтрализаторы отработавших газов с целью увеличения мощностных характеристик своих автомобилей, тем самым увеличивая токсичные выбросы.

Важнейшее влияние на состав отработавших газов автомобильных двигателей оказывает качество топливо-воздушной смеси, поступающей в цилиндры двигателя внутреннего сгорания. Состав смеси характеризует коэффициент избытка воздуха λ «лямбда» (в технической литературе её ещё можно встретить как коэффициент α «альфа»). Коэффициент избытка воздуха — это отношение реального количества воздуха в смеси к теоретически необходимому, тому, что соответствует полному сгоранию. Идеальный случай когда $\lambda=1$, это

означает что смесь состоит из 15 частей воздуха и 1 части бензина (углеводородного топлива), последнее сгорает полностью и при этом образуется всего лишь 2 компонента — углекислый газ (CO_2) и водяной пар (H_2O). При полном сгорании углеводородного топлива (бензина) концентрация CO_2 будет наиболее максимальна. Обогащая смесь, т.е. увеличивая в ней содержание топлива ($\lambda < 1$), то при её воспламенении в связи с недостатком кислорода образуются продукты неполного сгорания углеводородного топлива (бензина) — оксид углерода (CO) и несгоревшие углеводороды (CH). Обедняя смесь ($\lambda > 1$) первоначально приведёт к понижению концентрации CO и CH в отработавших газах, а при $\lambda = 1,1$ содержание CO и CH минимизируется. Последующее обеднение топливно-воздушной смеси, несмотря на избыток кислорода, ухудшает сгорание топлива, появляются задержки воспламенения, двигатель теряет устойчивую работу, в связи с чем в выхлопных газах доля продуктов неполного сгорания особенно CH — увеличивается. На практике же идеального процесса сгорания углеводородного топлива не бывает, поскольку незначительная часть углеводородного топлива оседает на стенках камеры сгорания (КС), да и по самому объёму камеры сгорания смесь однородно не перемешивается. Это говорит о том, что в составе отработавших газов (ОГ) постоянно присутствуют оксид углерода и углеводороды в некоторых концентрациях. Качество топливно-воздушной смеси влияет не только на состав отработавших газов, но и на основные технические характеристики двигателя — мощность и экономичность. Максимальную мощность двигателя обеспечивает богатая топливом смесь, а наибольшая экономичность проявляется при бедной топливно-воздушной смеси [3].

Для снижения выбросов вредных веществ с отработавшими газами в окружающую среду на автомобильные двигатели устанавливают выпускные коллекторы с каталитическими нейтрализаторами (катоколлекторы, катализаторы). Они в свою очередь обеспечивают до-окисление (дожигание) оксида углерода, углеводородов, углекислого газа, т.е. в нейтрализаторах протекает процесс преобразования вредных соединений до безвредных. На двигателях имеющих нейтрализаторы отработавших газов концентрация вредных веществ значительно ниже, концентрации вредных веществ двигателей без нейтрализаторов отработавших газов.

В процессе горения углеводородного топлива в атмосферу вместе с выхлопными газами попадает более двухсот различных компонентов и химических соединений. Из них наиболее «страшными» для экологии относят всего три компонента: угарный газ (CO) —

составляющий большую часть загрязнений от автомобиля (бесцветный, без запаха газ, вызывает головную боль, потерю сознания и угрожает жизни человека); углеводороды (СН)- выделяется из камеры сгорания цилиндров двигателя из-за неполного сгорания углеводородного топлива, оказывает своё влияние на образовании смога и озона; окислы азота (NOx) — часть полного процесса сгорания, увеличивается при увеличении температуры сгорания, в больших концентрациях вызывает лёгочные заболевания.

Бурное развитие моторной техники заставляет ужесточать требования к их экологической безопасности. Данный вопрос может решаться в двух направлениях: первое — создание электромобилей, работающих за счёт подзарядки от сети постоянного тока, тогда теряются скоростные характеристики и непрерывность работы автомобиля снижается, кроме того увеличиваются выбросы в атмосферу загрязняющих веществ от предприятий, занимающихся выработкой электроэнергии (ТЭЦ, АЭС), второе — ужесточение требований к топливу (переход на ЕВРО-3,4,5), но и это мероприятие не является существенным и полноценным для реализации его в нашей стране, так как физической возможности перехода на уровень Евро-4,5- наши нефтеперерабатывающие заводы не имеют.

В своей выпускной квалификационной работе весной 2011 года «Исследование экологических характеристик двигателей внутреннего сгорания в условиях лаборатории «Автомобильные двигатели» кафедры ТЭА ЮРГУЭС» были исследованы показатели выбросов вредных веществ отработавших газов бензинового двигателя ВАЗ-21124 при работе на бензине с разным октановым числом. В режиме холостого хода и на малых нагрузках (не более 2500 об/мин-1) была протестирована работа двигателя на бензинах марок А-80, АИ-92, АИ-95, АИ-98. После чего результаты исследования показали, что марки бензина на состав отработавших газов не влияют в режиме холостого хода и малых нагрузках. Показатели СО, СН были в пределах допустимых ГОСТ 17.2.2.03-87.

Помимо исследований токсичности отработавших газов я проводил наблюдения за расходом топлива на различных бензинах. В ходе чего сделал вывод, что существенного влияния на расход топлива октановое число бензина не влияет в режимах малых нагрузках. Такое изменение следует наблюдать при испытании двигателя в режимах полных нагрузках.

Также мною были проведены испытания по отключению пар цилиндров двигателя с целью имитации соответствующей неисправности, в ходе которой была выявлена существенная

топливная экономичность (порядка 30%), что наталкивает на мысль о необходимости произвести подобные испытания в условиях скоростной нагрузки. При эксплуатации автомобиля в городских дорожных условиях (светофоры, дорожные заторы и др.) двигателю необязательно работать на всех цилиндрах. Целесообразно будет отключать половину цилиндров, что позволит достичь топливной экономичности и снижение токсичности при эксплуатации автомобиля на данном режиме с последующей установкой такой функции на панель управления автомобиля. Данную функцию используют некоторые зарубежные производители автомобилей в частности BMW давно уже начал применять такую функцию на своём продукте.

Как известно чем выше прогревается нейтрализатор отработавших газов, тем эффективней он работает. Было бы не лишним установить датчик температуры на нейтрализаторе, который не запускал бы двигатель пока нейтрализатор не прогреется для необходимой для его работы температуры (около 180°C). Данный датчик позволял бы значительно снизить выбросы вредных веществ в атмосферу. Данный датчик считать как обязательным элементом автомобиля. При этом необходимо иметь функцию, которая позволяла бы в экстренной ситуации запустить двигатель не прогревая нейтрализатор до определённой температуры.

Список литературы:

1. Авторский коллектив. Экологический вестник Дона: «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2010 году». Ростов-на-Дону, 2010. — 28 с.
2. ГОСТ 17.2.2.03-87 Нормы и методы измерений содержания окиси углерода и углеводородов в отработавших газах автомобилей с бензиновыми двигателями. Издательство стандартов 1987.
3. Кульчицкий А.Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей: учеб.пособие. М.:Академический проспект, 2004. — 155 с.

СЕКЦИЯ 11.

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

ЗАЩИТА ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ФЕНОЛАМИ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧЕ УГЛЯ

Шейнкман Леонид Элярдович

д. т. н., профессор, Тульский государственный университет, г. Тула

E-mail: eliard@yandex.ru

Дергунов Дмитрий Викторович

аспирант, Тульский государственный университет, г. Тула

E-mail: dmitrov83@mail.ru

Разработка полезных ископаемых, инженерно-геологические работы вызывают наиболее масштабные и глубокие региональные изменения природных систем. В процессе добычи угля подземным способом происходят сбросы шахтных вод в водные объекты.

Воздействие горного производства на водный бассейн проявляется в изменении водного режима, загрязнении и засорении вод. Основными источниками загрязнения природных вод, действующими горными предприятиями являются шахтные воды, поверхностные и дренажные стоки породных отвалов, золонакопителей, хвостохранилищ, шламонакопителей и др. [3, с. 124].

На ряду со взвешенными веществами, тяжелыми металлами, сульфатами, нитритами — сточные воды горных предприятий богаты фенолами и трудно растворимой органикой.

Фенолы, сбрасываемые со сточными водами в водоемы при окислении поглощают растворенный в воде кислород, что отрицательно сказывается на жизнедеятельности организмов и растений водоемов. Фенолы оказывают негативное влияние на естественные условия миграции ряда элементов вследствие образования комплексных или труднорастворимых соединений. При разовом или нерегулярном воздействии небольших доз фенола у человека наблюдается утомление, головокружение, головная боль, а

также снижение иммунитета и обострение аллергических реакций [4, с. 25]. Вследствие чего, защита водных систем, как поверхностных, так и подземных от загрязнения фенолами является актуальной задачей для обеспечения безопасности жизнедеятельности человека.

Фенольные соединения, содержащиеся в стоках шахтных вод Печорского угольного бассейна превышают предельно допустимые концентрации до 6-7 раз. В водные объекты Воркутинского промышленного района только шахтами в период с 1998 по 2002 годы сбрасывалось в среднем 0,078 т/год фенолов [1, с. 47, 57]. Наличие фенолов в шахтных водах связано с биохимическими процессами в угольных пластах, а также влиянием поверхностного стока.

В настоящее время не существует универсальной технологии очистки шахтных и других сточных вод от трудно-растворимой органики, предусматривающей их доведение до требуемых параметров. Одной из причин этого является несоответствие технологических схем очистки физико-химическому составу сточных вод.

Существующая на шахтах технология очистки предусматривает осветление предварительно скоагулированных шахтных вод в осветлителях со слоем взвешенного осадка, доочистку осветленных вод до установленных норм на скорых фильтрах, обеззараживание жидким хлором и обезвоживанием уловленных осадков и сгущенных шламов обогатительных фабрик на фильтр-прессах, что не обеспечивает доведение содержания фенольных соединений в шахтных сточных водах до уровня ПДК [1, с. 50-51].

Современным и высокоэффективным методом удаления фенольных и других трудно-окисляемых органических соединений, содержащихся в сточных водах горно-перерабатывающей, химической, целлюлозно-бумажной, металлургической промышленности являются процессы, основанные на использовании свободных радикалов в качестве окислителей, получившие название усовершенствованных окислительных процессов (Advanced Oxidation Processes — AOP) [2, с. 578].

Для определения параметров AOP-процессов окисления фенольных соединений в сточных водах проводились экспериментальные исследования с применением жидкостной и газовой хроматографии, атомной абсорбции, твердо-фазовой экстракции, флуориметрического, экстракционно-фотометрического, иодометрического и титрометрического методов на модельных растворах, которые представляли собой смесь 20% жидкости из

котлована, содержащего жидкие промтоходы от предприятия органического синтеза, загрязняющих реку Терепец (приток р. Ока) и 80% воды из Яченского водохранилища г. Калуги [4, с. 26]. Объектом исследования являлись модельные растворы, содержащие фенольное соединение — бисфенол А (BPA).

Бисфенол А представляет собой кристаллическое вещество белого цвета, обладает всеми химическими свойствами фенолов, токсичен. Его эмпирическая формула $C_{15}H_{16}O_2$ (мол. вес 228,29). Предельно-допустимая концентрация в водоемах 0,01 мг/л [6, с. 52].

Была построена матрица планирования полного факторного эксперимента (2^4) (табл. 1). Границы пространства планирования заданы m -мерным кубом со сторонами $-1 \leq x_j \leq 1$, $j = 1, 2, \dots, m$.

Таблица 1. Матрица планирования ПФЭ — 2^4

Опыты	Планирование								Переменная состояния y	
	z_0	кодированный масштаб				натуральный масштаб				
		z_1	z_2	z_3	z_4	x_1	x_2	x_3		x_4
1	+1	-1	-1	-1	-1	0,05	100	1	1	0,036
2	+1	+1	-1	-1	-1	0,1	100	1	1	0,071
3	+1	-1	+1	-1	-1	0,05	200	1	1	0,035
4	+1	+1	+1	-1	-1	0,1	200	1	1	0,068
5	+1	-1	-1	+1	-1	0,05	100	2	1	0,033
6	+1	+1	-1	+1	-1	0,1	100	2	1	0,064
7	+1	-1	+1	+1	-1	0,05	200	2	1	0,031
8	+1	+1	+1	+1	-1	0,1	200	2	1	0,061
9	+1	-1	-1	-1	+1	0,05	100	1	2	0,032
10	+1	+1	-1	-1	+1	0,1	100	1	2	0,062
11	+1	-1	+1	-1	+1	0,05	200	1	2	0,03
12	+1	+1	+1	-1	+1	0,1	200	1	2	0,059
13	+1	-1	-1	+1	+1	0,05	100	2	2	0,028
14	+1	+1	-1	+1	+1	0,1	100	2	2	0,056
15	+1	-1	+1	+1	+1	0,05	200	2	2	0,027
16	+1	+1	+1	+1	+1	0,1	200	2	2	0,053

В процессе проведения эксперимента сравнивалось действие УФ-излучения при различных концентрациях BPA — x_1 ($22 \cdot 10^{-5}$ mM (50 мкг/л), $44 \cdot 10^{-5}$ mM (100 мкг/л)), перекиси водорода H_2O_2 — x_2 (3 mM

(100 мг/л); 6 мМ (200 мг/л)) и активатора (1; 2 г/л), содержащего 8, 16 мМ Fe^{3+} — x_3 .

Модельный раствор, содержащий ВРА, перекись водорода и активатор, содержащий Fe^{3+} (хлорид железа (III)), подвергался воздействию УФ излучения в течение 2 часов (время облучения t — x_4). Пробы отбирались через 1 и 2 часа после облучения, и измерялась остаточная концентрация ВРА (переменная состояния — y).

Измерения осуществлялись жидкостным хроматографом LC-MS/MS. Продукты полураспада в течение фотодеградации ВРА были определены с помощью газового хроматографа GS-MS.

Матрица планирования эксперимента удовлетворяет критериям A-, D-, G- оптимальности и ортогональности, что подтверждает анализ плана, проведенный в системе Statistica v.6. Из результатов анализа следует, что все меры эффективности: $D-$, $A-$ и $G-$ *эффективность* достигают значения 100%, что является доказательством $D-$, $A-$ и $G-$ *оптимальности* полного факторного ортогонального плана [5, с. 211]. Из оптимальности эксперимента следует высокая адекватность модели экспериментальным данным.

Исходя из того, что физико-химический процесс, который отражают экспериментальные данные (табл. 1) описывается функцией (1):

$$\tilde{y} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4, \quad (1)$$

для определения зависимости остаточной концентрации ВРА в процессе разложения под действием УФ-излучения в момент времени t — $C_{\text{ост}}(t)$, мг/л от ее начальной концентрации — $C_{\text{ВРА}}$, мг/л, концентрации перекиси водорода — $C_{\text{H}_2\text{O}_2}$, мг/л, концентрации активатора — C_A , г/л и времени разложения облучения — t , ч. в системе Statistica v.6 регрессионным анализом с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,9996$ и множественной корреляции $R = 0,9998$ получена модель (2):

$$\tilde{y} = \exp \left(\begin{array}{l} -0,080788 + 0,971642 \ln x_1 - 0,069869 \ln x_2 - \\ -0,156662 \ln x_3 - 0,203063 \ln x_4 \end{array} \right) \quad (2)$$

Учитывая, что $x_1 = C_{\text{ВРА}}$; $x_2 = C_{\text{H}_2\text{O}_2}$; $x_3 = C_A$; $x_4 = t$, а $\tilde{y} = C_{\text{ост}}$ уравнение (2) перепишется в виде (3):

$$C_{ост} = \exp \begin{pmatrix} -0,080788 + 0,971642 \ln C_{BPA} - 0,069869 \ln C_{H_2O_2} - \\ -0,156662 \ln C_A - 0,203063 \ln t \end{pmatrix} \quad (3)$$

Множественным линейным регрессионным анализом установлены статистики, более детально характеризующие значимость модели (3) на уровне значимости $\alpha=0,01$: статистика Фишера-Снедекора $F=7292,126$; статистика Дарбина-Уотсона $DW=2,02$ и сериальная корреляция остатков $\rho_{кор} = -0,092$, которые отражают, высокую степень точности с которой модель (3) описывает зависимость остаточной концентрации ВРА от предикторных переменных, а уровень критерия Дарбина-Уотсона характеризует отсутствие сериальной корреляции остатков.

Модель (3) может послужить инструментом поиска оптимальных параметров процесса очистки сточных вод от фенольных соединений, например таких как, оптимальное количество ингредиентов, необходимое для разложения фенольных соединений до некоторого значения концентрации при определенных затратах на процесс очистки.

Определение оптимальных параметров процесса очистки сточных вод, содержащих фенольные соединения и трудно-окисляемую органику при использовании АОР-процессов позволит снизить техногенную нагрузку на поверхностные и подземные воды при добыче твердых полезных ископаемых на предприятиях горно-перерабатывающей промышленности, что может явиться основой создания природо-защитной технологии.

Список литературы:

1. Волковская С.Г. Экологическая оценка воздействия горных предприятий на природную среду Воркутинского района и рациональные способы охраны природных ресурсов [электронный ресурс]: Дис.... канд. техн. наук: 25.00.36. — М.: РГБ, 2005. — Режим доступа. — URL: <http://dlib.rsl.ru/load.php?path=/rsl01002000000/rsl01002743000/rsl01002743601/rsl01002743601.pdf>.
2. Моисеев И.И. Окислительные методы в технологии очистки воды и воздуха // Изв. АН. Сер. хим. — 1995, № 3 — С. 578—588.
3. Певзнер М.Е., Малышев А.А., Мельков А.Д., Ушань В.П. Горное дело и охрана окружающей среды: Учеб. для вузов — 2-е изд. — М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2000. — 300 с.

4. Соколов Э.М., Шейнкман Л.Э., Дмитриева Т.В., Чернова М.В., Дергунов Д.В. Исследование разложения фенольных соединений в водных системах под действием физико-химических факторов // Безопасность жизнедеятельности, 2009. — №4. — С. 25—32.
5. Халафян А.А. STATISTICA 6. Математическая статистика с элементами теории вероятностей. Учебник — М.: Издательство Бином, 2010 г. — 496 с.: ил.
6. Химическая энциклопедия: В 5т.: т. 2: Даффа-Меди /Редкол.: Кнунянц И.Л. (гл. ред.) и др. — М.: Сов. энцикл., 1990. — 671 с.: ил.

**«НАУКА И ТЕХНИКА
В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ»**

Материалы международной заочной научно-практической
конференции

19 октября 2011 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 18.10.11. Формат бумаги 60x84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 8,125. Тираж 550 экз.

Издательство «Априори»
630099, г. Новосибирск, ул. Романова, 28
E-mail: info@a-ti.ru

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Априори»
630099, г. Новосибирск, ул. Романова, 28