

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Московский государственный технический университет
им. Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Калужский филиал МГТУ имени Н. Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»

НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРИБОРО - И МАШИНОСТРОЕНИИ И РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ВУЗЕ

**Материалы
Всероссийской научно-технической конференции**

Том 2



Калуга 2016

УДК 378:001.891
ББК 74.58:72
НЗ4

Руководители конференции

А. В. Царьков (директор КФ МГТУ им. Н. Э. Баумана);
А. А. Столяров (зам. директора по научной работе)

Оргкомитет конференции

А. А. Столяров (председатель оргкомитета);
В. В. Лебедев (ученый секретарь);
Е. Н. Малышев; Г. В. Орлик; Н. Е. Шубин; А. А. Жинов; Ю. П. Корнюшин;
А. И. Пономарев; А. К. Рамазанов; А. А. Анкудинов; Б. М. Логинов;
В. Г. Косушкин; В. В. Андреев; А. В. Мазин; А. А. Шубин; А. К. Горбунов;
А. В. Максимов; В. Н. Пащенко; М. В. Астахов; Е. Н. Сломинская;
О. Л. Перерва; Г. И. Ловецкий; А. Ю. Красноглазов; В. М. Алакин

НЗ4 **Научное** технологии в приборо- и машиностроении и развитие инновационной деятельности в вузе: материалы Всероссийской научно-технической конференции, 15 – 17 ноября 2016 г. Т. 2. – Калуга: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016. – 248 с.

В сборнике материалов Всероссийской научно-технической конференции представлены результаты научных исследований, выполненных учеными в течение ряда лет. Систематизированы материалы различных научных школ. Результатами научных исследований являются новые методы, вносящие вклад в развитие теории, а также прикладные задачи, воплощенные в конструкции и материалы.

УДК 378:001.891
ББК 74.58:72

© Коллектив авторов, 2016
© Калужский филиал МГТУ
им. Н. Э. Баумана
© Издательство МГТУ
им. Н. Э. Баумана, 2016

СЕКЦИЯ 5.

КЛАССИЧЕСКИЕ И СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ; АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВОМ

П.Ю. Корнюшин

МОДЕЛЬ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА КАК ЭЛЕМЕНТА ТУРБОНАСОСА

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Питательные насосы являются основными, наиболее сложными и ответственными тепломеханическими установками во всех энергоблоках тепловых и атомных электростанций. Они предназначены для подачи питательной воды из деаэраторов в парогенераторы (паровые котлы). Наиболее распространенными являются центробежные насосы.

При исследовании работы и последующем проектировании питательных турбонасосов необходимо знать влияние производительности насоса (его объемного расхода или подачи) на работу турбины. Насос является основной нагрузкой для турбины. При изменении режимов работы насоса, меняется величина момента нагрузки на роторе турбины, соответственно меняется динамика работы турбонасосного агрегата. Для этих целей необходимо иметь математическую модель насоса.

При построении математической модели будем исходить из следующих положений:

1. Основным входным сигналом, управляющим воздействием является сигнал, определяющий угловую скорость вращения вала насоса (угловая скорость вращения ротора приводной турбины через редуктор) – $\omega(t)$, вторым входным сигналом является давление на входе насоса – $P_{Hex}(t)$;

2. Вал насоса жестко соединен с ротором турбины, поэтому выделять момент инерции насоса из турбопривода нецелесообразно;

3. Зависимость частоты вращения приводной турбины от расхода пара на нее считаем линейной - обеспечивается проектированием рабочего профиля регулирующего паровпускного клапана.

4. Выходными сигналами полагаем в первую очередь – производительность насоса (его расход) – $Q(t)$, давление на его выходе – $P_H(t)$ и момент сопротивления – $M_C(t)$, сообщаемый насосом его приводной турбине.

Укрупненная функциональная схема насоса, которой определены все входы и выходы имеет вид, представленный на рис. 1.

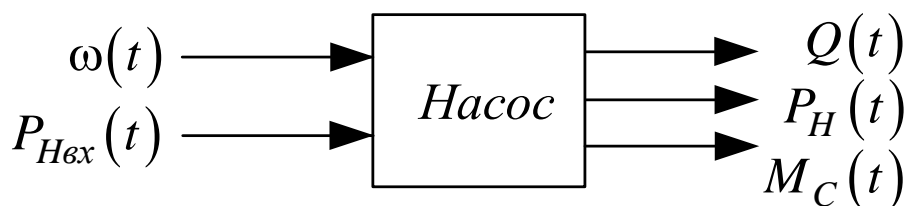


Рис. 1. Укрупненная функциональная схема

Основную зависимость $Q(t) = Q(t, \omega(t), \dots)$ можно определить исходя из напорно-расходной характеристики центробежного насоса [1]. В границах рекомендуемых подач и напоров для насосов напорно-расходная характеристика аппроксимируется уравнением участка квадратичной параболы [2, 3]

$$H_H(t) = H_{fn} \left(\frac{\omega(t)}{\omega_0} \right)^2 - S_{fs} Q^2(t),$$

где $H_H(t)$ – напор на выходе насоса;

$\omega(t)$, ω_0 – текущая и номинальная частота вращения вала насоса;

H_{fn} – «фиктивный напор» насоса на номинальной частоте;

S_{fs} – «фиктивный напор» насоса.

Параметры H_{fn} и S_{fs} определяются по каталожным или экспериментальным напорно-расходным характеристикам насоса (по двум точкам рабочей части характеристики) [4], используя зависимости:

$$S_{fs} = \frac{H_1 - H_2}{Q_2^2 - Q_1^2},$$

$$H_{fn} = H_1 + S_{fs} Q_1^2.$$

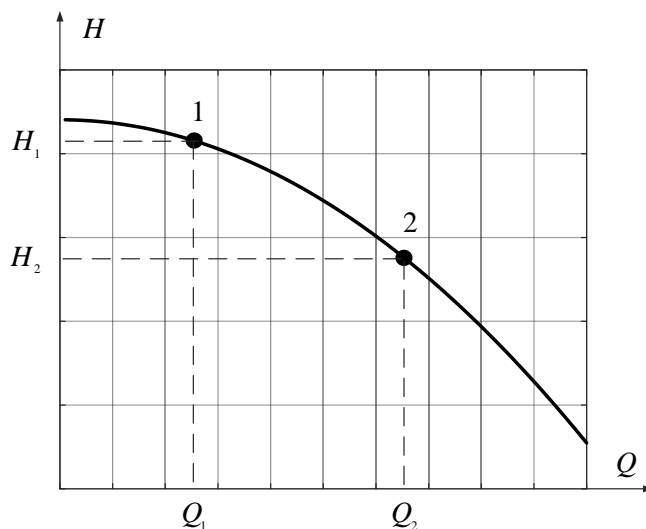


Рис. 2. К вычислению параметров H_{fn} и S_{fs}

Выражая напор через давление $H = \frac{P}{\rho g}$, получаем уравнение статической модели насоса (ρ – плотность перекачиваемой жидкости g – ускорение земной тяжести):

$$P_H(t) = \rho g \left(H_{fn} \left(\frac{\omega(t)}{\omega_0} \right)^2 - S_{fs} Q^2(t) \right).$$

Откуда следует

$$Q^2(t) = \frac{H_{fn}}{S_{fs}} \left(\frac{\omega(t)}{\omega_0} \right)^2 - \frac{P_H(t)}{\rho g S_{fs}},$$

или

$$Q(t) = \sqrt{\frac{H_{fn}}{S_{fs}} \left(\frac{\omega(t)}{\omega_0} \right)^2 - \frac{P_H(t)}{\rho g S_{fs}}}. \quad (1)$$

Момент сопротивления $M_C(t)$, оказываемый насосом его турбоприводу, можно определить из следующих условий. Полагая, что момент $M_C(t)$ является основной нагрузкой для турбины, создаваемой насосом, и может быть выражен через параметры насоса из условия равенства полезных мощностей турбины $N_T(t)$ и насоса $N_H(t)$:

$$N_T(t) = N_H(t).$$

Отмеченные мощности определяются следующими известными соотношениями [2]:

$$N_T(t) = M_C(t) \omega(t),$$

$$N_H(t) = \frac{Q(t) \Delta P(t)}{102 \eta_H},$$

где $\Delta P(t) = P_H(t) - P_{Hex}$ – перепад давлений на выходе $P_H(t)$ и входе $P_{Hex}(t)$ насоса;

η_H – к.п.д. насоса.

На основе данных соотношений момент сопротивления $M_C(t)$ определяется выражением:

$$M_C(t) = \frac{Q(t) \left(\rho g \left(H_{fn} \left(\frac{\omega(t)}{\omega_0} \right)^2 - S_{fs} Q^2(t) \right) - P_{Hex} \right)}{102 \eta_H \omega(t)}. \quad (2)$$

Таким образом, математическая модель питательного турбонасоса при оговоренных выше условиях описывается соотношениями (1) и (2).

Зависимости $Q(t) = Q(t, \omega(t), \dots)$ и $P_H(t) = P(t, \omega(t), \dots)$ для определенного диапазона скоростей находятся из напорно-расходной характеристики турбонасосного агрегата [5].

Приведенные выше производительность насоса (его расход) $Q(t)$ и момент сопротивления $M_C(t)$ выражены в абсолютных величинах. Если математическая модель турбопривода описана в относительных величинах, то зависимости (1) и (2) также должны быть переведены из абсолютных

величин к относительным величинам согласно формата

$$x_{\text{текущее}} - x_{\text{ном}} / x_{\text{ном}}.$$

Взаимную связь турбины и насоса в турбонасосе иллюстрирует структурная схема, показанная на рис. 3.

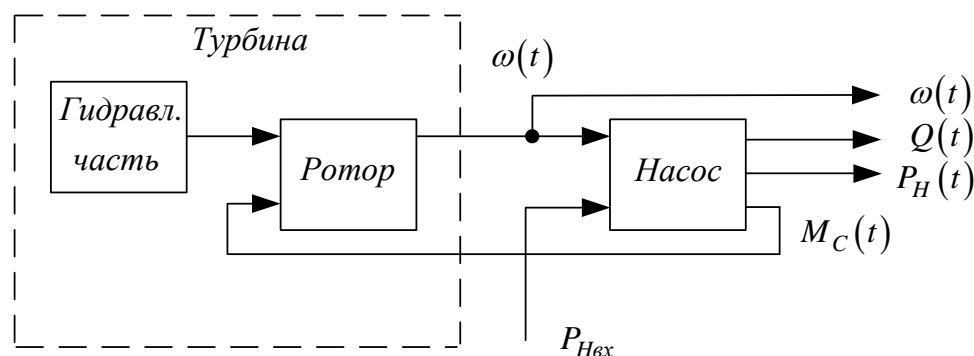


Рис. 3. Структурная схема модели турбонасоса

Как видим, математическая модель питательного насоса в турбонасосе, является безынерционной и по отношению к моменту сопротивления $M_C(t)$ представляет собой нелинейный функциональный преобразователь.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Правительства Калужской области (грант № 16-41-400701)

Список литературы

- [1] Кривченко Г.И. Гидравлические машины: Турбины и насосы. – М.: Энергоатомиздат, 1983. 320 с.
- [2] Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. и др. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. – М.: Машиностроение, 1982. – 423 с.
- [3] Митенков Ф.М., Новинский Э.Г., Будов В.М., Главные циркуляционные насосы АЭС. Под общей редакцией Ф.М. Митенкова. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 385 с.
- [4] Лезнов Б.С. Частотно-регулируемый электропривод насосных установок. – М.: Машиностроение, 2013. – 176 с.
- [5] Типовая энергетическая характеристика питательного турбонасосного агрегата ПТА-3750 РД 34.41.704 (ТХ 34-70-022-86). URL: <http://pandia.ru/text/78/081/94501.php> (Дата обращения 14.10.2016)

Корнюшин Петр Юрьевич - аспирант КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: kornyuushin.petr@gmail.com

А.М. Макаренков, А.А. Якушев, Д.В. Филиппов

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ УСРЕДНЕННЫХ ПРОЕКЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИДЕНТИФИКАЦИИ И СИНТЕЗА СТОХАСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

К современным системам управления, применяемых в таких областях техники и технологий, как авиация, ракетостроение, робототехника, транспортное машиностроение и энергетика к системам автоматического управления предъявляются повышенные требования по быстродействию, качеству и точности. При этом часто возникает необходимость учета влияния случайных факторов на уровне математической модели, что заставляет рассматривать систему управления, как стохастическую.

Решение задач анализа, синтеза и идентификации математических моделей в классе стохастических систем требует эффективных вычислительных методов. Среди которых набирают возрастающую популярность проекционные методы, называемые также спектральными.

Целью настоящей работы является исследование возможностей и оценка целесообразности применения так называемых усредненных проекционных моделей и аппарата матричных операторов для решения задач идентификации статистических характеристик случайных параметров модели и оптимизации параметров регулятора в стохастических системах.

Решение данных типов задач производилось для класса стохастических систем, описываемых дифференциальными уравнениями вида

$$\sum_{i=0}^n a_i \left(d^i / dt^i \right) x = \sum_{j=0}^m b_j \left(d^j / dt^j \right) y; \quad a_n \equiv 1, \quad (1)$$

где все или некоторые коэффициенты a_i и b_j являются случайными величинами, определяемыми как

$$a_i = \bar{a}_i + \Delta a_i, \quad i = \overline{0, n-1}, \quad b_j = \bar{b}_j + \Delta b_j, \quad j = \overline{0, k-1}, \quad (2)$$

где \bar{a}_i и \bar{b}_j – номинальные значения коэффициентов, а Δa_i и Δb_j – возможные отклонения от этих значений.

При этом случайные коэффициенты a_i, b_j в представлении (2) выражаются через случайные физические параметры исходной модели

$$K_q = m_{K_q} + V_q \sqrt{D_{K_q}}, \quad (3)$$

Где m_{K_q} и D_{K_q} – математическое ожидание и дисперсия q -го случайного параметра. Коэффициенты имеют нормальный закон распределения плотности вероятности и не коррелированы между собой, а их корреляция

с входным сигналом системы также отсутствует. Тогда усредненная проекционная модель имеет вид:

$$\mathbf{C}^{m_x} = \mathbf{M}[\mathbf{A}] \mathbf{C}^{m_y} + \mathbf{C}^{m_0}, \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \mathbf{C}^{R_{xx}} = & \mathbf{M} \left[\mathbf{A} \left(\mathbf{C}^{R_{yy}} + \mathbf{C}^{m_y} \left(\mathbf{C}^{m_y} \right)^T \right) \mathbf{A}^T \right] + \mathbf{C}^{m_0} \left(\mathbf{C}^{m_y} \right)^T \mathbf{M} \left[\mathbf{A}^T \right] + \\ & + \mathbf{M}[\mathbf{A}] \mathbf{C}^{m_y} \left(\mathbf{C}^{m_0} \right)^T + \mathbf{C}^{R_{00}} + \mathbf{C}^{m_0} \left(\mathbf{C}^{m_0} \right)^T - \mathbf{C}^{m_x} \left(\mathbf{C}^{m_x} \right)^T, \end{aligned} \quad (5)$$

где $\mathbf{C}^{m_y}, \mathbf{C}^{m_x}$, – проекционные аппроксимации функций математического ожидания входного и выходного сигнала соответственно; $\mathbf{C}^{m_0}, \mathbf{C}^{R_{00}}$, – проекционные характеристики функций математического ожидания и корреляционной функции вектора начальных состояний; \mathbf{A} , – проекционная характеристика системы, которую можно записать в виде детерминированной и случайной составляющих $\mathbf{A} = \bar{\mathbf{A}} + \Delta\mathbf{A}$; символ $\mathbf{M}[\cdot]$ обозначает операцию осреднения; \mathbf{T} – знак транспонирования.

Можно заметить, что выражения (4) и (5) отражают специфику стохастических систем. В частности, из (4) видно, что случайность параметров всегда порождает дополнительную регулярную составляющую $\mathbf{M}[\Delta\mathbf{A}] \mathbf{C}^{m_y}$ на выходе системы, обусловленную корреляцией между случайными значениями коэффициентов исходного уравнения **Ошибка! Источник ссылки не найден.** и его решением $x(t)$, то есть

$$\mathbf{C}^{m_x} = \mathbf{M}[\bar{\mathbf{A}} + \Delta\mathbf{A}] \mathbf{C}^{m_y} + \mathbf{C}^{m_0} = \bar{\mathbf{A}} \mathbf{C}^{m_y} + \mathbf{M}[\Delta\mathbf{A}] \mathbf{C}^{m_y} + \mathbf{C}^{m_0}.$$

Преимущества использования данного метода анализа стохастических систем по сравнению, например, с методом статистических испытаний, можно увидеть на примере временных затрат на решение задачи анализа математической модели ЭГСП восьмого порядка с одним случайным параметром, приведенных в таблице 1.

Таблица 1. Временные затраты на анализ модели 8-го порядка

N - количество испытаний	2 000	5 000	10 000	15 000	20 000	Результат метода анализа уср. модели
T, сек	13,28	25,11	63,94	81,49	114,32	0.0229

Более подробное описание данного метода можно найти в [1].

Задача идентификации случайных параметров формулируется следующим образом. Для системы управления математическая модель которой описывается дифференциальным уравнением (1) со случайным параметром K_q (3), требуется найти дисперсию этого случайного параметра

ра D_{K_q} . При этом предполагается, что данный параметр имеет нормальный закон распределения и его математическое ожидание m_{K_q} является известным. Также предполагается выполнение условия физической реализуемости системы управления, формулируемого как $n > m$ в (1).

Рассматриваемый метод идентификации основан на минимизации критерия, зависящего от параметров модели. В качестве такого критерия выбрана мера близости корреляционных функций и функций математического ожидания измеренного выходного сигнала реальной системы и тех же статистических характеристик, вычисленных по ее параметризованной модели, который с использованием проекционной аппроксимации модели (1) можно представить в следующей форме:

$$J(D_K) = \left[\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p [c_{ij}^{\varepsilon_m}(D_K)]^2 \right]^{1/2} + \left[\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p [c_{ij}^{\varepsilon_R}(D_K)]^2 \right]^{1/2}, \quad (6)$$

где $c_{ij}^{\varepsilon_m}(D_K)$ и $c_{ij}^{\varepsilon_R}(D_K)$ – элементы квадратных матриц проекционных характеристик $\mathbf{C}^{\varepsilon_m}(D_K)$ и $\mathbf{C}^{\varepsilon_R}(D_K)$ соответственно, вычисляемых как

$$\mathbf{C}^{\varepsilon_m}(D_K) = \mathbf{C}^{m_x^u} \left(\mathbf{C}^{m_x^u} \right)^T - \mathbf{C}^{m_x^p}(D_K) \left(\mathbf{C}^{m_x^p}(D_K) \right)^T,$$

$$\mathbf{C}^{\varepsilon_R}(D_K) = \mathbf{C}^{R_{xx}^u} - \mathbf{C}^{R_{xx}^p}(D_K),$$

где $\mathbf{C}^{m_x^u}$ – проекционная характеристика функции математического ожидания измеренного выходного сигнала системы $m_x^u(t)$; $\mathbf{C}^{m_x^p}(D_K)$ – расчетная проекционная характеристика математического ожидания выходного сигнала системы, вычисленная по ее усредненной проекционной модели для некоторого значения дисперсии случайного параметра D_K ; $\mathbf{C}^{R_{xx}^u}$ – проекционная характеристика автокорреляционной функции измеренного выходного сигнала системы $R_{xx}^u(t_1, t_2)$; $\mathbf{C}^{R_{xx}^p}(D_K)$ – расчетная проекционная характеристика автокорреляционной функции выходного сигнала системы, вычисленная по ее усредненной проекционной модели для некоторого значения дисперсии случайного параметра D_K .

Метод показал свою эффективность при идентификации дисперсии таких параметров модели, как коэффициент вязкого трения на золотнике (h_s), коэффициент усиления цепи обратной связи (k_{oc}), коэффициента сжатия рабочей жидкости (h_f), результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2. Влияние количества измерений на точность идентификации

Номи- нал. зн-я пара- метров	Кол-во измере- ний, N	2000	1500	1000	500	200
D_{h_3} 0.0011	Идентиф. значе- ние D_{h_3}	0,0011	0,0011	0,0011	0,0013	0,0013
$D_{k_{oc}}$ 0.0005	Идентиф. значе- ние $D_{k_{oc}}$	0,0005	0,0005	0,0005	$4,31 \cdot 10^{-4}$	$3,67 \cdot 10^{-4}$
D_{h_1} $1.04 \cdot 10^{-23}$	Идентиф. значе- ние D_{h_1}	$9,31 \cdot 10^{-24}$	$9,31 \cdot 10^{-24}$	$9,31 \cdot 10^{-24}$	$7,84 \cdot 10^{-24}$	$8,47 \cdot 10^{-24}$

Задача оптимизации параметров PID-регулятора формулируется следующим образом. Требуется определить значения параметров k_p, k_i, k_d , обеспечивающие заданные динамические характеристики системы управления при условии, что некоторые физические параметры объекта управления (коэффициенты модели (1)) являются гауссовыми случайными величинами с известными математическими ожиданиями и дисперсиями.

Требуемые динамические характеристики системы управления, в качестве которой выступает ЭГСП, задаются функцией эталонного переходного процесса $y_s(t)$, который должен иметь место при подаче на вход системы ступенчатого сигнала $u(t)$. Оптимизацию параметров k_p, k_i, k_d предлагается выполнять в два этапа. На первом этапе ищутся значения данных параметров, обеспечивающие наилучшее приближение выходного сигнала системы к эталонному переходному процессу $y_s(t)$ при условии, что параметры ЭГСП являются детерминированными. Поиск параметров PID-регулятора на данном этапе осуществляется путем минимизации следующего функционала, построенного с использованием проекционной модели системы управления [1], описываемой моделью (2):

$$J_1(k_p, k_i, k_d) = \left[\mathbf{C}^{y_s} - \mathbf{C}^{y_p}(k_p, k_i, k_d) \right]^T \left[\mathbf{C}^{y_s} - \mathbf{C}^{y_p}(k_p, k_i, k_d) \right], \quad (7)$$

где \mathbf{C}^{y_s} – проекционная характеристика эталонного переходного процесса $y_s(t)$; $\mathbf{C}^{y_p}(k_p, k_i, k_d)$ – расчетная проекционная характеристика переходного процесса, вычисленная по проекционной модели системы управления для заданных значений параметров PID-регулятора.

Учитывалось случайное параметрическое воздействие коэффициента обратной связи k_{oc} , были выбраны следующие параметры математического ожидания и дисперсии: k_{oc} ; $m_{k_{oc}} = 0.1$; $D_{k_{oc}} = 0.0005$.

Таблица 3. Результаты оптимизации

Параметры регулятора	Этап 1	Этап 2
k_p	2,3623	1.9797
k_i	0,08688	0.0407
k_d	0,04357	0.0523

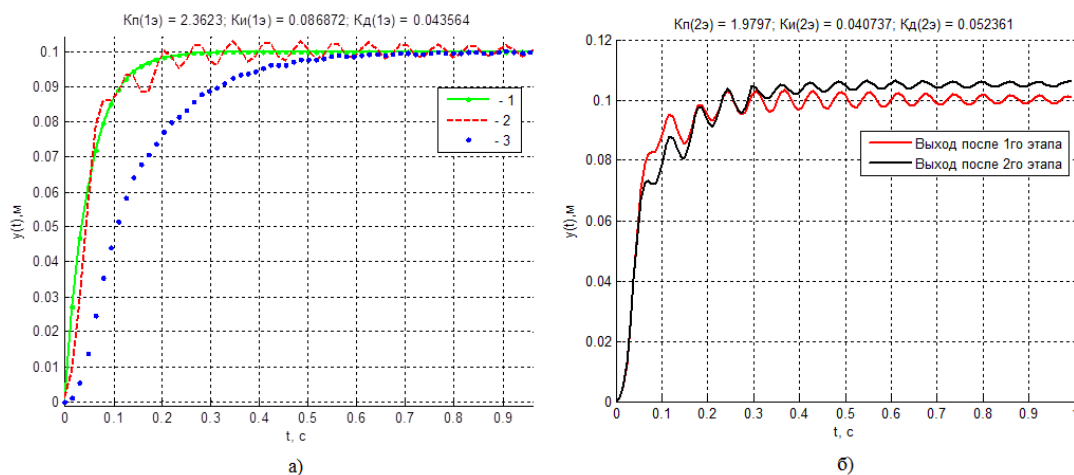


Рис. 1. Результаты оптимизации:

а — результат этап 1 ($k_p = 2,3623; k_i = 0.0868; k_d = 0.04357$),
 где (1— эталонный переходный процесс $y_y(t)$; 2 — выходной сигнал ЭГСП для найденных параметров PID-регулятора, 3 — выходной сигнал ЭГСП для начальных значений параметров регулятора); б — результат этап 2 ($k_p = 1,9797; k_i = 0.0407; k_d = 0.0523$)

Таким образом предложенный использование усредненных проекционных моделей показал свою эффективность при решении задач синтеза и идентификации стохастических систем, как с точки зрения полученных решений, так и с точки зрения своей вычислительной эффективности.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Правительства Калужской области (грант № 16-41-400701).

Список литературы

[1] Пупков К.А., Егупов Н.Д., Макаренко А.М. и др. Теория и компьютерные методы исследования стохастических систем. — М.: Физматлит, 2003. — 400 с.

Макаренко А.М. - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: amm2005@rambler.ru

Якушев Анатолий Александрович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. У-mail: yakushevaa40@gmail.com

Филиппов Дмитрий Валерьевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: gnr0ex@gmail.com

М.О. Корлякова, Аунг Мьо Кхаинг, Мьят Мин Ай

ПОДХОД К ОБРАБОТКЕ ВИДЕОПОТОКА НА ОСНОВЕ ОБУЧАЕМЫХ КЛАССИФИКАТОРОВ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Современные автономные мобильные системы используются во все большем числе задач, связанных с повышением безопасности жизни человека и снижением его участия в рутинных процессах производства или доставки грузов. Несмотря на внедрение в такие системы модулей сенсоров самой разной природы, видеосистема практически всегда входит в оснащение таких комплексов, т.к. они перемещаются в средах, ориентированных на людей. Рассмотрим особенности таких сред с точки зрения видеосистемы.

Первое, что следует отметить, это среды с высокой изменчивостью сцены. Примером такой изменчивости является переход из помещения на улицу, выезд из города в лес и т.п. Однако независимо от состояния внешней среды обработка видеопотока кадров системы технического зрения должна осуществляться в темпе съемки или в темпе фиксируемых изменений сцены. Кроме того, необходимо обеспечивать качество отслеживания кадров и их обработки для любой доступной точности. Следует отметить, что точность обработки не может быть выше точности обработки ограниченной разрешением кадров.

Будем формировать систему анализа видеопотока для отслеживания изменения положения особых точек кадра. Для такой модели обработки важно внести ряд эвристических ограничений в алгоритм поиска нового положения особых точек кадра для ускорения обработки. Такими ограничениями будем считать следующие правила[1]:

- движение особой точки обычно монотонно;
- особая точка обычно не покидает свой объект, т.е. если некоторая особенность была найдена на проекции объекта, то и на следующем кадре она там будет;
- особая точка перемещается не очень далеко в кадре.

Введение таких эвристик требует проведения их более точного описания. Будем использовать механизм обучения для построения модели предложенных правил.

Сформируем обучаемую модель сегментации изображений в кадре в координатах (x, y, t) , т.е. с учетом времени и места локации каждой особой точки. Для построения обучающего множества был разработан алгоритм учитель, который отбирает пары областей, которые можно считать одинаковыми и пары не совпадающих областей. Размеры областей были заданы из соображений поддержания необходимого темпа работы системы и со-

ставили 10x10 пикселей кадра. В качестве входных признаков будем использовать дисперсию цвета области, средний цвет и координаты (x, y, t) . Выходное свойство выбирается из множества $\{0,1\}$. В качестве классификатора использовали многослойный нелинейный перцептрон с одним скрытым слоем. Обучение было проведено для выборок предварительно размеченных кадров, но предусматривает возможность включения дополнительных циклов доучивания при снижении качества классификации. Выделение сегментов общих для кадров опирается на трехмерную разметку области для координат (x, y, t) . В качестве отсчетов по координате (t) используем текущий момент и 1-2 его предшественника. Тогда сегментация становится непрерывной по месту и положению во времени. Использование сегментов позволяет сократить области поиска нового положения особых точек вдоль кадра.

Второй классификатор направлен на ограничение области поиска нового положения особой точки по направлению движения. Его задача определить направление смещения кадра в целом и учесть предшествующие направления движения этой особой точки. В качестве привязки общего направления движения используем наиболее явные особые точки и рассматриваем несколько масштабов кадра. Это позволит определять движение в случае больших и малых перемещений по одинаковой схеме. Общее решение для поиска направлений состоит из следующих шагов:

- выделение особых точек в кадре;
- выделение опорных точек для анализа направления;
- вычисление вероятности включения особой точки в комбинаторный перебор сопоставления особых точек двух последовательных кадров;
- исключение из комбинаторной операции сравнения особых точек с низкой вероятностью сопоставления.

Обучаемой сделали процедуру вычисления направления движения при вычислении вероятности включения особых точек в процесс сопоставления. Входами модели является пирамида масштабных изображений относительно координаты (x, y) в моменты времени t_i (текущий кадр) и t_{i+1} (следующий кадр, где будем искать сопоставление). Вычисляем для этих изображений вектор перемещения по алгоритму Лукаса-Канады[2] и формируем для каждого масштаба средний вектор направления движения, дисперсию векторов движения кадра. Рассмотрены масштабы от 160x160 до 10x10 с шагом масштабирования 0.5 раза. Окно каждого масштаба приводилось к размеру 10x10. Таким образом, входной вектор содержит 10 признаков (по 2 признака у каждого масштаба). Выходной вектор содержит 2 выхода, которые сопоставлены с движением «вверх-вниз» и «влево-вправо». Область значений каждого выхода представлена множеством $\{-1,0,1\}$, где 0 – соответствует неподвижному состоянию. В качестве классификатора использовали многослойный нелинейный перцептрон с одним

скрытым слоем. Обучение провели на специально подготовленной выборке примеров, для которой направление движения было известно.

Таким образом, общая схема работы приобрела следующий вид:

- получение очередного кадра для момента t_{i+1} ;
- выделение сегментов с учетом результатов сегментации кадров в момент t_{i-1} и t_i ;
- ограничение области поиска особых точек только своим сегментом;
- вычисление нового общего направления движения кадра за счет пары кадров t_i и t_{i+1} ;
- ограничение области поиска своим направлением;
- применение алгоритма сопоставления для оставшихся точек.

Сокращение объема комбинаторного перебора особых точек позволяет снизить вычислительную сложность задачи, что существенно влияет на время обработки модели.

Список литературы

[1] Шапиро Л.Стокман Дж.Компьютерное зрение — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013г — 741с.

[2] Вычисление оптического потока методом Лукаса-Канаде. Теория [Электронный ресурс] URL: <https://habrahabr.ru/post/169055/> (дата обращения 3.05.2016).

Корлякова Мария Олеговна - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: mkorlyakova@yandex.ru

Аунг Мьо Кхайнг - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: aungmyo61149@gmail.com

Мьят Мин Ай - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: jestin512@gmail.com

А.А. Брынза, М.О. Корлякова

ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ СИСТЕМЫ ВИЗУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ПОВЕРХНОСТИ С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Современные потребности общества, связанные с увеличением уровня безопасности, а также расширение возможностей пользователей с ограниченными возможностями, приводят к широкому внедрению автоматизации как в производстве, так и во многих направлениях повседневной жизни. Многие ведущие корпорации пытаются решить задачи беспилотного управления автомобилями. Такие автомобили зачастую включают видеокамеры, датчики типа LIDAR, установленные на крыше, радары в передней части авто и датчики, подключенные к одному из задних колес, который помогает определять позицию автомобиля на карте[1]. Не менее важной является задача ориентирования в замкнутых помещениях таких как склады, цеха, территории выставочных центров и т.п. Такие системы не имеют высоких скоростей, но должны довольно точно отслеживать свое положение без внешних источников координат и маяков, которыми не всегда можно пометить все необходимые цели. Кроме того, оценка поворотов вокруг оси мобильного робота не отслеживается методами глобального позиционирования, но хорошо наблюдается камерами систем технического зрения. Предлагаемый подход, рассматривает идею ориентирования автономного мобильного робота на основе анализа изображения покрытия пола.

Идея заключается в установке устройства видеозахвата, выполняющего съемку изображений пола в режиме реального времени с высокой частотой. Осуществляется обработка получаемых фрагментов, с целью выделения характерных точек. Для поиска таких точек используется положительно зарекомендовавший себя в задачах поиска объектов на изображениях, 3D реконструкции, а также при сравнении изображений метод Speeded Up Robust Features (SURF)[2]. Следующий шаг сравнение особых точек соседних по времени кадров и определение общего направления движения. Общая схема анализа принимает следующий вид:

- Получение кадра на шаге t_i .
- Получение особых точек и их дескрипторов по SURF.
- Сопоставление дескрипторов кадров для моментов времени t_i , t_{i-1} и формирование списка $L = \{ \langle (x_j, y_j)_{t_{i-1}}, (x_k, y_k)_{t_i} \rangle_m \}$, где $(x_j, y_j)_{t_{i-1}}$ – особая точка кадра t_{i-1} , а $(x_k, y_k)_{t_i}$ – соответствующая ей особая точка в кадре t_i , m – номер пары особых точек.

- Решение задачи поиска преобразования A , $(x_k, y_k, 1) = A(x_j, y_j, 1)$ для всех пар из L .

Этап получения кадров и вычисления преобразования A требуют сравнительно небольших ресурсов. Процедура вычисления дескрипторов имеет большую длительность, но хорошо оптимизирована. Имеет смысл ускорять этап сопоставления точек с учетом особенностей поставленной задачи. Перейдем к рассмотрению процедуры сопоставления областей и ее доработке для поиска перемещения мобильного робота.

Метод SURF решает две задачи – поиск особых точек изображения и создание их дескрипторов. Кроме того, сам поиск ключевых точек тоже должен обладать инвариантностью, т.е. повернутый объект сцены должен обладать тем же набором ключевых точек, что и образец. Алгоритм метода ищет особые точки с помощью исследования Гессиана функции интенсивности в точках кадра. Детерминант матрицы Гессе (т.н. гессиан) достигает экстремума в точках максимального изменения градиента яркости. Его достоинством является то, что при сравнительно высокой скорости обработки формируется список особенностей изображения инвариантных по повороту, переносу и масштабу, но нет инвариантности к ракурсу объекта.

Рассмотрим процесс сопоставления в реальной сцене. В качестве модели покрытия была выбрана пятнистая панорама - где каждой пятно на 100% не похоже на остальные.



Рис. 1. Используемая панорама модельного покрытия

При установке на высоте 40 сантиметров, максимальное расстояние, между захватываемыми фрагментами составляет не более 11 сантиметров. Таким образом, частота захвата и обработка кадров устройством должна быть не ниже 95 кадров в секунду при скорости 40 км/ч и 26 кадров в секунду, при скорости 10 км/ч.

На каждом фрагменте осуществляется поиск особых точек вышеописанным методом (рис.2).

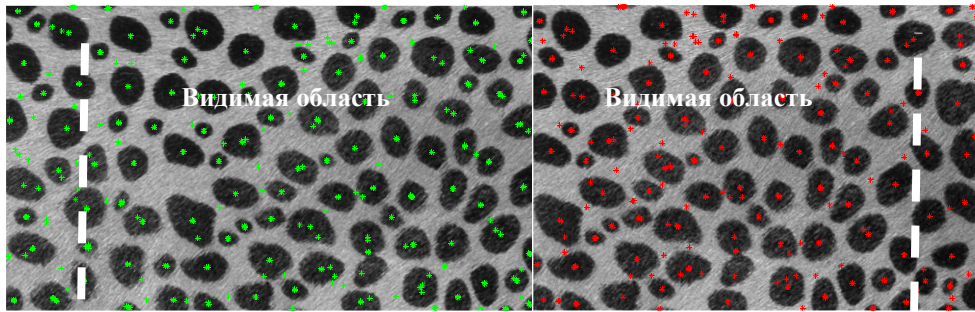


Рис. 2. Особые точки, обнаруженные на i -м и $i+1$ -м шагах

Далее осуществляется поиск соответствий особых точек (рис. 3).

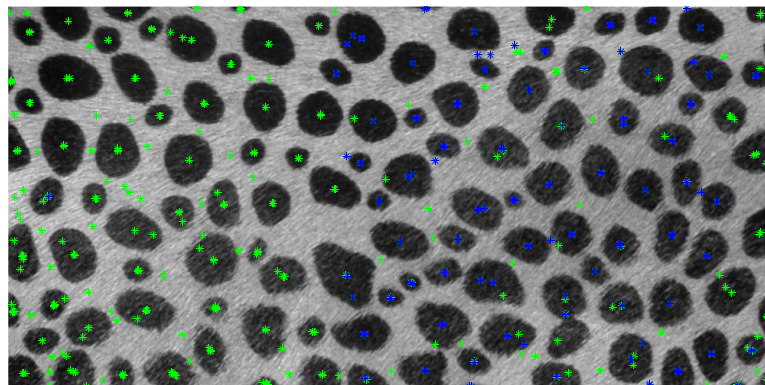


Рис. 3. Выделение схожих ОТ

Зная расстояние между соответствующими особыми точками в пикселях, мы можем определить реальное расстояние сдвига в мм

С прямолинейным движением все работает достаточно просто и надежно. Несколько хуже выглядит ситуация при повороте камеры, поскольку предполагается, что поворот происходит с отклонением оси зрения камеры от вертикали вследствие наклона тележки в направлении от центра поворота.

Для обработки этой ситуации были введены дополнительные параметры наблюдаемых областей. Идея заключается в поиске соответствующих значений имеющихся особых точек, установленных в областях (пятнах) со значением описания данной области с помощью признака "центр масс". Этот шаг существенно повысит точность определения областей. Далее, анализируем полученные размеры площади данной области, и сравниваем (с учетом погрешностей) со значением площади фрагмента, полученного на следующем шаге. Если величина уменьшилась, то камера наклонилась в сторону, противоположную данной области, если область стала больше, то камера изменила угол наклона ближе к данной области (рис.4).

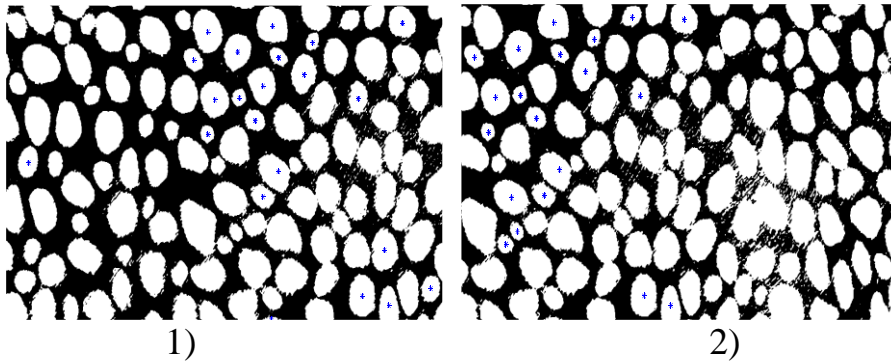


Рис. 4. выделение областей на 1м и 2и изображениях, используя центр масс

Результаты поиска соответствий приведены в Таблице 1.

Таблица 1. Поиск результатов с изменением наклона оси зрения

№ фрагмента	Изображение 1	Изображение 2
Параметры		
Число особых точек	429	517
Число соответствующих О.Т.	257	
Средний процент необрабатываемых О.Т.	54%	
% верно распознанных точек	6.3%	

Очевидно, что появление такой изменчивости положения оси зрения можно зарегистрировать, но сложно измерить. Таким образом, необходимо или обеспечить постоянную приязку оси зрения к вертикали, или усложнить алгоритм обработки.

Подвес камеры перпендикулярно поверхности покрытия позволяет получать неплохие результаты анализа движения мобильного робота. Однако область видимости камеры не очень велика, а значит и скорость мобильного робота должна быть небольшой. Рассмотрим альтернативный вариант подвеса видеосистемы, при которых камера наблюдает покрытие пола под углом. Это приводит к ракурсным искажениям пятен наблюдаемой сцены.

Пусть камера направлена под углом ~ 60 градусов по отношению к снимаемой поверхности. Рассматриваемый подход, основывается на анализе бинаризованного изображения, с последующим выделением точек, принадлежащих областям (рис.5), каждая точка при этом соотносится со значением растровой линии, тем самым позволяя определять более точно глубину съемки. Области рассматриваются слева на право. определяем нижние грацицы каждой области.

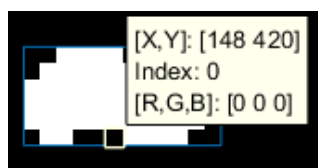


Рис. 5. Пример выделенного фрагмента

Описываем каждую область через признаки: угол между максимальной осью эллипса и x-осью, эксцентриситет пятна, главные моменты инерции объекта, коэффициент заполнения и коэффициент выпуклости [3]. Далее, настраиваем пороговый классификатор для каждого из признаков. Задаем величину погрешности порога равную 10%. получаем обработанные кадры как показано на рис.6 и в Таблице 2.

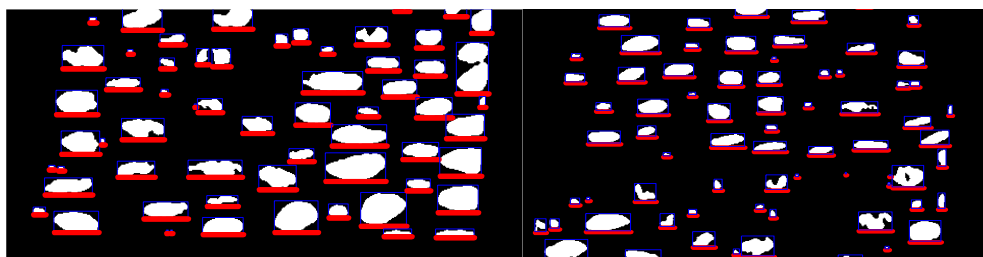


Рис. 6. Выделенные области с нижними границами для 1 и 2 изображения

Таблица 2. Результаты сопоставления пятен по нижним границам

№ фрагмента	Изображение 1	Изображение 2
Параметры		
Число областей	51	45
Число соответствующих областей	16	
% верно распознанных областей	6.25%	

Очевидно, что объем сопоставленных областей очень мал. Это делает невозможным качественный анализ перемещения в системе наклонного наблюдения поверхности пола.

Рассмотренные подходы имеют низкую вычислительную мощность, при этом, предъявляя высокие требования к способу размещения устройства видеозахвата и процедуре его связывания с системой координат мобильного робота. Однако решение конструктивных проблем гарантирует формирование эффективной системы наблюдения среды.

Список литературы

- [1] Беспилотные Автомобили. Новости Hi-Tech [Электронный ресурс] URL: <http://hi-news.ru/tag/bespilotnyj-avtomobil> (дата обращения: 13.10.2016).
- [2] Джгаркава Г.М., Лавров Д.Н. Использование метода SURF для обнаружения устойчивых признаков изображения при создании сферических панорамных снимков // МСМ. 2011. №1 (22). [Электронный ресурс] URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/> (дата обращения: 11.10.2016).
- [3] Список функций Image Processing Toolbox: [Электронный ресурс] URL: <http://matlab.exponenta.ru/imageprocess/book3/9/regionprops.php> (дата обращения: 11.10.2016).

Брынза Андрей Андреевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: wolf_93_21@mail.ru

Корлякова Мария Олеговна - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: mkorlyakova@yandex.ru

А.Ш. Абдурахманов, В.М. Масюк

ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ В ТОЛПЕ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Задача выделения лица человека в естественной или искусственной обстановке с последующей идентификации всегда находилась в ряду самых приоритетных задач для исследователей, работающих в области систем машинного зрения и искусственного интеллекта.

Под биометрическими системами понимается автоматический процесс установления личности, основанный на физических или психологических (поведенческих) параметрах человека. Широко распространенной разновидностью биометрических систем являются системы распознавания лиц. В таких системах в качестве физических параметров используются ключевые особенности человеческого лица, по которым его можно отличать от множества других.

Существует три основных вида задач, решаемых биометрическими системами [1]:

1. Верификация: система пытается подтвердить личность заявленной персоны путем сравнения предъявляемого образца с эталонным образцом, записанным в систему ранее.

2. Идентификация на закрытом множестве: система сопоставляет предъявляемый образец с множеством записанных ранее эталонных образцов различных персон с целью установления личности, которой принадлежит этот образец.

3. Идентификация на открытом множестве: формулируется как задача 2, с той разницей, что предъявляемый образец может принадлежать персоне, незарегистрированной в базе.

Рассмотрим задачу поиска некоторого списка лиц в условиях толпы. Это задача идентификации на открытом множестве, где цели поиска могут изменяться, а объекты появляющиеся в поле зрения системы могут быть неизвестны базе знаний. Основные требования, предъявляемые к таким системам: скорость поиска и значительный диапазон распознаваемых ракурсов. Рассмотрим подходы к построению подобных систем.

Несмотря на большое разнообразие алгоритмов распознавания лиц, можно выделить общую структуру процесса. На первом этапе производится детектирование и локализация лица на изображении. Затем производится определение ключевых точек и выравнивание изображения лица. На этапе распознавания производится, вычисление признаков и непосредственно распознавание – сравнение вычисленных признаков с заложенными в базу данных эталонами [2].

Задача локализации лица на изображении имеет несколько базовых подходов к решению. Так, существуют методы детектирования лица на изображениях с контролируемым фоном, методы детектирования лица по цвету, по движению, с использованием нейронных сетей, и по методу Виолы-Джонса [3].

Нормализация и выравнивание изображения лица проводится, как правило для увеличения информативности и повышения качества вычисления характерных признаков. Также на этом этапе проводятся операции подавления шумов.

Задача классификации не решается прямым сравнением классифицируемого лица с лицами из базы данных. Применяются методы классификации путем вычисления уникального вектора признаков и его сравнением с заложенными в базу данных эталонами. Ниже представлены некоторые из этих методов: Метод гибкого сравнения на графах, использование нейронных сетей, скрытых Марковских моделей, метод главных компонент, метод локальных бинарных шаблонов, активные модели внешнего вида и формы и др. Основным отличием всех представленных алгоритмов является способ вычисления признаков и сравнения их совокупностей между собой.

Исследуя различные аспекты функционирования алгоритмов, такие как быстрдействие, качество распознавания, время обучения классификатора и пр., было принято решение использовать:

- для задачи локализации лиц на изображении алгоритм базирующийся на методе Виолы-Джонса, в частности на преобразованиях Хаара, модифицировав его для инвариантности к поворотам лица [4];
- для задачи классификации лиц – метод сверточных нейронных сетей[5], которые позволяют исключить этап обучения классификатора для каждой новой выборки, путем индексирования новой базы данных по заранее обученной сети.

На данный момент, уделяется особое внимание распараллеливанию вычислений и повышению точности распознавания. Так, распознавание одного лица занимает в среднем 8 мс, что позволяет, при обработке каждого второго кадра, в режиме реального времени распознавать до 12 лиц, что соответствует требованиям быстрдействия задачи поиска в толпе.

Список литературы

[1] Пентланд А. Распознавание лиц для интеллектуальных сред. *Открытые системы*, 2000, №3, с. 17-20.

[2] Талбонен А. Н., Рогов А. А. Модели и методы поиска людей на фотографиях из исторического альбома. *Ученые записки Петрозаводского государственного университета*, 2012, № 6, с. 113-117.

[3] Детектирование и распознавание лиц URL: <http://kuznech.com/ru/products/facedetection/> (дата обращения: 26.09.2016)

[4] Jones M. Robust Real-time Object Detection. *Journal of Computer Vision*, 2004, vol. 57(2), pp. 137–154.

[5] Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever, Geoffrey E. Hinton. Imagenet classification with deep convolutional neural networks. *NIPS*, 2012, vol. 1, pp. 1106–1114.

Абдурахманов Акмал Шавкатович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: abaksha28@gmail.com

Масюк Владимир Михайлович - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: masyuk77@gmail.com

Е.Ю. Корлякова, М.О. Корлякова

ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ САМООБУЧАЮЩЕГОСЯ АЛГОРИТМА ИГРЫ В «САПЕР»

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Современные интеллектуальные системы оперируют разнообразными механизмами принятия решений. Наиболее частым подходом к построению советующих систем является использование гибридных моделей анализа ситуаций [1]. Рассмотрим интеграцию методов жесткой логики и обучаемых вероятностных моделей на примере моделирования алгоритма победы в известной компьютерной игре «Сапер».

«Сапер» - задача нахождения местоположения на прямоугольном игровом поле всех ячеек-«мин» и открытия всех свободных ячеек. Помимо очевидных логических решений на основе единственности размещения «мин» около тех или иных свободных ячеек программа должна принимать решения об их расположении с учетом наиболее вероятной ситуации [1, 2]. Вероятность изменяема и зависит не только от строго математического расчета каждой конкретной ситуации, но и анализа данных предыдущих подобных решений.

Рассмотрим обучаемую модель игры в составе следующих блоков:

1. Создание поля. Создание игрового поля состоит из двух этапов:

- с помощью функции генерации случайных чисел размещается заданное число единиц - «мин» по полю заданного размера в матрице **A**;
- для каждой клетки матрицы **A** вычисляется сумма окружающих ее «мин», значение записывается в соответствующую ячейку матрицы **B** того же размера.

При решении задачи «сапера» пользователь или программа обращаются к матрице **B** во время открытия неизвестных ячеек; с помощью матрицы **A** проверяется количество оставшихся «мин» и условия проигрыша и победы. В матрице **C** того же размера ведется учет вероятностей [2] нахождения «мин» в той или иной клетке. Матрица **D** содержит описание текущей видимой ситуации. В начальный момент все $d_{i,j} = 10$, т.е. не опознаны. Для клеток с «миной» будем использовать маркер $d_{i,j} = 9$, открытые клетки содержат маркеры от $d_{i,j} = 0$ («мин» рядом нет) до $d_{i,j} = 8$ (вокруг только «мины»).

2. Модуль обработки жесткой логики содержит следующие правила:

- если количество «мин» вокруг данной клетки соответствует ее числу, можно открыть все остальные ячейки вокруг нее, т.е. вероятность нахождения «мины» устанавливается равной 0;
- если количество неизвестных «мин» вокруг данной клетки равно числу свободных клеток вокруг нее, то можно поставить там «мины», т.е. вероятность нахождения «мины» устанавливается равной 1;

3. Модуль принятия решения содержит следующие правила:

- при неоднозначной расстановке «мин» следует выбрать наиболее вероятные точки путем составления матрицы вероятных положений с учетом обучения и расположения открытых клеток;
- при равнозначном выборе в режиме обучения запросить помощь пользователя. Описать решение пользователя в виде модели размера $K(n)_{5 \times 5}$ извлеченной из матрицы \mathbf{D} . На основании его решений изменить параметры вероятности соответствующей клетки и проверить качество принятого решения: «удача\ошибка». Если решение было удачным, то вероятность отсутствия «мины» для клеток, соответствующих области типа $K(n)_{5 \times 5}$ увеличить, иначе следует ее уменьшить. В начальный момент считаем, что $P(K(n)_{5 \times 5} - \text{"mina"}) = 1$, т.е. для всех образцов «мины» есть;
- в режиме игры при равнозначном выборе полагаться на выбор. На основании получившегося результата изменить параметры вероятности;

4. Модуль изменения параметров вероятности. Работа с матрицей вероятностей \mathbf{C} включает в себя следующие правила:

- свободные закрытые клетки имеют собственную вероятность нулевого уровня, являющуюся суммой вероятностей нахождения «мины» около открытых ячеек. Соответствующие слагаемые вычисляются как отношение количества недостающих «мин» к количеству свободных закрытых клеток вокруг открытых ячеек, расположенных вокруг текущей клетки;
- изменение вероятности при поощрении решения вычисляется следующим образом: $P_{t+1} = P_t + \Delta$;
- изменение вероятности при наказании решения вычисляется как: $P_{t+1} = P_t - \Delta$;

Таким образом, картина вероятности для каждой клетки, неоткрытой в текущий момент, обуславливается опытом удачных или неудачных решений в схожей ситуации и, с увеличением объема накопленных результатов, изменяется на соответствующую величину. Система реализована в среде Delphi.

Список литературы

- [1] Емельянов, В.В., Курейчик, В.М., Курейчик, В.В. Теория и практика эволюционного моделирования — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. — 432 с.
- [2] Ивченко, Г. И., Медведев, Ю. И. Математическая статистика: Учебник. — М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2014. — 352 с.

Корлякова Мария Олеговна - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: mkorlyakova@yandex.ru

Корлякова Екатерина Юльевна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: korliakova.ekaterina@yandex.ru

А.А. Зюзин, Я.А. Долгов, А.В. Финошин, Ю.И. Мышляев

УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГИЕЙ ДИССИПАТИВНЫХ СИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ МАЯТНИКА, УПРАВЛЯЕМОГО ПРИВОДОМ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Введение. Рассматривается задача управления энергией маятника.

Задачи управления колебательными механическими системами имеют возрастающее практическое значение. Такие объекты, как правило, описываются системами нелинейных дифференциальных уравнений в гамильтоновой или лагранжевой формах.

Методика управления колебаниями консервативными системами широко известна [1, 2, 3]. Энергетический подход хорошо зарекомендовал себя в задачах стабилизации неустойчивого положения равновесия маятниковой системы (двойной маятник – Марк Спонг [3], маятник с маховиком – Андриевский [4], М. Спонг [3], маятник, тележка с маятником – Фрадков [2]). Задача адаптивного управления колебаниями консервативной системой рассмотрена в [5].

В работе рассматривается задача управления диссипативными системами. Рассмотрены два подхода синтеза алгоритма управления.

Постановка задачи. Рассмотрим модель маятника в нормальной форме Коши:

$$S_1: \begin{cases} \dot{q} = p, \\ \dot{p} = -\xi_1 \sin q - \xi_3 p + \xi_2 x_2. \end{cases} \quad (1)$$

Не уменьшая общности, будем считать, что модель двигателя описывается интегратором

$$S_2: \dot{x}_2 = ku. \quad (2)$$

где $\mathbf{x}_1 = [q \ p]^T$ – вектор состояния маятника, $\boldsymbol{\xi} = [\xi_1 \ \xi_2 \ \xi_3]^T$ – вектор неизвестных параметров объекта управления, $k > 0$ -- параметр двигателя.

Для маятника $H_0(\mathbf{x}_1, \boldsymbol{\xi}) = p^2/2 + \xi_1(1 - \cos q)$ – гамильтониан свободной системы (полная механическая энергия), $H_1(\mathbf{x}_1, \boldsymbol{\xi}) = -\xi_2 q$ – гамильтониан взаимодействия.

Цель управления (ЦУ): ограниченность всех траекторий замкнутой системы и возбуждение в гамильтоновой подсистеме колебаний с заданным уровнем энергии H_* .

Дополнительной целью управления является идентификация параметров маятника.

Применим два подхода к синтезу управления, рассмотренные в [6].

Первый подход. Проведем синтез алгоритма управления методом скоростного биградиента с настраиваемой моделью (НМ).

Этап 1. Введем желаемое многообразие $x_2 = x_{2virt}$, где x_{2virt} – виртуальное управление маятником, и отклонение от многообразия

$$\sigma = x_2 - x_{2virt}. \quad (3)$$

Синтезируем «идеальное» виртуальное управление с компенсацией момента трения

$$x_{2virt}^* = -\gamma_x \left((H_0(\mathbf{x}_1, \xi) - H_*) p \right) + \frac{\xi_3}{\xi_2} p. \quad (4)$$

Введение в (4) слагаемого $\frac{\xi_3}{\xi_2} p$ позволяет применять для диссипативной системы (1) алгоритмы управления консервативными системами.

Этап 2. Так как неизвестные параметры входят только во второе уравнение системы, размерность НМ может быть уменьшена.

$$\dot{p}_* = v. \quad (5)$$

Введем целевую функцию (ЦФ) вида

$$Q_e(e) = 0,5e^2, \quad (6)$$

где $e = p - p_*$.

Этап 2.1. Выберем «идеальное» управление НМ (5)

$$v_* = -\alpha_* e - \xi_1 \sin q - \xi_3 p + \xi_2 x_2, \quad \alpha_* < 0. \quad (7)$$

Этап 2.2. Заменяем в (7) и неизвестные параметры ξ настраиваемыми $\hat{\xi}$

$$v = -\alpha_* e - \hat{\xi}_1 \sin q - \hat{\xi}_3 p + \hat{\xi}_2 x_2. \quad (8)$$

Получим алгоритм адаптации неизвестных параметров:

$$\begin{aligned} \dot{\hat{\xi}}_1 &= -\gamma_1 e \sin q, \\ \dot{\hat{\xi}}_2 &= \gamma_2 e x_2, \\ \dot{\hat{\xi}}_3 &= -\gamma_3 e p, \end{aligned} \quad (9)$$

где $\gamma_k > 0$, $k = 1..3$.

Используя получаемые в ходе адаптации оценки параметров для формирования виртуального управления, получим выражение для виртуального управления вида

$$x_{2virt} = -\gamma_x \left((H_0(\mathbf{x}_1, \hat{\xi}) - H_*) p \right) + \frac{\hat{\xi}_3}{\hat{\xi}_2} p. \quad (10)$$

Для недопущения обращения в нуль знаменателя второго слагаемого (10) введем ограничение на контур адаптации $\hat{\xi}_2(t) > \xi_{20}$, $\xi_{20} > 0$ минимально возможное значение параметра ξ_2 для конкретного устройства.

Этап 3. Введем ЦФ

$$R(\sigma) = 0,5\sigma^2. \quad (11)$$

Управление, гарантирующее достижение ЦУ

$$u = -\gamma_m \text{sign } \sigma. \quad (12)$$

Как видно из (11) и (12), управление не зависит от параметров привода. Результаты компьютерного моделирования системы (1), (2), (3), (5), (8), (9), (10), (12) представлены на рис. 1.

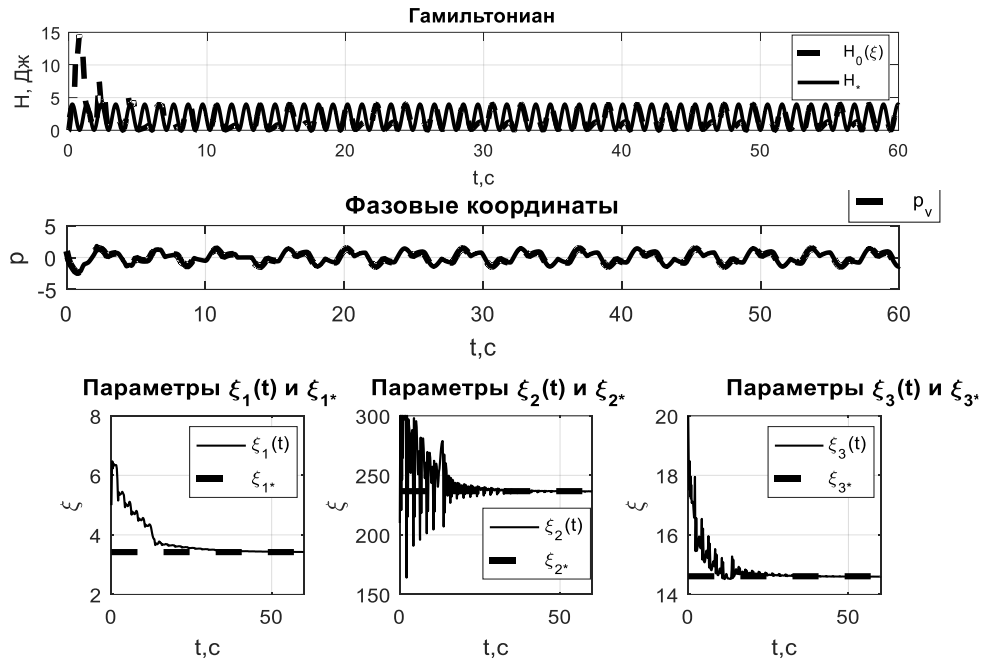


Рис. 1. Результаты моделирования первого подхода

Второй подход. Проведем синтез алгоритма управления методом скоростного биградиента с эталонной моделью (ЭМ).

Введем ЭМ выходного каскада без момента трения

$$\begin{aligned} \dot{q}^* &= p^*, \\ \dot{p}^* &= -\xi_{1d} \sin q^* + \xi_{2d} x_{2d}, \end{aligned} \quad (13)$$

где $\xi_d = [\xi_{1d} \quad \xi_{2d}]^T$ – вектор параметров ЭМ, $H_d = H_{0d} + H_{1d} x_{2d}$ – гамильтониан эталонной модели, $H_{id} = H_i, i=0,1$ при $\xi = \xi_d$, ξ – вектор параметров ОУ (1), $x_{2d} = -\gamma_d (H_{0d} - H_*) p^*$ – закон управления, обеспечивающий достижение эталонной моделью заданного уровня энергии,

$$H_{0d} = \frac{(p^*)^2}{2} + \xi_{1d} (1 - \cos q^*).$$

Этап 1. Введем отклонение от многообразия в форме (3)

Введем ЦФ $e_1 = [e \quad \dot{e}]^T$, где $e = q - q^*$, и модель ошибки.

Выберем «идеальное» виртуальное управление в форме модального регулятора с компенсацией нелинейности

$$x_{2virt}^* = \frac{1}{\xi_2} (\xi_1 \sin q + \xi_3 p + \dot{p}^* + \alpha_1 e + \alpha_2 \dot{e}), \quad (14)$$

где $\alpha_1, \alpha_2 < 0$.

Подставляя (14) в уравнение ошибки, получим $\ddot{e} = \alpha_1 e + \alpha_2 \dot{e}$.

Параметризуя (14), получим выражение с $\theta_* = [\theta_{1*} \ \theta_{2*} \ \theta_{3*}]^T$, где $\theta_{1*} = \frac{\xi_1}{\xi_2}$, $\theta_{3*} = \frac{\xi_3}{\xi_2}$, $\theta_{2*} = \frac{1}{\xi_2}$, $\Phi = [\sin q \ \dot{p}^* + \alpha_1 e + \alpha_2 \dot{e} \ p]^T$, или в скалярной форме

$$x_{2virt}^* = \theta_{1*} \sin q + \theta_{3*} p + \theta_{2*} (\dot{p}^* + \alpha_1 e + \alpha_2 \dot{e}). \quad (15)$$

Этап 2. Заменяя неизвестные параметры настраиваемыми, получим выражение для виртуального управления с вектором $\theta = [\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3]^T$

$$x_{2virt} = \theta_1 \sin q + \theta_3 p + \theta_2 (\dot{p}^* + \alpha_1 e + \alpha_2 \dot{e}). \quad (16)$$

Для синтеза контура адаптации вычислим производную ЦФ $Q(\mathbf{e}_1)$

$$w = \mathbf{e}_1^T \dot{\mathbf{e}}_1, \quad (17)$$

где $\mathbf{e}_1 = [p - p^* \quad -\xi_1 \sin q - \xi_3 p + \xi_2 (\theta_1 \sin q + \theta_3 p + \theta_2 (\dot{p}^* + \alpha_1 e + \alpha_2 \dot{e})) - \dot{p}^*]^T$.

Вычисляя градиенты от (16) по настраиваемым параметрам, получаем алгоритмы адаптации:

$$\begin{aligned} \dot{\theta}_1 &= -\gamma_1 \dot{e} \sin q, \\ \dot{\theta}_2 &= -\gamma_2 \dot{e} (\dot{p}^* + \alpha_1 e_1 + \alpha_2 e_2), \\ \dot{\theta}_3 &= -\gamma_3 \dot{e} p. \end{aligned} \quad (18)$$

Этап 3. Получен алгоритмы управления

$$u = -\gamma_m \text{sign} \sigma. \quad (19)$$

Результаты компьютерного моделирования системы (1), (2), (3), (5), (13), (16), (17), (18) представлены на рис. 2.

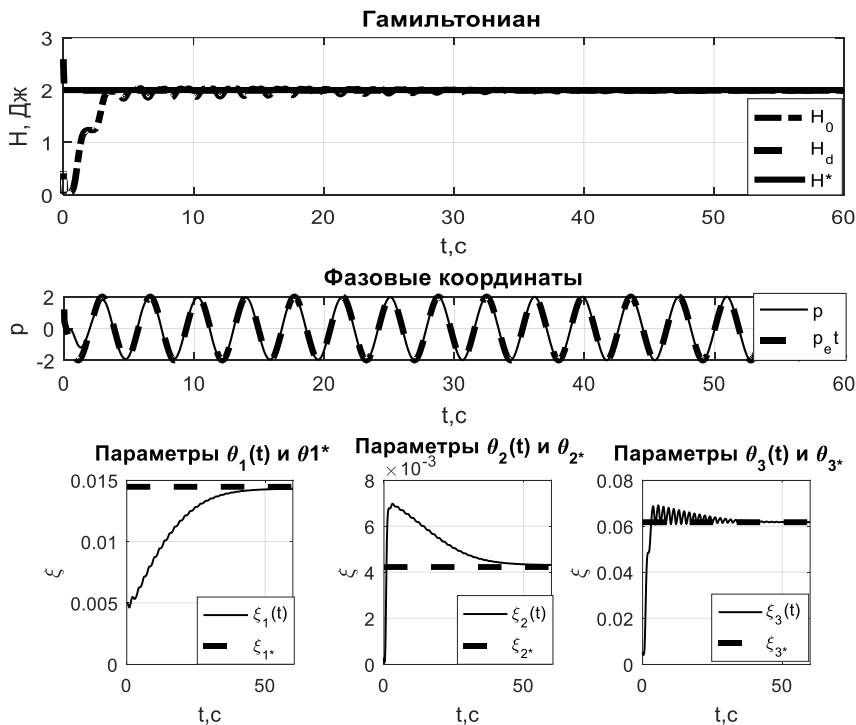


Рис. 2. Результаты моделирования первого подхода

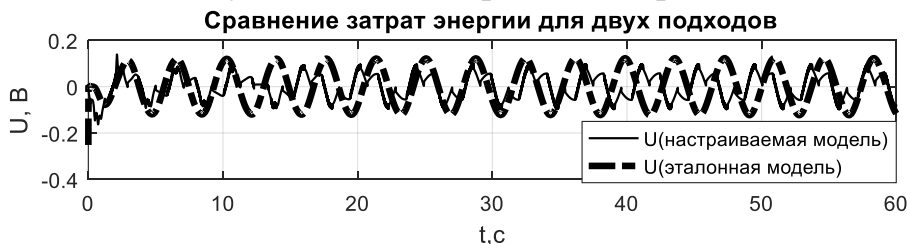


Рис. 3. Сравнение затрат энергии для двух подходов

Вывод. В результате компьютерного моделирования (рис. 1-2), было установлено, что цели управления достигаются, а также синтез алгоритма управления методом скоростного биградиента (МСБГ) с настраиваемой моделью менее энергозатратный (рис. 3.), чем алгоритм управления МСБГ с эталонной моделью.

Список литературы

[1] Мирошник И.В., Никифоров В.О., Фрадков А.Л. Нелинейное и адаптивное управление сложными динамическими системами. — СПб.: Наук. — 2000. — 548 с.

[2] Фрадков А.Л. Кибернетическая физика: принципы и примеры. — СПб.: Наука. — 2003. — 208 с., 47 ил.

[3] Spong M.W. Energy Based Control Of A Class Of Underactuated Mechanical Systems. — FAC World Congress. — 1996. — URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.49.9401> (accessed 15.10.2016).

[4] Андриевский Б. Р., Гузенко П. Ю., Фрадков А. Л., “Управление нелинейными колебаниями механических систем методом скоростного градиента”. — Автомат.ителемех. — 1996.

[5] Мышляев Ю.И., Финошин А.В. Алгоритмы управления гамильтоновыми системами в условиях параметрической неопределенности. — Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. — 2011. — №12.

[6] Мышляев Ю.И., Финошин А.В., Тар Яр Мью. Адаптивное управление одноосным вибрационным гироскопом с интегратором. — XII Всероссийское совещание по проблемам управления, Россия, Москва, Институт проблем управления имени В.А. Трапезникова РАН. — 16–19 июня 2014 г. — С. 2246–2256.

Зюзин Александр Александрович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: wendid@yandex.ru

Долгов Ярослав Александрович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: yaroslav2710@mail.ru

Финошин Александр Викторович - ассистент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: earlov@gmail.com

Мышляев Юрий Игоревич - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: uimysh@mail.ru

СЕКЦИЯ 6.

ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ

Я.В. Котосова, К.С. Белоусова, Ю.М. Жукова

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ НА СТОЧНЫЕ ВОДЫ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Целесообразность выбора того или иного метода очистки вод и водоподготовки зависят от состава, концентрации, режима поступления и объема стоков, требований к очищенной воде, необходимость и возможность регенерации компонентов, и повторного использования вод.

Реагентная обработка воды приводит, как правило, к вторичному загрязнению водоемов, к тому же водоподготовка и очистка вод является многостадийным процессом.

В данной работе рассматривалась возможность применения СВЧ - излучения в процессе очистки гальваностоков.

Основными методами, применяемыми для очистки сточных вод гальванического производства являются: реагентные, электрохимические (электрокоагуляция, электрофлотация, электролиз, гальванокоагуляция, электролиз), ионообменные, сорбционные и биохимические.

Основными загрязнителями сточных вод гальванического производства являются ионы тяжелых металлов.

И в первую очередь, следует отметить, что осаждение тяжелых металлов из сточных вод реагентами методами, не решает в целом проблему загрязнения стоков, одним из главных недостатков является образование большого количества осадков - шламов, вопрос утилизации которых имеет приоритетное значение.

Перспективны технологии, позволяющие, с одной стороны – получить более высокое качество очистки вод, с другой – либо исключить или максимально возможно снизить применение реагентных методов.

Альтернативой могут стать методы на основе применения новейших методов очистки, с помощью электромагнитных излучений.

Исследования влияния изменение концентрации и осаждение металлов под действием различных видов излучений пока мало изучено. Но данные о том, что естественные и антропогенные загрязнения разрушаются в биосфере в ходе фотохимических процессов, получены как в природных, так и в модельных опытах [1].

Для осуществления фотохимических процессов применяют различные источники, излучающие в широком диапазоне длин волн – от ультрафиолетового до инфракрасной области спектра [1].

Спектр электромагнитных излучений, очень широк, от сверхдлинных волн (несколько тысяч метров и более) до коротковолнового γ -излучения (с длиной волны менее 10 -12 см).

Переменное электрическое поле позволяет комплексно воздействовать на систему, вызывая как повышение кинетической энергии частиц, так и равномерный разогрев самой системы, что в свою очередь ускоряет различные химические реакции между веществами, содержащимися в системе. Частота поля СВЧ-диапазона может являться инструментом управления процессом (коагуляции, флотации, сорбции, кристаллизации и т. д.), обеспечивающим эффективную безреагентную очистку водных систем [2].

Большое внимание уделяется по применению безрегентных методов на основе излучений для обеззараживания вод. Если процесс обеззараживания ультрафиолетовым излучением изучен довольно хорошо и в настоящее время внедрены процессы в различных областях очистки и подготовки вод, то электромагнитные методы пока только на стадии исследований [3-5].

Материалы и методика исследований. В данной работе рассматривалось влияние СВЧ – излучения на сточные воды гальванического производства.

Сточные воды гальванического производства различают по составу загрязнений, режиму сброса и концентрации.

По режиму сброса стоки подразделяются на постоянно поступающие разбавленные воды от проточных ванн после промывки в них деталей - промывные воды и периодически сбрасываемые из непроточных ванн - отработанные концентрированные электролиты и растворы.

По составу загрязнений сточные воды делятся на четыре группы: кислотно-щелочные, цианосодержащие, хромосодержащие, фторсодержащие.

Облучению подвергались кислотно-щелочные воды гальванического производства, отобранные на производстве, как до очистных сооружений предприятия, так и после них.

Сточные воды гальванического производства (кислотно-щелочные) облучали в СВЧ диапазоне при заданной мощности в 100 Вт и в течение 1,3,4 минут, при большем времени облучения вода закипает и выпаривается.

После облучения пробы отфильтровали через быстро фильтрующую для грубо дисперсных осадков бумагу. Фильтры в течение 48 часов оставили для полного высыхания.

После просушивания фильтры помещали под микроскоп Nikon ECLIPSE E200.

Гранулометрические параметры облучаемых образцов воды изучили на лазерном анализаторе микрочастиц «ЛАСКА – 1К».

Результаты экспериментов. На графиках (рис. 1, 2) представлены результаты гранулометрических параметров исследуемых образцов на лазерном анализаторе микрочастиц «Ласка-1К».

Результаты химического анализа представлены в таблице 1.

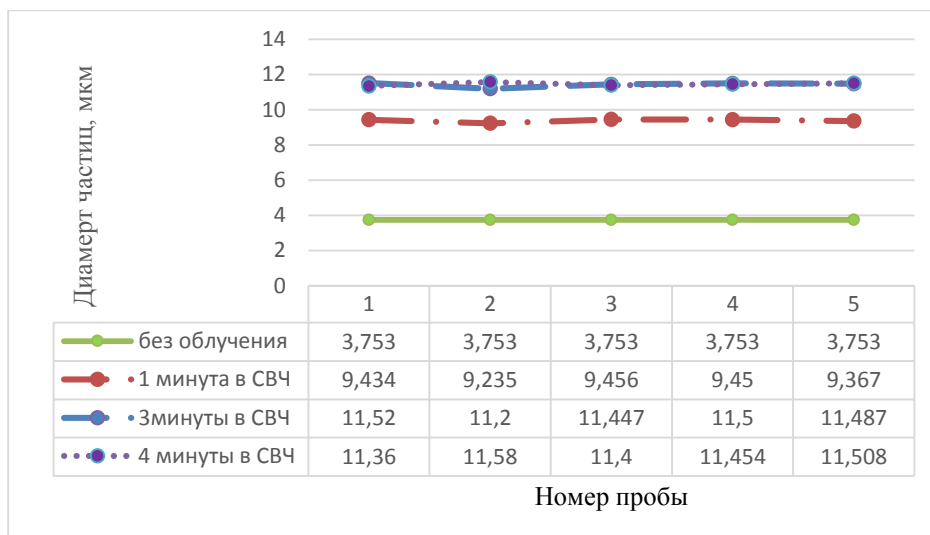


Рис. 1. Кисотно – щелочные пробы, облученные в СВЧ – установке

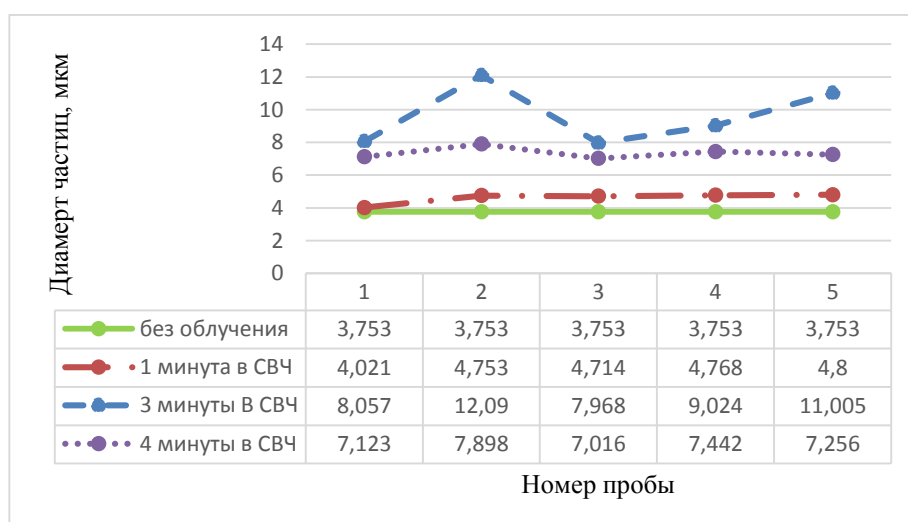


Рис. 2. Кисотно – щелочные пробы, облученные в СВЧ – установке, и отфильтрованные на фильтрах

Таблица 1 – Химический состав облученной воды в СВЧ-диапазоне

Желез, мг/л	Цинк, мг/л	Марганец, мг/л	Никель, мг/л	Хром, мг/л
До водоочистки фильтрованная сточная вода				
0,01155	0,09011	0,08664	0,3392	0,00146
0,04047	0,1447	0,09172	0,35192	0,00709
0,0012	0,07439	0,09441	0,3364	0,0111
До водоочистки не фильтрованная				
3,84321	1,4776	0,0738	0,40395	0,09646
5,34625	1,27692	0,07533	0,28772	0,15242
4,87379	1,60337	0,05784	0,27306	0,07943

Продолжение таблицы 1.

Желез, мг/л	Цинк, мг/л	Марганец, мг/л	Никель, мг/л	Хром, мг/л
После водоочистки фильтрованная				
0,04328	0,03419	0,00051	0,00275	0,01492
0,02347	0,03454	0,00155	0,00246	0,00729
0,00649	0,02257	0,00382	0,00477	0,00804
После водоочистки не фильтрованная				
0,32479	0,01845	0,00309	0,00315	0,01478
0,32254	0,15202	0,00578	0,00554	0,02506
0,37098	0,05652	0,00468	0,00042	0,02834
До водообработки без облучения				
3,22102	1,45706	0,10026	0,45872	0,09787
После водообработки без облучения				
0,25661	0,03896	0,00114	0,00111	0,0058

В результате проделанной работы можно сделать вывод, что при облучении образцов в СВЧ-диапазоне происходит укрупнение частиц, присутствующих в сточных водах гальваносток, что позволяет данный эффект наблюдать как визуально, так и аналитически, а так же снижается концентрация ионов железа, цинка, марганца, никеля и хрома.

Список литературы

[1] *Дмитриева Т.В., Коржавый А.П., Лапа Н.Н.* Влияние лазерного излучения на выведение металлов из водных модельных растворов // Научные технологии. 2006. Т. 7. № 4-5. С. 48-56

[2] *Зубрилов С.П.* Теоретические основы безреагентной обработки воды электромагнитными полями с частотами 10^6 Гц. Вестник государственного университета морского и речного флота им. Адмирала С.О. Макарова. 2010 № 1 с. 157-162.

[3] *Коржавый А.П., Капустин В.И., Козьмин Г.В.* Методы экспериментальной физики в избранных и технологиях защиты природы и человека / Под ред. Коржавого. М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2012. 352 с.,

[4] *Яковлева О.В., Никулина С.Н.* воздействие лазерного излучения на процесс обеззараживания и очистку сточных вод после гальваники // Научные технологии. 2012. Т. 13. № 2. С. 79-84.

[5] *Никулина С.Н., Жукова Ю.М., Дыхно Я.Н., Куликова И.И., Санютина Я.А.* Воздействие лазерного излучения на процесс обеззараживания воды и очистку родниковых вод г. Калуги / Научные технологии. 2015. Т. 16. № 1. С. 79-85.

Котосова Яна Владимировна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kotosowa.ya@yandex.ru

Белоусова Кристина Сергеевна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: snegurka092@mail.ru

Жукова Юлия Михайловна – канд. техн. наук, зам. зав. каф. по научной работе КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: dazhf1@mail.ru

В.Е. Короткова, С.И. Черняев

АНАЛИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОТ РАДИОАКТИВНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Основным потенциальным источником загрязнения биосферы и облучения населения, проживающего вблизи АЭС, являются газоаэрозольные отходы, образуемые в процессе эксплуатации станции. Следовательно, предотвращение выбросов радиоактивных веществ в воздушную среду является одним из основных факторов, определяющим экологическую и радиационную безопасность при работе радиохимических производств [2].

В процессе эксплуатации АЭС происходит выработка продуктов деления в топливе. Часть образующихся радиоактивных веществ во всех эксплуатационных режимах работы АЭС, включая проектные аварии, непрерывно или периодически выделяется в атмосферу в виде газообразных радиоактивных выбросов. Основные источники газообразных отходов – система байпасной очистки теплоносителя первого контура (АЭС с реакторами типа ВВЭР) и эжектор конденсатора турбины (АЭС с реакторами типа РБМК). Характер этих выбросов зависит от типа реактора и системы обращения с этими отходами. В их состав входят инертные радиоактивные газы (ИРГ) (радионуклиды Kr, Xe), пары ^3H и ^3H в газообразной форме, активационные газы (^{41}Ar , ^{14}C , ^{13}N , ^{16}N), галогены и радиоактивные вещества в твердой форме (продукты деления и активации).

Промышленные методы очистки газов можно свести к трем группам: 1) с помощью твердых поглотителей или катализаторов – «сухие методы» очистки; 2) с помощью жидких поглотителей (абсорбентов) – жидкостная очистка; 3) очистка без применения поглотителей и катализаторов. К первой группе относятся методы, основанные на адсорбции, химическом взаимодействии с твердыми поглотителями и на каталитическом превращении примесей в безвредные или легко удаляемые соединения. Сухие методы очистки обычно проводят с неподвижным слоем сорбента, поглотителя или катализатора, который периодически должен подвергаться регенерации или замене. В последнее время такие процессы осуществляются также в «кипящем» или движущемся слое, что позволяет непрерывно обновлять очищающие материалы. Жидкостные способы основаны на абсорбции извлекаемого компонентом жидким сорбентом (растворителем). Третья группа методов очистки основана на конденсации примесей и на диффузионных процессах (термодиффузия, разделение через пористую перегородку).

В зависимости от требуемой степени очистки газа различают грубую, среднюю и тонкую очистку. Однако количественные нормы, отвечающие такой классификации, меняются в зависимости от требований технологии.

Требуемая степень очистки газа нередко достигается в несколько этапов, отличающихся условиями или способами проведения процесса [4].

Для локализации, сбора и обработки газообразных отходов с целью максимального снижения выхода радиоактивных веществ, содержащихся в газообразных радиоактивных отходах АЭС, используется очистное оборудование по обращению с газообразными радиоактивными отходами: аппараты, устройства, фильтры, адсорберы, барботеры и др. Это оборудование устанавливается в вытяжных системах спецвентиляции помещений, в воздушную среду которых возможен выход газообразных радиоактивных отходов, а также в технологических линиях, по которым осуществляется контролируемый сброс газообразных радиоактивных отходов при работе оборудования. В результате очистки газообразных радиоактивных отходов в аппаратах, предусматриваемых на АЭС, образуются твердые РАО – фильтроэлементы, сорбенты, элементы вентиляционных систем и др.

Перед выбросом в атмосферу газообразные отходы вначале подвергаются выдержке, в течение которой их активность уменьшается за счет распада короткоживущих нуклидов; охлаждаются в теплообменниках, где отделяется большая часть влаги, содержащей радиоактивные примеси; очищаются в аэрозольных фильтрах; осушаются в цеолитовых фильтрах и освобождаются от радиоактивных примесей в фильтрах-адсорберах, заполненных активированным углем. Эти операции снижают радиоактивность газоаэрозольных выбросов в сотни раз (эффективность очистки – более 99%).

Для очистки отходящих газов АЭС с ректорами ВВЭР используется адсорбционный метод очистки, в частности, способ динамической адсорбции радионуклидов криптона и ксенона в колонне, работающей в режиме непрерывного потока. Она обеспечивает очистку более чем в 100 раз, что позволяет поддерживать активность газовых выбросов АЭС значительно ниже норм, установленных санитарными правилами. Для очистки газообразных радиоактивных отходов, содержащих короткоживущие радионуклиды, применяются хроматографические системы, основанные на задержке радионуклидов в угольном адсорбере в течение времени, достаточного для их распада. Для очистки отходящих газов от радиоактивного йода применяют адсорбцию на активированном угле, а также изотопный обмен и химические реакции на импрегнированных углях. Для улавливания твердых аэрозольных частиц применяют высокоэффективные тонковолокнистые фильтры из синтетических волокон или из стекловолокна [4, 1].

Рассмотрим подробнее фильтрование радиоактивных аэрозолей.

Содержащиеся в промышленных газах частицы чрезвычайно разнообразны по своему составу, агрегатному состоянию, а также дисперсности. Очистка газов от взвешенных частиц (аэрозолей) достигается механическими и электрическими средствами. Механическую очистку газов производят: воздействием центробежной силы, фильтрацией сквозь пористые материалы, промывкой водой или же другой жидкостью; иногда для осво-

бождения от крупных частиц используют их силу тяжести. Механическую очистку газов обычно проводят методами сухой газоочистки (аппарат циклон), фильтрации и мокрой газоочистки. Электрическая очистка газов применяется для улавливания высокодисперсных частиц пыли или туманов и обеспечивает, при известных условиях, высокий коэффициент очистки. Осаждение аэрозолей осуществляется электрическим полем высокого напряжения (до 50000 вольт), что вызывает ионизацию газа; частицы аэрозолей получают дополнительный заряд и осаждаются на противоположно заряженном электроде.

Для фильтрации запыленных газовых потоков используются различные ткани из натуральных или искусственных волокон (хлопок, шерсть, асбест, стекловолокно, базальтовое волокно, лавсан и др.). Фильтры такого типа называются тканевыми (рукавными) фильтрами. Размеры осажденных частиц пыли в порах ткани и на ее поверхности часто во много раз меньше среднего диаметра пор фильтровальной ткани. Это объясняется тем, что осаждение частиц в основном происходит в результате их столкновения с элементами ткани под действием сил инерции, электрических зарядов и других факторов. Однако пока фильтр частично не забит пылью, он мало эффективен по отношению к мелким частицам. Тканевые фильтры служат для улавливания весьма тонких фракций пыли и имеют высокий коэффициент очистки.

Помимо тканевых, применяются фильтры из специального картона, пористой бумаги, ваты, пористой керамики, металлокерамики и др. Конструкции их весьма разнообразны. Некоторые из них не имеют приспособлений для периодического удаления пыли, и при достижении определенной величины гидравлического сопротивления фильтрующий материал заменяется. Удаление пыли из некоторых фильтров производится периодической обратной продувкой или промывкой, чаще всего водой. Для повышения эффекта пылеулавливания фильтры с насадкой из крупных материалов (керамических и металлических колец, гофрированной стальной сетки и др.) смачивают минеральным маслом.

Промышленные фильтры подразделяются на аппараты периодического и непрерывного действия, а также по признаку направлений движения фильтрата и действия силы тяжести. Эти направления могут совпадать, быть противоположными или взаимоперпендикулярными [4].

Наиболее простым, надежным и экономичным способом очистки воздуха и технологических газов от радиоактивных аэрозолей являются волокнистые фильтры. Они получили повсеместное распространение. Разработаны и применяются фильтры из волокон целлюлозы, лавсана, полипропилена, полиакрилонитрила, из стеклянных и кварцевых волокон, базальте, и т.д. Особое место среди полимерных материалов занимают фильтры Петрянова (ФП). Их отличает высокая эффективность задержки мельчайших, в том числе наиболее проникающих частиц, при сравнительно низком гидродинамиче-

ском сопротивлении. Выпускаются различные сорта материалов ФП, обладающих, радиационной стойкостью, наличием электрических зарядов, стойких к воздействию кислот, щелочей, органических растворителей, выдерживающих высокие температуры и механические нагрузки [6].

Проблема обращения с радиоактивными отходами АЭС, в том числе и газовыми, оказывает существенное влияние на развитие ядерной отрасли. В настоящее время используются различные методы очистки газовых сдувок АЭС, такие как фильтрование, осаждение, однако создание безопасных и экономичных установок для обезвреживания радиоактивных технологических газов АЭС является задачей комплексной. Решать ее нужно не только за счет совершенствования таких установок, но и совершенствования и создания основного и вспомогательного оборудования АЭС, имеющих минимум технологических сдувок радиоактивных газов [3].

Список литературы

[1] АЭС ВВЭР [Электронный ресурс] // Важная экология: сайт - Режим доступа: <http://www.rightecology.ru/riecos-679-2.html> (Дата обращения 17.10.2016).

[2] Бекман И.Н. Ядерная индустрия. Курс лекций. – М: Изд-во МГУ, 2005. – 867 с.

[3] Предотвращение загрязнения окружающей среды выбросами АЭС [Электронный ресурс] // Введение в экологию энергетики: сайт – Режим доступа: <http://adlingva.ru/energo.html> (Дата обращения 17.10.2016).

[4] Боярчук К.А. Прикладная ядерная космофизика: Учебное пособие. – М.: МИФИ, 2007. – 216 с.

[5] Огородников Б.И. Радиоактивные аэрозоли объекта «Укрытие» (обзор). Часть 5. Средства улавливания и анализа аэрозолей. Радиоактивные аэрозоли в легких. – Чернобыль, 2006. – 56 с. – (Препр. / НАН Украины. ИПБ АЭС; 06-6).

[6] Радиоактивные отходы АЭС: информационный бюллетень / ГНУ «ОИЭЯИ-Сосны» НАН Беларуси. – 2010. – №10-11. – 8с.

Короткова Валерия Евгеньевна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга. E-mail: kagami-no-yoru@yandex.ru

Черняев Сергей Иванович - д-р техн. наук, профессор КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ambler@list.ru

А.В. Челенко, В.О. Федоров

МОДЕЛЬ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ПРОФИЛЯ В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

В марте-апреле 2014 года началось планомерное введение санкций против России организованное США и их союзниками, в том числе и в отношении оборонного, энергетического и финансового секторов. Только за год объем импорта суммарно сократился порядка на 10 млрд. долларов. Поскольку общий показатель мировых ВВП у США и ЕС составляет около 40%, то ответные меры со стороны России на их экономику практически не сказались [1]. Особенно в сложном положении оказалась отечественная радиоэлектронная отрасль, поскольку основная масса изделий электронной компонентной базы (ЭКБ) ввозилась из-за рубежа.

Тем не менее, в калужском радиоэлектронном кластере имеется одно из предприятий, которое является традиционным разработчиком и изготовителем высококачественной ЭКБ: ОА "Восход"-КРЛЗ еще с 2008 года не только занимается модернизацией технологий и оборудования по производству ЭКБ, но и еще за пару лет до введения санкций, начало научно-технические работы по импортозамещению изделий иностранной ЭКБ [2,3]. Там, прежде всего, были оценены риски освоения такой продукции и найдены способы управления ими, базируясь на современных математических моделях [4].

Методология и модели становления такого предприятия были описаны в работе [5].

Целью настоящих исследований является построение и анализ структуры управления предприятием среднего бизнеса, реализующим импортозамещение ЭКБ.

На рисунке 1 показана структурная модель построения и управления предприятием национально-ориентированного бизнеса, построенного высшим менеджментом [3]. Высший менеджмент, предусмотрительно, еще за два года до введения санкций (в 2012 году)[2,5], решил перейти к программе реализации импортозамещения, став одним из первых предприятий, реализовавшим постепенное освоение иностранной ЭКБ. Это потребовало коренной перестройки организационной структуры, в том числе вспомогательных и обслуживающих подразделений. Например, было принято решение большее количество вырученных средств использовать на развитие нематериальных активов (см. рисунок 1). Данное решение, вкупе с поддержкой импортозамещения повлекло за собой значительное увеличение прибыли предприятия, что отражено на графике на рисунке 2.

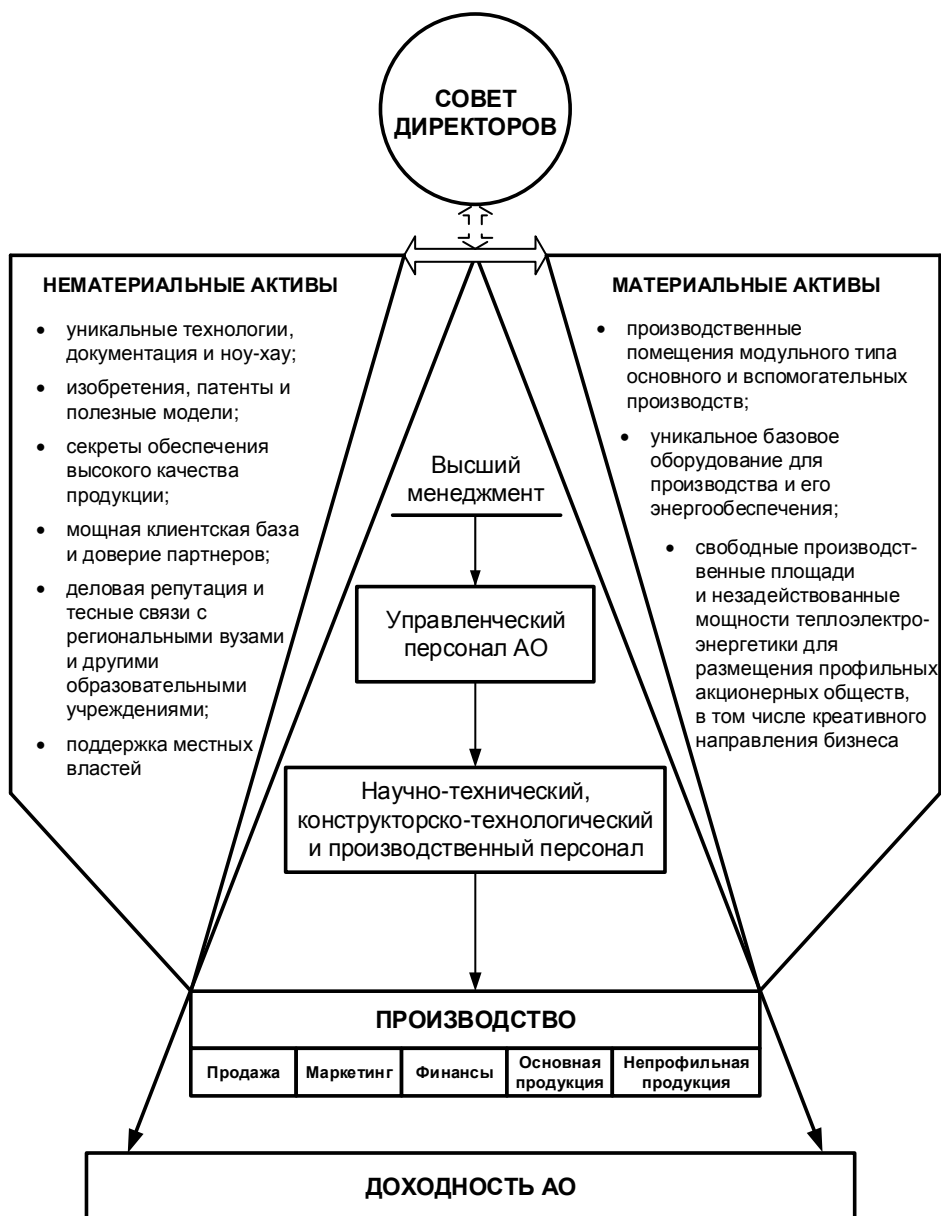


Рис. 1. Структурная модель построения и управления предприятием национально-ориентированного бизнеса

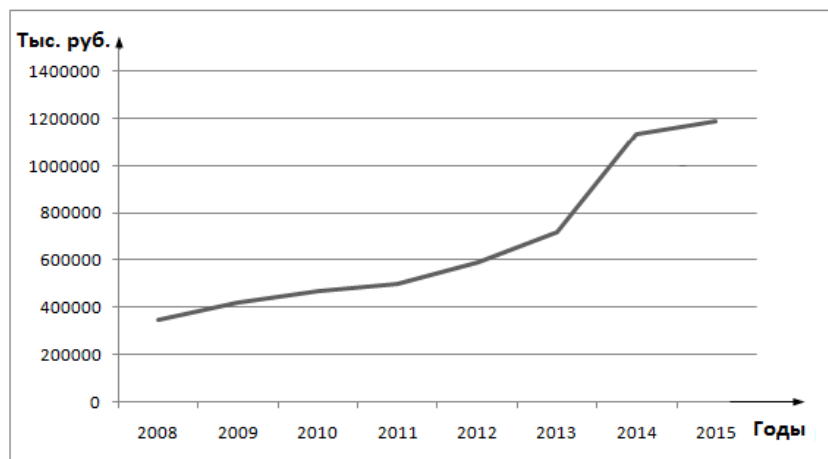


Рис. 2. Рост прибыли предприятия АО "Восход"-КРЛЗ в период 2008-2015 гг

Из графика (см. рисунок 2) следует, что основной скачок роста производства на предприятии АО "Восход"-КРЛЗ произошел как раз в "санкционном" 2014 году.

Данный факт свидетельствует о положительной динамике отечественного импортозамещения, которое в тандеме со вложением средств в нематериальные активы, позволило АО "Восход" - КРЛЗ не только нормально функционировать в условиях зарубежного экономического давления, но и нарастить свой потенциал, что отражено в значительном увеличении роста прибыли.

Список литературы

[1] Болдырев К.В., Яловенко Я.В. Влияние санкций на экономику России // Научные технологии в приборостроении и развитие инновационной деятельности в вузе: материалы региональной научно-технической конференции, 19-21 апреля 2016 г., Т.5. Калуга, изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016, с. 94-96.

[2] Шмаков Н.В., Коржавый А.П., Яранцев Н.В. Реформирование отечественных предприятий радиоэлектронного профиля на примере холдинга ОАО "Восход"-КРЛЗ// Бизнес и власть, 2012, май-июнь, с. 16-17.

[3] Шмаков Н.В. Опыт модернизации российской компании АО "Восход"-КРЛЗ // Электромагнитные волны и электронные системы, 2016, Т.21, N1, с.5-8.

[4] Горлачева Е.Н. Математическая модель оценки рисков в процессе межфирменного взаимодействия предприятий машиностроительного комплекса // Известия вузов. Машиностроение, 2008, N8, с.71-80.

[5] Федоров В.О., Кузнецов С.А., Челенко А.В., Яранцев Н.В. О методологии и модельных подходах в оценке рисков предприятия среднего бизнеса в процессе импортозамещения электронной компонентной базы // Научные технологии, 2016, Т.17, N11.

Челенко Александра Викторовна - аспирант КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: apererva@yandex.ru

Федоров Виктор Олегович - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: vikmar2008@yandex.ru

Г.В. Лаврентьева, Е.В. Ланцова, С.И. Ланцов

О ПРОБЛЕМЕ УТИЛИЗАЦИИ МЕДИЦИНСКИХ ОТХОДОВ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

С каждым годом проблема утилизации отходов в России набирает обороты. Растет количество стихийных свалок, существующие полигоны исчерпывают лимиты на размещение отходов. Отечественные и зарубежные компании пытаются применять устаревшие, «неэкологические» методы уничтожения отходов – сжигание, пиролиз. Вместе с тем правительство РФ существенно ужесточает законодательство в области обращения с отходами, устанавливая курс на вторичную переработку. При этом существующие корпорации неохотно строят современные перерабатывающие заводы, позволяющие выделить вторичное сырье из общей массы ТКО.

Из огромного количества отходов, образующихся повседневно, особо выделена, наиболее опасная для человека и окружающей среды группа отходов, образующаяся в лечебно-профилактических учреждениях (ЛПУ), медицинских кабинетах, салонах красоты – медицинские отходы.

В настоящее время обращение с отходами регулируется федеральным законом №89 «Об отходах производства и потребления». Но медицинские отходы были выведены из этого закона, тем самым для их утилизации не требуется получения какой-либо разрешительной документации и нет должного контроля за ними. При этом экологический аспект не рассматривается. На данный момент обращение с медицинскими отходами (МО) регулируется СанПиН 2.1.7.2790-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к обращению с медицинскими отходами».

Медицинские отходы - это любые отходы, которые образуются в результате работы медицинских учреждений либо лечебно-профилактических мероприятий, которые проводятся населению.

В зависимости от степени эпидемиологической, токсикологической и радиационной опасности, а также негативного воздействия на среду обитания МО подразделяются на пять классов опасности:

- Класс А – эпидемиологически безопасные отходы, приближенные по составу к твердым бытовым отходам (далее – ТБО (ТКО)).
- Класс Б – эпидемиологически опасные отходы.
- Класс В – чрезвычайно эпидемиологически опасные отходы.
- Класс Г – токсикологически опасные отходы 1-4 классов опасности.
- Класс Д – радиоактивные отходы. [1]

В данной работе рассматривается обращение с эпидемиологически опасными медицинскими отходами классов Б и В.

Стоит отметить, что первостепенной задачей при работе с МО является их обеззараживание, которое может проводиться тремя основными методами.

Химический метод основан на воздействии растворами дезинфицирующих средств, обладающих бактерицидным действием в соответствующих режимах. Применяется с помощью специальных установок или способом погружения отходов в промаркированные емкости с дезинфицирующим раствором в местах их образования. [1]

Термическое уничтожение (сжигание) может осуществляться как децентрализованным способом, так и централизованным. Термические методы обеззараживания отходов (сжигание) приводят к загрязнению окружающей среды, что вызывает ряд экологически обусловленных заболеваний, приводящих в конечном итоге к сокращению продолжительности жизни людей. При сжигании, удаляя инфекционный агент, существуют риски, связанные с воздействием на человека продуктов горения, в частности диоксинов и фуранов, окислов азота, тяжелых металлов и множества других вредных соединений, которые являются канцерогенами.

Физический метод обеззараживания отходов классов Б и В, включающий воздействие водяным насыщенным паром под избыточным давлением, температурой, радиационным, электромагнитным излучением, применяется при наличии специального оборудования - установок для обеззараживания медицинских отходов.[1]

Среди физических методов обеззараживания МО можно выделить две основные технологии: автоклавирование и микроволновое обеззараживание.

Применение методов паровой дезинфекции (автоклавирование) обычно связано с измельчением отходов, что так же приводит к удорожанию методов и проблемам утилизации измельченных отходов. Их можно или захоронить на полигоне, или использовать в качестве вторичного топлива, что в настоящее время вряд ли возможно в массовом масштабе, остается только захоронение, что сегодня так же не соответствует экологическим принципам.

Рассмотрим второй из основных физических методов обеззараживания – микроволновый (СВЧ). Сущность метода заключается в воздействии высокочастотного излучения, благодаря которому происходит гибель всех микроорганизмов. Кроме того на отходы воздействует пар, создаваемый кипением специального раствора (сенсibiliзатора), который заливается непосредственно в емкости с отходами.

В СВЧ – методе применяется микроволновые установки. В России они впервые были разработаны в г. Обнинске на базе Обнинского центра естественных наук и технологий. Установки «УОМО-01/150-О-ЦНТ» серийно производятся в г. Обнинске.

Настоящие технология и СВЧ-установка для обеззараживания медицинских отходов запатентованы, сертифицированы, имеют разрешение Минздрава России на применение.

Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека изданы Методические рекомендации «Используй-

вание электромагнитного излучения сверхвысокой частоты для обеззараживания инфицированных медицинских отходов» [2]

Таким образом, из перечисленных технологий самой эффективной, малозатратной является микроволновая технология. Но кроме этого микроволновая технология решает и экологические проблемы в работе с МО. Прежде всего, это отсутствие выбросов и сбросов в окружающую среду, а так же возможность вторичной переработки отходов, которые состоят из ценных фракций – пластик, металл, латекс, ткань. Однако здесь есть нерешенные проблемы, о которых будет сказано ниже.

Впервые в России в Калужской области на базе государственного учреждения здравоохранения «Калужское областное бюро судебно-медицинской экспертизы» и ООО «Экомед» в 2005 году создан экспериментальный, а в настоящее время действующий в соответствии с СанПиН 2.1.7.2790-10 участок по обращению с медицинскими отходами, укомплектованный СВЧ-установками «УОМО-01/150-О-ЦНТ».[3-7]

В настоящее время медицинские отходы со всей области собираются в специальные емкости – баки, которые специальным автотранспортом доставляются на централизованный участок, где баки с медотходами помещаются в СВЧ-установки для обеззараживания. Участок разделен на «грязную» и «чистую» зоны, между ними размещены микроволновые установки.

После обеззараживания стерильные отходы (стерильность подтверждена регулярными бактериологическими исследованиями в течение 10 лет) направляются на сортировку. После сортировки шприцы, системы для переливания крови и другие пластмассовые изделия дробятся; резина, латекс собираются отдельно, иглы от шприцев вывозят на полигоны в специальные места для захоронения; текстиль, вата, бинты пока направляются на полигон, ввиду отсутствия спроса на них как на вторичное сырье.

Ежегодно на участке обеззараживаются и утилизируются до 300 т медицинских отходов класса Б.

Функционирующая в Калужской области система обращения с медицинскими отходами позволяет:

- гарантировать полное обеззараживание (практическую стерилизацию) опасных медицинских отходов;
- исключить негативное воздействие опасных медицинских отходов на население, пациентов ЛПУ, медицинский персонал;
- исключить возникновение внутрибольничных инфекций, обусловленных неправильным или неэффективным обращением с опасными медицинскими отходами;
- исключить дорогостоящие и экологически вредные методы обеззараживания опасных медицинских отходов;

- исключить попадание на свалки, полигоны опасных медицинских отходов и направить их на вторичное использование, обеспечивая их рециклинг.

При работе с МО как с вторичным сырьем имеются нерешенные проблемы. Высока доля ручного труда при сортировке отходов, имеются трудности с разделением пластика и металла, показательным примером являются иглы от шприцев, отсутствие спроса на ряд фракций со стороны производства.

Для решения проблемы разделения пластика и металла необходимо найти техническое решение этой задачи, внедрить новый метод разделения этих материалов в практику.

В настоящее время основная часть медицинских отходов (до 70 %) уже направляется на вторичную переработку. Однако стоит задача добиться 100% безотходного производства, что благоприятно скажется на экологической обстановке региона и России в целом.

Список литературы

[1] Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.7.2790-10 "Санитарно-эпидемиологические требования к обращению с медицинскими отходами" (утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 9 декабря 2010г. N 163). — М. — 2010.

[2] Методические рекомендации МР 02.007-06 «Использование электромагнитного излучения сверхвысокой частоты для обеззараживания инфицированных медицинских отходов». — М. — 2006.

[3] *Ланцов С.И., Подзорова Е.А., Тарабан В.Б., Острецов Н.А., Молчанова И.В.* Концепция комплексного обращения с медицинскими отходами, всероссийский медицинский научно-производственный журнал «Сибирь-Восток». — Иркутск. — № 2. — 2007. — С.30-32.

[4] *Ланцов С.И., Подзорова Е.А.* Система комплексного обращения с инфицированными медицинскими отходами в Калужской области, тезисы доклада на VI Международная конференция «Сотрудничество для решения проблемы отходов». — Харьков, Украина. — 8–9 апреля 2009. — С.44-46.

[5] *Ланцов С.И.* Практические результаты работы системы комплексного обращения с инфицированными медицинскими отходами в Калужской области, сборник материалов 5 международной конференции "Проблемы обращения с отходами лечебно-профилактических учреждений". — М. — 2009. — С.88-91.

[6] *Ланцов С.И.* Организация обращения с медицинскими отходами в Калужской области в соответствии с СанПин 2.1.7.2790-10, тезисы 6 международной конференции "Проблемы обращения с медицинскими отходами". — М. — 2011.

[7] *Подзорова Е.А., Ланцов С.И., Кузьма Н.Н., Хуако А.Ю., Зацепина Г.Ю., Китаева Н.К.* Экологическая безопасность как приоритетная составляющая технологии обращения с медицинскими отходами, сборник материалов IV Международной научной экологической Конференции «Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства». — Краснодар. — 2015. — С.589–594.

Лаврентьева Галина Владимировна - канд. биол. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: Lavrentyeva.G@ya.ru

Ланцова Екатерина Вячеславовна – зам. технического директора ООО «ЭКМЕД». E-mail: levlancov@yandex.ru

Ланцов Сергей Иванович - канд. мед. наук, начальник ГБУЗКО «Калужское областное бюро судебно-медицинской экспертизы». E-mail: lantsovser@mail.ru

Е.И. Семенова, М.С. Горбачева, Ю.М. Жукова

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ ГОРОДА КАЛУГИ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

В России основным способом удаления отходов является их захоронение на полигонах и свалках. Большинство из существующих санкционированных муниципальных свалок были созданы в период 60-80-х годов прошлого столетия в границах населенных пунктов.

Проблема влияния полигонов твердых коммунальных отходов (ТКО) на окружающую среду на сегодня представляет одну из многочисленных проблем по обращению с отходами.

В соответствии с положениями Федерального закона от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» (в редакции 2016 г.), государственный кадастр отходов включает в себя, в том числе государственный реестр объектов размещения отходов. В реестр могут войти только те объекты размещения отходов, которые соответствуют требованиям, установленным законодательством Российской Федерации.

Захоронение отходов на полигонах и свалках приводит к вторичному загрязнению сопредельных сред: почвы, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух.

Целью данной работы является изучение процессов происходящих в верхних слоях почвенного покрова и анализ показателей полученных в результате исследований за 2016 год.

Калужский полигон ТКО эксплуатируется с 1972 года и является единственным в городе санкционированным объектом, оснащенным необходимыми для подобных объектов инженерными сооружениями и техникой. Полигон занимает 17,2 га и расположен на расстоянии 15 километров от города в типичной для Калужской области ландшафтной обстановке на границе сельхозугодий с гослесфондом. Тело полигона размещено в долине ручья Полигонного (рис. 1).

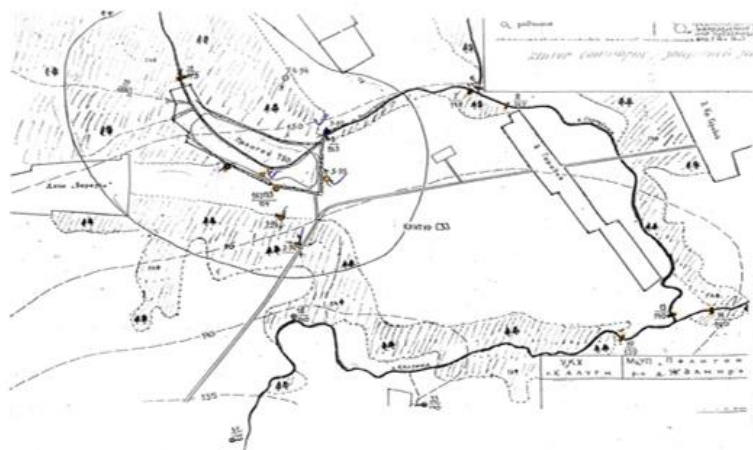


Рис. 1. Карта схема расположения полигона ТКО

Регулярный контроль состояния окружающей среды позволяет определить характер и скорость распространения загрязнений, оперативно оценить перспективы возникновения негативных процессов [1].

Для соблюдения приемлемой экологической обстановки в пределах полигона ТКО проводится мониторинг. Система мониторинга включает постоянное наблюдение за состоянием окружающей природной среды, в том числе и почвы в зоне возможного влияния полигона. С этой целью качество почвы контролируется по химическим, микробиологическим, радиологическим показателям. Из химических показателей исследуется содержание тяжелых металлов, нитритов, нитратов, гидрокарбонатов, органического углерода, рН, цианидов, свинца, ртути, мышьяка. В качестве микробиологических показателей исследуются: общее бактериальное число, колититр, титр протей, яйца гельминтов. Число химических и микробиологических показателей может быть расширено только по требованию территориального ЦГСЭН [2].

На данном полигоне ТКО отбор проб почв проводится единожды в год. Для лабораторных исследований отбирается проба на глубине 15 сантиметров в 19 точках, что подразумевает наиболее точное получение результатов. Пробы берутся на такие показатели, как количественный химический анализ, микробиологические, паразитологические, энтомологические и радиологические.

Наиболее распространенным подходом к оценке экологического состояния природной среды является сбор и анализ информации о количественном содержании в ней различных загрязнителей, в том числе химических веществ, относящихся к разряду токсикантов, и сравнение аналитически установленных показателей содержания химических веществ с регламентированными уровнями ПДК. Однако эти нормативы имеются только для ограниченного числа химических соединений. Кроме того, недостаточно изученной остается проблема интегрального воздействия смесей химических веществ, в частности ТМ на биотические и абиотические компоненты окружающей природной среды. В этой связи перспективным методологическим подходом представляется совместное использование геохимических, гидрогеохимических и биогеохимических методов определения концентраций загрязнителей в компонентах природной среды, а так же методов биоиндикации и биотестирования [3].

Проанализировав данные полученные в результате лабораторных исследований, проведенных ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Калужской области» можно сделать вывод, что в верхнем почвенном слое не наблюдается превышение предельно допустимых концентраций основных показателей. Однако можно сказать, что динамика изменения концентраций по некоторым загрязняющим веществам в слое почвы все же наблюдается (рис. 2).

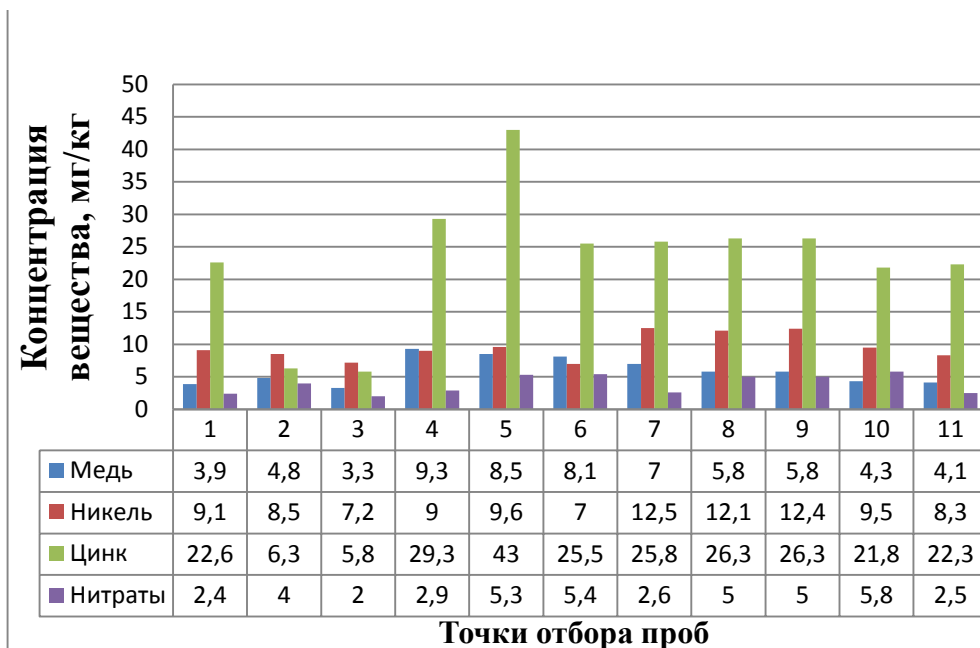


Рис. 2. Динамика изменения концентраций загрязняющих веществ

Анализ результатов показал, что существующее воздействие площадки полигона ТКО на земельные ресурсы носит локальный характер и не выходит за ее пределы.

Однако загрязняющие вещества, вовлеченные в биологический круговорот, и их накопление в отдельных звеньях трофических цепей может потенциально изменить картину воздействия на геосистему ближайших территорий. Внедрение в программу производственного экологического мониторинга методов биомониторинга (биоиндикации и биотестирования) сопредельных территорий потенциально опасных объектов позволит получить интегральную токсикологическую оценку независимо от состава загрязняющих веществ.

Список литературы

[1] Лаврентьева Г.В., Корабельникова Ю.В., Тарасова Е.А. Мониторинг подземных вод в районе расположения полигона твердых бытовых отходов г. Калуги. Состояние и охрана окружающей среды в Калуге, Информационный обзор, 2015 г. с.45-48

[2] Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для ТБО URL: <http://www.docload.ru/Basesdoc/7/7904/index.htm#i473673> (02.10.2016)

[3] Куриленко В.В., Подлипский И.И., Осмоловская Н.Г. Эколого-геологическая и биогеохимическая оценка воздействия полигонов твердых бытовых отходов на состояние окружающей среды. Экология и промышленность России, ноябрь 2012 г. с.28-32

Семенова Екатерина Ивановна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: vip.ka95@bk.ru

Горбачева Марина Сергеевна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: marina_gorbachev@list.ru

Жукова Юлия Михайловна – канд. техн. наук, зам. зав. каф. по научной работе КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: dazhf1@mail.ru

С.Н. Никулина, И.Е. Федулов

ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ ВОД

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

В настоящее время рост городов, стремительное развитие различных областей промышленности, интенсификация сельского хозяйства, значительное расширение площадей орошаемых земель, улучшение культурно-бытовых условий, а также ряд других факторов все более усложняют проблему обеспечения водой.

Сохранение природной воды является одним из приоритетных направлений охраны окружающей среды.

Цель работы – оценка современного качества природной воды в природных источниках, сосредоточенных вблизи промышленного развитого центра России, города Калуги, и исследование путей его повышения.

В настоящее время природная вода уже не является кристально чистой, бактериологически безукоризненной и биологически полезной. Главным виновником загрязнения природных вод является антропогенная деятельность человека. Непродуманно располагая свои поселения, промышленные предприятия, сельскохозяйственные объекты, нефтепроводы, транспортные коммуникации, свалки и т.д. в зоне питания родников, ухудшая качество воды рек и озер, которые обычно имеют тесную гидравлическую связь с подземными водами, люди способствуют возникновению и развитию устойчивых загрязнений в подземных водоносных системах [2].

В ходе многолетнего экологического мониторинга отмечено ухудшение качества природной воды по мере приближения к городской черте и центру города. Природная вода из родников, расположенных на территории города, характеризуется повышенным содержанием нитратов, общей микрофлоры и бактерий группы кишечной палочки. Источниками их поступления в родниковую воду являются загрязненная территория, свалки мусора, канализационные коллекторы.

Основные источники загрязнения природных вод:

- Промышленные стоки;
- Коммунальные стоки;
- Химизация сельского хозяйства;
- Стоки животноводческих хозяйств;
- Продукты распада сине-зеленых водорослей;
- Тепловое загрязнение;
- Отходы водного транспорта и др.

Промышленные стоки. Наибольшее загрязнение природных вод дает промышленность таких отраслей народного хозяйства, как нефтеперераба-

тывающая, химическая, мыловаренная, целлюлозно-бумажная, текстильная, металлургическая, горнодобывающая.

Коммунальные стоки. Города и другие населенные пункты дают большое количество загрязненных веществ. В составе коммунальных стоков, кроме фекальных вод, содержится значительное количество вредных соединений от использования химических веществ в быту, а также от предприятий пищевой промышленности, общественного питания, торговли и т. д. Наличие в коммунальных стоках болезнетворных микробов и вирусов, а также яиц гельминтов делает их особенно опасными для здоровья людей. Особенность коммунальных стоков – неравномерность их поступления, затрудняющая работу городской канализации [4].

Населенные пункты дополнительно загрязняют водные объекты поверхностным стоком от дождей или таяния снега с улиц, дворов и с территорий промышленных предприятий. Они содержат в себе нефтепродукты и другие специфические примеси и загрязнения.

Химизация сельского хозяйства. Интенсификация сельскохозяйственного производства сопровождается быстрым увеличением темпов применения минеральных удобрений и химических средств защиты растений от сорняков, вредителей и болезней. В результате в окружающую среду поступает много химических веществ, в том числе пестицидов, некоторые из них очень устойчивы к воздействию внешних факторов и в течение длительного времени сохраняют свои свойства. Пестициды накапливаются в почве, а затем смываются в водоемы или просачиваются в водоносные горизонты. При обработке полей с помощью авиации пестициды могут попадать в водоисточники непосредственно [1].

Стоки животноводческих хозяйств. Многочисленные животноводческие фермы и крупные животноводческие комплексы для промышленного производства свинины, говядины и молока на 50 – 100 тыс. голов являются существенным источником загрязнения. Сложность проблемы охраны вод от стоков животноводческих хозяйств заключается в трудности санитарного обеспечения накопителей и утилизации отходов.

Тепловое загрязнение. Нагревание воды, воздуха или почвы в результате попадания в окружающую среду тепловых отходов предприятий топливно-энергетического комплекса (тепловые и атомные электростанции), при сжигании попутного газа нефтедобывающей промышленности, от газовых факелов нефтехимических предприятий, при утечке тепла в жилищно-коммунальном хозяйстве и т. д [3].

Отходы водного транспорта. Водный транспорт загрязняет воду вследствие прямого сброса в нее всех отходов и особенно подсланевых вод, сильно загрязненных нефтепродуктами. Огромное количество нефти попадает в воду при ее перевозках морским транспортом. При холостом рейсе танкеры для устойчивости наполняют водой, в месте загрузки нефтью балластную воду, сильно насыщенную нефтепродуктами, сбрасывают за борт.

Много нефти попадает в моря при авариях танкеров. В совокупности в моря и океаны ежегодно попадает не менее 5 млн. т нефти.

Пагубное влияние попадающей в воду нефти на природу проявляется в следующем. При концентрации нефтепродуктов более 0,05 мг/л вкусовые качества воды сильно падают, рыба приобретает неприятный и неустраняемый привкус, а при концентрации свыше 0,5 мг/л – гибнет.

В связи с увеличением техногенной нагрузки на окружающую среду в Калужской области все больше внимания уделяется проблеме загрязнения поверхностных и подземных вод. В качестве объектов исследования при изучении подземных вод и их возможного загрязнения могут быть использованы родники в связи с их исключительной чувствительностью к воздействию техногенных факторов.

Родники представляют собой выходы грунтовых и подземных вод на поверхность под влиянием естественных условий. Они зачастую служат источниками поверхностных водоемов, играют важную роль в поддержании водного баланса и сохранении стабильности биоценоза. Водоносные пласты, питающие родники, могут находиться на глубине нескольких десятков метров, что при благоприятных условиях должно исключать их загрязнение. Вода из родников может быть пресной или минерализованной. Во втором случае речь идет об источнике минеральных вод. Проходя через слои песка и гравия, родниковая вода подвергается естественной очистке перед тем, как попасть на поверхность земли, поэтому сохраняет природные качества, структуру и свойства.

Природная вода исследуется по следующим показателям:

- химический анализ воды (нитраты, нитриты, рН, жесткость, нефтепродукты, сухой остаток, хлориды).
- токсикологическое исследование воды (соли тяжелых металлов – марганец, свинец).
- микробиологическое исследование воды (общее микробное число, общие колиформные бактерии).

Все исследования проводятся по определенным методикам:

- химическое исследование воды проводилось в соответствии методиками, приведенными в таблице.
- токсикологическое исследование воды (соли тяжелых металлов) проводили методом атомно-абсорбционной спектрометрии по аттестованным методикам с использованием стандартных образцов.

Микробиологическое исследование (общее микробное число, общие колиформные бактерии) проводили по ГОСТ 18963 – 73.

Таблица 1. Нормативно-технические документы на метод исследования

Показатель	НТД на метод исследования
Нитраты	ГОСТ 18826—73
Нитриты	ГОСТ 4192—82
Жесткость	ГОСТ 4151 – 72
Нефтепродукты	ПНД Ф 14.1:2:4.128-98

Охрана природы, и водных ресурсов в частности, - задача нашего века, проблема, ставшая социальной. Однако воздействие человека на водную среду приняло угрожающие масштабы. Чтобы в корне улучшить положение, понадобятся целенаправленные и продуманные действия.

Вода занимает ключевое место в процессе создания и поддержания жизни на Земле, играет важную роль в химическом строении живых организмов, в формировании климата и погоды. Основные требования к качеству питьевой воды: быть безопасной в эпидемическом и радиационном отношении, быть безвредной по химическому составу. Чтобы вода соответствовала всем нормам, ее необходимо обрабатывать, применяя различные методы обеззараживания.

К важнейшим проблемам в сфере обеспечения жизнедеятельности человека относятся вопросы очистки и обеззараживания питьевых вод.

Природную воду (родниковую) из источников Калужского региона не рекомендуется употреблять без соответствующего заключения санитарно-эпидемиологической службы. Опасность представляют, прежде всего, родники, расположенные в зонах ведения сельскохозяйственных работ, вблизи крупных населенных пунктов, промышленных предприятий и автомагистралей. Также следует обращать внимание на санитарное состояние территории вокруг родника: не должно быть бытового мусора и самовольно организованных канализационных стоков. Во многих родниках обнаружено присутствие колиформных бактерий, и болезнетворных микробов. За редким исключением, вода из родников, расположенных в городской черте, является непригодной для питья.

Список литературы

[1] *Лифляндский В.Г.* Умная вода: добрая сила природ. СПб.: ООО «Петроглиф», 2015 -64 с.

[2] *Коржавый А.П., Челенко А.В.* Способы и технологии очистки пресной воды, загрязненной в современной техносфере// Научные технологии. 2015. Т16. №9. С. 66-77

[3] *Доможир В.В., Жукова Ю.М., Никулина С.Н., Николаева Т.С.* Новые методы обработки и диагностики пресной воды после ее промышленного использования // Научные технологии. 2014 Т.15. №10. С 36-41

[4] *Никулина С.Н.* Роль безреагентной очистки пресных вод при производственной деятельности промышленных предприятий в сохранении здоровья работников: Автореф. Дисс... канд.техн.наук. М., с 48-56

Никулина Светлана Николаевна - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: voinsveta579@mail.ru

Федулов Илья Евгеньевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: voinsveta579@mail.ru

М.И. Христофорова, А.А. Хролынцев, О.В. Яковлева

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА СТРУКТУРЫ ФИЛЬТРУЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЕГО ГРЯЗЕЕМКОСТИ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

В условиях стремительного развития современного общества прослеживается усиление негативного воздействия на окружающую среду. Наблюдается повсеместное ухудшение качества природной воды источников водоснабжения. В настоящее время природная вода крайне редко обладает свойствами, соответствующими всем необходимым требованиям, которые предъявляет потребитель.

В целях обеспечения высокого качества воды питьевой, воды, используемой некоторыми отраслями промышленности, в мире прослеживается устойчивая тенденция применения физико-химических методов очистки, в частности обратного осмоса. Для успешной работы обратноосмотических установок поступающая на обработку вода должна отвечать установленным требованиям их эксплуатации [1].

Стабильная работа установок обратного осмоса обеспечивается расположением в технологической схеме перед установкой фильтров микрофильтрации. Таковыми являются волокнистые полимерные фильтры для водоочистки [2].

Распространенным используемым фильтроматериалом полимерных фильтров является полипропилен. Однако наряду с нужными свойствами обеспечения стабильности проведения процесса очистки на установках обратного осмоса, данные фильтроэлементы имеют ряд недостатков, а именно: фильтрация жидкости с помощью таких фильтров сопряжена с постоянным расходом фильтроэлементов, что создает проблемы с их утилизацией; фильтроэлементы достаточно дороги; эффективность их работы оставляет желать лучшего.

Фильтрация жидкости с помощью волокнистых фильтров сопряжена с постоянным расходом фильтрующих элементов, так как большая их часть является одноразовыми, т.е. нерегенирируемыми. Процессы фильтрования с применением волокнистых фильтроэлементов, которые работают без регенерации, требуют на сегодняшний день оптимизации.

Важным направлением оптимизации является увеличение срока службы фильтроэлемента, который тесно связан с показателем грязеемкости. Исходя из этого, одной из основных характеристик работы данных фильтров является грязеемкость и, в данном случае, это объем загрязняющих веществ, который способен задержать фильтрующий элемент за весь период эксплуатации [3].

Целью исследования являлось определение структуры фильтрующего слоя, которая будет обеспечивать максимальную грязеемкость волокнистого полимерного фильтрующего элемента, основываясь на данных о гранулометрическом составе твердых частиц в жидкости.

Решались задачи исследования по установлению гранулометрического состава тестового загрязнителя - кварца молотого пылевидного, а также разработка методики расчета структуры фильтрующего слоя.

Базы проведения исследований: АО «Фильтр» (пос. Товарково) и кафедра ФН2-КФ «Промышленная экология» КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Объектом исследования являлся фильтрующий элемент, представленный на рис. 1, для очистки жидкостей от механических примесей, изготовленный по технологии «melt blown» - «мелтблаун».



Рис. 1. Опытный фильтрующий элемент

Структура исследуемого фильтрующего элемента состоит из перфорированного трубчатого каркаса и намотанных на него слоев полимера различной толщины: подложки, «отсечного» и «основного» (фильтрующего) слоев [4].

В проведенных нами ранее исследованиях [1] было указано, что в фильтрующем элементе «отсечной» слой отвечает за эффективность, а остальная часть фильтрующего слоя обеспечивает грязеемкость фильтрующего элемента. Эта часть «основного» слоя имеет наибольшую толщину, которая определяется наружным диаметром фильтрующего элемента. Размер пор плавно увеличивается от «отсечного» слоя до наружного. Последний слой фильтрующего материала несет на себе основную нагрузку по очистке жидкости, поэтому проводимые опыты были направлены на определение оптимальной структуры «основного» фильтрующего слоя для повышения грязеемкости фильтрующего элемента.

Определение гранулометрического состава твердых частиц жидкости.

Для определения параметров фильтрующего слоя нами было проведено исследование по установлению гранулометрического состава тестового загрязнителя - кварца молотого пылевидного марки Б ГОСТ 9077-82. Для про-

ведения исследования использовался лабораторный стенд контроля качества фильтров для жидких сред. Вид гидравлического стенда представлен на рис.2



Рис. 2. Лабораторный стенд контроля качества фильтров для жидких сред

В трехлитровую банку наливалась чистая вода и добавлялся загрязнитель. Затем подавали загрязненную воду на фильтрующий элемент и отбирали пробы воды до и после него. С помощью счетчика частиц Pamas S-4031 WG определялось количество частиц загрязнителя в пробе воды. Используя несколько замеров, определялся гранулометрический состав загрязнителя, с помощью которого вычислили объем его частиц в предположении, что все они имеют сферическую форму. Затем определили относительные объемы частиц по всем размерам с помощью формулы (1).

$$\bar{V} = \frac{V_i \cdot 100}{\sum V_i}, \quad (1)$$

где V_i – среднее арифметическое значение объема частицы заданного размера, м^3 ; $\sum V_i$ - суммарный объем частиц всех размеров, м^3 .

Полученные значения относительного объема частиц были использованы в дальнейшем расчете.

Расчет структуры фильтрующего слоя. Для проведения расчета необходимо было по относительному объему частиц заданного размера выделить объем фильтрующего материала, пропорционально объему частиц и определить интервалы диаметров, определяющие положение данного объема фильтрующего материала в фильтрующем элементе.

Для определения диаметров использовали поперечное сечение фильтроэлемента, изображенное на рис. 3.

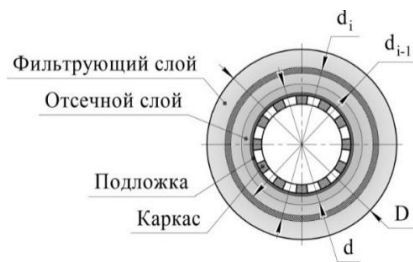


Рис. 3. Поперечное сечение фильтроэлемента

Значения относительных объемов, вычисленных ранее, приравнивали к площадям элементов, выделяемых в поперечном сечении фильтрующего слоя. В результате составили систему уравнений (2) для определения параметров фильтрующего слоя.

$$\begin{cases} kS = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \\ kS_i = \frac{\pi \cdot (d_i^2 - d_{i-1}^2)}{4} \\ S = \sum S_i = 100 \end{cases}, \quad (2)$$

где d - внутренний диаметр фильтрующего слоя, мм; D - наружный диаметр фильтрующего слоя, мм; d_i, d_{i-1} - размеры, определяющие положение рассматриваемого элемента фильтрующего материала, мм; k - коэффициент пропорциональности; S_i - площадь i -го элемента фильтрующего слоя, мм²; S - площадь поперечного сечения фильтрующего слоя, мм².

В результате проведенных вычислений получили выражение (3) для диаметра d_i .

$$d_i = \sqrt{4 \cdot S_i \cdot \left[\frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4 \cdot S} \right] + d_{i-1}^2}, \quad (3)$$

С помощью выражения (3), получили зависимость среднего размера пор r фильтрующего материала от диаметра фильтрующего элемента d_i , представленную на рис. 4. При этом принимали в качестве допущения, что средний размер пор равен среднему размеру частиц.

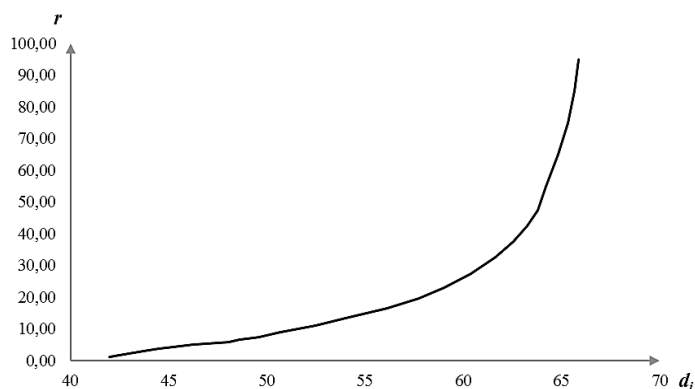


Рис. 4. График зависимости среднего размера пор фильтрующего материала от диаметра d_i

Полученная зависимость может быть использована для изготовления образцов фильтрующих элементов с дальнейшей экспериментальной проверкой адекватности выбранной методики расчета структуры фильтрующего слоя.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлен гранулометрический состав тестового загрязнителя - кварца молотого пылевидного марки Б ГОСТ 9077-82, проведен расчет структуры фильтрующего слоя, в результате получена зависимость, позволяющая рассчитать структуру фильтрующего слоя по гранулометрическому составу твердых частиц в жидкости. Предполагается, что расчет по данной методике будет обеспечивать оптимальность параметров фильтроэлемента по ресурсу.

На основании проведенного исследования можно утверждать, что продолжительность работы фильтрующих элементов будет повышаться по сравнению со стандартными элементами, это улучшит их эксплуатационные свойства, приведет к уменьшению затрат на их приобретение и замену, снизит нагрузку на окружающую среду.

Список литературы

[1] Христофорова М.И., Хролынцев А.А., Яковлева О.В. Поиск оптимальных параметров фильтрующего слоя для элементов из нетканого полимерного волокнистого материала // Научные технологии. – 2016. – Том 17. - № 5. – С.69-73.

[2] Христофорова М.И., Хролынцев А.А., Яковлева О.В. О повышении тонкости фильтрации картриджных фильтров для установок обратного осмоса // Наука, образование и инновации: сборник статей Международной научно-практической конференции. – 2016. В 4 ч. - Ч. 3. – С.70-73.

[3] Грязеёмкость фильтрующего элемента. URL: http://technical_translator_dictionary.academic.ru (дата обращения 9.10.16).

[4] Христофорова М.И., Хролынцев А.А., Яковлева О.В. Обеспечение необходимой тонкости фильтрации взвеси в профильтрованной воде перед установкой обратного осмоса // Научные технологии в приборостроении и развитии инновационной деятельности в вузе: материалы Региональной научно-технической конференции. - 2016. - Том 2. – С. 24-29.

Христофорова Мария Игоревна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: maskaApril@Yandex.ru

Хролынцев Антон Александрович - ведущий инженер-конструктор АО "Фильтр". E-mail: antonische_x@mail.ru

Яковлева Ольга Владимировна - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: yakowlewaolga24@mail.ru

Н.П. Маркелова

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБРАЗЦОВ ФИЛЬТРОВАЛЬНОЙ БУМАГИ ДЛЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ФИЛЬТРОВ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Корреляционно-регрессионный анализ взаимосвязи признаков является составной частью проводимого статистического исследования количества частиц, пропускаемых через фильтр, в зависимости от вида фильтровальной бумаги и размера частиц.

В исследовании изучается взаимосвязь между факторным признаком количества частиц до фильтрации (признак X) и результативным признаком количества частиц после фильтрации (признак Y) в зависимости от диаметра частиц и вида бумаги.

Для исследования был использован фильтровальный материал класса E11, E12, H12, H13 с диаметром частиц 0,2 мкм, 0,25 мкм, и 0,3 мкм.

1 Построение однофакторной линейной регрессионной модели связи изучаемых признаков и оценка тесноты связи на основе линейного коэффициента корреляции r .

Построение регрессионной модели заключается в нахождении аналитического выражения связи между факторным признаком X и результативным признаком Y .

На основе исходных данных (x_i, y_i) , производится расчет параметров a_0 и a_1 уравнения однофакторной линейной регрессии $\hat{y} = a_0 + a_1x$, а также вычисление ряда показателей, необходимых для проверки адекватности построенного уравнения исходным (фактическим) данным.

Рассчитанные коэффициенты a_0 и a_1 позволяют построить линейную регрессионную модель связи изучаемых признаков в виде уравнения:

- для диаметра частиц 0,2 мкм

$$\hat{y} = 28176690 - 997,599 \cdot x$$

- для диаметра частиц 0,25 мкм

$$\hat{y} = 27980409,58 - 1406,641517 \cdot x$$

- для диаметра частиц 0,3 мкм

$$\hat{y} = 111255790,9 + 1284,853036 \cdot x$$

В случае линейности функции связи для оценки тесноты связи признаков X и Y , устанавливаемой по построенной модели, используется линейный коэффициент корреляции r .

Значение коэффициента корреляции r :

- для диаметра частиц 0,2 мкм:

$$r = 0,344908 \text{ (слабая степень связи изучаемых признаков)}$$

- для диаметра частиц 0,25 мкм:
 $r = 0,483273928$ (умеренная степень связи изучаемых признаков)
- для диаметра частиц 0,3 мкм:
 $r = 0,518809096$ (заметная степень связи изучаемых признаков)

2 Определение значимости коэффициентов уравнения

Уровень значимости – это величина $\alpha = 1 - P$, где P – заданный уровень надежности (доверительная вероятность).

По умолчанию уровень надежности $P = 0,95$. Для этого уровня надежности уровень значимости равен $\alpha = 1 - 0,95 = 0,05$. Этот уровень значимости считается заданным.

- для диаметра частиц 0,2 мкм:
Для свободного члена a_0 уравнения регрессии рассчитанный уровень значимости есть $\alpha_p = 0,00000347463$. Так как он меньше заданного уровня значимости $\alpha = 0,05$, то коэффициент a_0 признается типичным. Для коэффициента регрессии a_1 рассчитанный уровень значимости есть $\alpha_p = 0,208027502$. Так как он больше заданного уровня значимости $\alpha = 0,05$, то коэффициент a_1 признается случайным.
- для диаметра частиц 0,25 мкм:
Для свободного члена a_0 уравнения регрессии рассчитанный уровень значимости есть $\alpha_p = 0,000000000544933$. Так как он меньше заданного уровня значимости $\alpha = 0,05$, то коэффициент a_0 признается типичным. Для коэффициента регрессии a_1 рассчитанный уровень значимости есть $\alpha_p = 0,068007528$. Так как он больше заданного уровня значимости $\alpha = 0,05$, то коэффициент a_1 признается случайным.
- для диаметра частиц 0,3 мкм:
Для свободного члена a_0 уравнения регрессии рассчитанный уровень значимости есть $\alpha_p = 0,000000000000133891817883237$. Так как он меньше заданного уровня значимости $\alpha = 0,05$, то коэффициент a_0 признается типичным. Для коэффициента регрессии a_1 рассчитанный уровень значимости есть $\alpha_p = 0,0475234476593554$. Так как он больше заданного уровня значимости $\alpha = 0,05$, то коэффициент a_1 признается типичным.

Сравнительная оценка полученных коэффициентов регрессии для разных диаметров бумаги 0,2, 0,25, 0,3 мкм показала, что наибольшая значимость этих коэффициентов наблюдается при диаметре бумаги 0,3 мкм, следовательно, именно данная модель регрессии будет наиболее применима и прогнозируема именно для этого диаметра бумаги.

3 Определение практической пригодности построенной регрессионной модели

Практическую пригодность построенной модели $\hat{y} = a_0 + a_1x$ можно охарактеризовать по величине линейного коэффициента корреляции r .

Пригодность построенной регрессионной модели для практического использования можно оценить и по величине индекса детерминации R^2 , показывающего, какая часть общей вариации признака Y объясняется в построенной модели вариацией фактора X .

В основе такой оценки лежит равенство $R = r$ (имеющее место для линейных моделей связи), а также шкала Чэддока, устанавливающая качественную характеристику тесноты связи в зависимости от величины r .

Согласно шкале Чэддока, высокая степень тесноты связи признаков достигается лишь при $|r| > 0,7$, т.е. при $|R| > 0,7$. Для индекса детерминации R^2 это означает выполнение неравенства $R^2 > 0,5$.

С учетом вышесказанного, практическая пригодность построенной модели связи $\hat{y} = a_0 + a_1x$ оценивается по величине R^2 следующим образом:

- неравенство $R^2 > 0,5$ позволяет считать, что построенная модель пригодна для практического применения, т.к. в ней достигается высокая степень тесноты связи признаков X и Y , при которой более 50% вариации признака Y объясняется влиянием фактора X ;
- неравенство $R^2 > 0,5$ означает, что построенная модель связи практического значения не имеет ввиду недостаточной тесноты связи между признаками X и Y , при которой менее 50% вариации признака Y объясняется влиянием фактора X , и, следовательно, фактор X влияет на вариацию Y в значительно меньшей степени, чем другие (неучтенные в модели) факторы.
- для диаметра частиц 0,2 мкм:
Значение линейного коэффициента корреляции r и значение индекса детерминации R^2 равны: $r = 0,344907775$, $R^2 = 0,118961373$. Поскольку $|r| \leq 0,7$ и $R^2 \leq 0,5$, то построенная линейная регрессионная модель связи не пригодна для практического использования.
- для диаметра частиц 0,25 мкм:
Значение линейного коэффициента корреляции r и значение индекса детерминации R^2 равны: $r = 0,483273928$, $R^2 = 0,233553689$. Поскольку $|r| \leq 0,7$ и $R^2 \leq 0,5$, то построенная линейная регрессионная модель связи не пригодна для практического использования.
- для диаметра частиц 0,3 мкм:
Значение линейного коэффициента корреляции r и значение индекса детерминации R^2 равны: $r = 0,5188$, $R^2 = 0,269162878529336$. Поскольку $|r| \leq 0,7$ и $R^2 \leq 0,5$, то построенная линейная регрессионная модель связи не пригодна для практического использования.

4 Общая оценка адекватности регрессионной модели по F-критерию Фишера

Адекватность построенной регрессионной модели фактическим данным (x_i, y_i) устанавливается по критерию Р.Фишера, оценивающему статистическую значимость (неслучайность) индекса детерминации R^2 .

Вывод:

- для диаметра частиц 0,2 мкм:
Рассчитанный уровень значимости α_p индекса детерминации R^2 есть $\alpha_p = 0,208027502$. Так как он больше заданного уровня значимости $\alpha = 0,05$, то значение R^2 признается случайным и модель связи между признаками X и Y не применима для генеральной совокупности всех испытаний с диаметром частиц 0,2 мкм в целом.
- для диаметра частиц 0,25 мкм:
Рассчитанный уровень значимости α_p индекса детерминации R^2 есть $\alpha_p = 0,068007528$. Так как он больше заданного уровня значимости $\alpha = 0,05$, то значение R^2 признается случайным и модель связи между признаками X и Y не применима для генеральной совокупности всех испытаний с диаметром частиц 0,25 мкм в целом.
- для диаметра частиц 0,3 мкм:
Рассчитанный уровень значимости α_p индекса детерминации R^2 есть $\alpha_p = 0,0475234476593556$. Так как он меньше заданного уровня значимости $\alpha = 0,05$, то значение R^2 признается типичным и модель связи между признаками X и Y применима для генеральной совокупности всех испытаний с диаметром частиц 0,3 мкм в целом.

5 Оценка погрешности регрессионной модели

Погрешность регрессионной модели можно оценить по величине стандартной ошибки σ_ε построенного линейного уравнения регрессии $\hat{y} = a_0 + a_1x$. Величина ошибки σ_ε оценивается как среднее квадратическое отклонение по совокупности отклонений $(y_i - \hat{y}_i)$ исходных (фактических) значений y_i признака Y от его теоретических значений \hat{y}_i , рассчитанных по построенной модели.

Погрешность регрессионной модели выражается в процентах и рассчитывается как величина $\frac{\sigma_\varepsilon}{\bar{y}} \cdot 100$.

В адекватных моделях погрешность не должна превышать 12%-15%.

Значение σ_ε приводится в выходной таблице "Регрессионная статистика" (термин "Стандартная ошибка"), значение \bar{y} для частиц диаметром 0,2 мкм равно 23781333, для частиц диаметром 0,25 мкм - 24787333,3, для частиц диаметром 0,3 мкм - 119653333.

Вывод:

- для диаметра частиц 0,2 мкм:

Погрешность линейной регрессионной модели составляет $\frac{\sigma_{\varepsilon}}{y} \cdot 100 = \frac{12228285}{23781333} \cdot 100 = 51,42\%$, что не подтверждает адекватность по-

строенной модели $\hat{y} = 28176690 - 997,599 \cdot x$

- для диаметра частиц 0,25 мкм

Погрешность линейной регрессионной модели составляет $\frac{\sigma_{\varepsilon}}{y} \cdot 100 = \frac{5166049,453}{24787333,3} \cdot 100 = 20,8\%$, что не подтверждает адекватность по-

строенной модели $\hat{y} = 27980409,58 - 1406,641517 \cdot x$

- для диаметра частиц 0,3 мкм

Погрешность линейной регрессионной модели составляет $\frac{\sigma_{\varepsilon}}{y} \cdot 100 = \frac{13140673,08}{119653333} \cdot 100 = 10,9\%$, что подтверждает адекватность по-

строенной модели $\hat{y} = 111255790,9 + 1284,853036 \cdot x$

Список литературы

[1] *ГОСТ Р ИСО 14644-1-2000*. Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Ч 1. Классификация чистоты воздуха. Госстандарт России, 2000.

[2] *ГОСТ Р 51251-99*. Фильтры очистки воздуха. Классификация. Маркировка. М. 1999 г.

[3] *ГОСТ Р ЕН 1822 – 1 – 2010*. Высокоэффективные фильтры очистки воздуха ЕРА, НЕРА И ULPA. 2010 г.

[4] *Басманов П.И., Кириченко В.Н., Филатов Ю.Н., Юров Ю.Л.* Высокоэффективная очистка газов от аэрозолей фильтрами Петрянова. М.: 2002. - 193 с.

[5] *Игнатенко Г.К., Сдельникова И.А.* Статистическая оценка данных экологического мониторинга с применением EXCEL. М.: МИФИ, 2010. – 38 с.

Маркелова Надежда Петровна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: nadya.marckelova2016@yandex.ru

Е.В. Попова, Е.О. Карева

УТИЛИЗАЦИЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ В ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОМ РЕАКТОРЕ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Проблема утилизации и обезвреживания твердых коммунальных отходов (ТКО) является одной из наиболее актуальных мировых проблем в области охраны окружающей среды.

Пароплазменная газификация ТКО может быть использована для решения широкого круга задач, в том числе для переработки 98% любых видов отходов. В ее основу положен высокотемпературный пиролиз (900-1050°С), позволяющий достичь максимальных показателей выхода пиролизных газов, а дальнейшее повышение температуры до 1200° С и выше, дает возможность получения синтез-газа с минимальным содержанием жидких фракций и вредных примесей [1].

Процесс плазменной газификации осуществляют в реакторе типа вертикальной шахтной печи, куда сверху загружают отходы, а противотоком подают газифицирующий агент – пар с температурой 60-80°С [2]. В плазмохимических реакторах достижение высоких температур обеспечивается использованием безынерционного нагревательного элемента – электрической дуги. Мощность и плотность тепловой энергии в дуге позволяют создавать в реакторе среду определенного химического состава и вести химические процессы с высокой производительностью [3].

Основные материальные и энергетические потоки в реакторе показаны на рисунке 1. В реактор подаются потоки ТКО и агента газификации, в качестве которого используется водяной пар. Теплота, выделяющаяся при газификации ТКО, расходуется на осуществление процессов сушки, пиролиза и газификации, причем в зоне окисления происходит передача теплоты от раскаленных частиц ТКО к газам, а в зонах сушки, пиролиза и газификации происходят физические и химические процессы за счет теплоты нагретых газов. Кроме того осуществляется передача теплоты между отдельными частицами и зонами путем теплообмена излучением. Часть теплоты отводится через стенки реактора в окружающую среду.

Основные реакции, происходящие при термическом разложении ТКО – реакции взаимодействия углерода и его окислов с кислородом, водородом и водяным паром, т.к. именно они определяют энергетику и состав основных продуктов газификации.

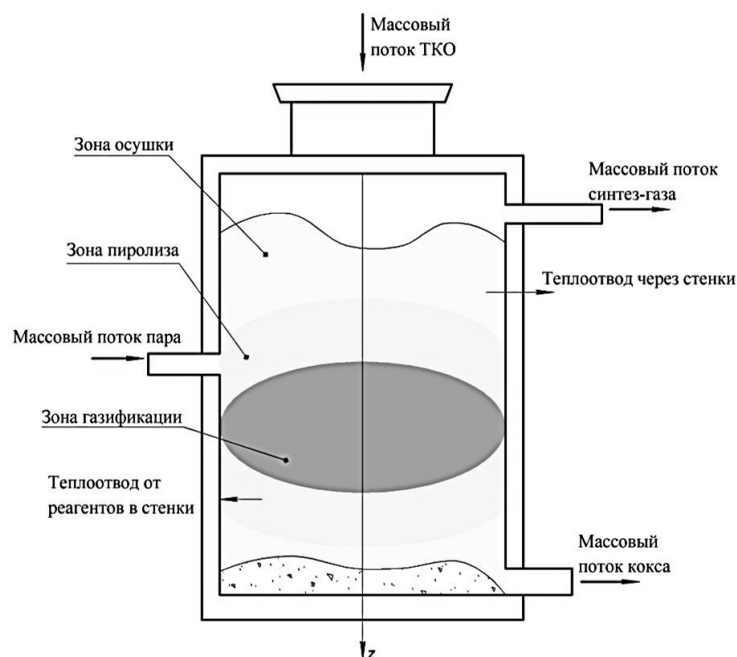


Рис. 1 Схема материальных и энергетических потоков в реакторе

В результате реакций углерод ТКО превращается в зоне газификации в CO и CO_2 , а в продуктах взаимодействия водяного пара с углеродом всегда присутствуют такие составляющие, как H_2 , CO , CO_2 и H_2O .

Для анализа и расчета экономической эффективности установки плазменной газификации ТКО были приняты следующие условия:

- в г. Калуге, согласно имеющимся данным, образуется широкий спектр отходов производства и потребления, различных видов и всех классов опасности. В среднем, на 343 предприятиях города Калуги, в течение календарного года образовывается 932867,18 тонн опасных отходов, представленных 391 видом отходов согласно Федеральному классификационному каталогу отходов (Приказ МПР России № 786 от 02.12.2002 г.) [4];
- установка плазменной газификации ТКО оснащается современным оборудованием, при этом мощность рассчитывается с учетом потерь по передаче энергии;
- стоимость, перерабатывающего отходы, комплекса на 40 тыс. тонн сырья (мини-ТЭЦ на 3,3 МВт) составляет 2,6 тыс. долларов США за 1 кВт установленной мощности [5];
- стоимость текущего обслуживания оборудования определяется из расчета заработной платы для 15 сотрудников. Заработная плата принята в размере 35000 руб;
- коэффициент дисконтирования принят равным 8%;
- продажа производимой энергии принята из расчета 4,0 руб/кВт·ч;
- переработка промышленных и бытовых отходов составляет 40000 тонн в год;
- мощность установки по выработке электроэнергии – 3,3 МВт;

- расчетное число часов работы исследуемой установки составляет 7500 часов в год; тариф на захоронение отходов, включая НДС, составляет 47,08 руб./куб. м [4].

Результаты, проведенных вычислений, а также эксплуатационных и экономических показателей установки представлены в таблице 1.

Таблица 1. Экономические показатели установки плазменной газификации ТКО производительностью 40000 т/год

Наименование показателей	Размерность	Значение
Количество обслуживающего персонала	чел	15
Средняя ставка месячной оплаты труда	руб	35000,0
Заработная плата сотрудников с начислениями	тыс. руб/год	7749,0
Стоимость 1 кВт · ч электроэнергии	руб	4,0
Капитальные затраты	тыс.руб	559700,0
Цены реализации вторсырья [6]:		
макулатуры	руб/кг	2,0
черных металлов	руб/кг	5,0
цветных металлов	руб/кг	15,0
стекла	руб/кг	0,5
КПД по выработке электроэнергии	%	38,0
Номинальная электрическая мощность	МВт	3,3
Годовая выручка от реализации электроэнергии	тыс. руб	99000,0
Годовая выручка от реализации вторсырья	тыс. руб	34561,0
Предотвращенные платежи и затраты (за образование и захоронение отходов)	тыс. руб	28910,0
Норма дисконта	%	8,0
Срок окупаемости	год	4,6

Показатели эффективности инвестиций рассчитывались по дисконтированным потокам наличности и дисконтированным потокам выплат денежных средств по методике, изложенной в «Методических рекомендациях, по оценке эффективности инвестиционных проектов» [7].

Предотвращенные платежи и затраты за образование и захоронение отходов определялись в соответствии с методиками, утвержденными Постановлением Правительства РФ от 12 июня 2003 г. №344 [8].

Таким образом, производство электроэнергии с применением альтернативных видов топлива при использовании технологии утилизации ТКО на основе процесса пароплазменной газификации позволит: получить значительный эколого-экономический эффект, использовать наиболее дешевые и высокоэффективные виды энергогенерирующего оборудования, а также оптимизировать потребление природных ресурсов.

Список литературы

[1] Морозенко М.И., Кусачева С.А., Черняев С.И. Оценка технико-экономических показателей технологии пароплазменной газификации твердых коммунальных отходов, а также отходов производства и потребления // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 6 (часть 1). – С. 60-64.

[2] Михайлов Б.И. Электродуговые плазмохимические реакторы раздельного, совмещенного и раздельно-совмещенного типов // Теплофизика и аэромеханика, 2010. – том 17. – № 3. – С. 425-440.

[3] Пушкарев А.И., Ремнев Г.Е. Прикладная плазмохимия. – Томск: Изд-во ТПУ. – 2011. – 255 с.

[4] Состояние и охрана окружающей среды в Калуге: Сборник материалов. Калуга: Изд-во ООО фирма «Экоаналитика». – 2015. – 76 с.

[5] Технология пароплазменной газификации. ООО «НИК «РусЭко-Энерго» [Электронный ресурс]. URL:<http://www.rusecoil> (дата обращения 14.09.16).

[6] Прием лома цветных и черных металлов. Компания ТД Пионер [Электронный ресурс]. URL:<http://www.lom-trade.ru/chernyj-metall/ceni-na-chernyj-metall> (дата обращения 24.09.16).

[7] Методические рекомендации, по оценке эффективности инвестиционных проектов. – М.: Экономика, 2000. – 421 с.

[8] Постановление Правительства РФ от 12 июня 2003 г. №344. «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сброса загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные источники, размещение отходов производства и потребления».

Попова Елизавета Владимировна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kareva_zhenya1994@mail.ru

Карева Евгения Олеговна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: elis-afff@yandex.ru

СЕКЦИЯ 7.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНО – ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ И КОМПЛЕКСАХ

А.Ю. Андросов, Б.П. Садковский

БЕСКОНТАКТНЫЕ СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Результатами проделанной работы в создании альтернативных источников электроэнергии в автомобильной индустрии в приоритетном отношении являются: создание литий-ионных, серебряно-цинковых, алюминиевых батарей, магниевых батарей, магниевых графеновых аккумуляторов, металло-воздушных батарей с вариативной металлической базой накопления заряда, а также системы проточного аккумулирования электроэнергии.

Итоговые разработки на данный момент активно используются автомобильными концернами «Ford», «Audi», «Tesla Motors», «Renault», производя в частности не только концептуальный автотранспорт, но и ежедневные автомобили бюджетного плана. Таким образом, актуальным становится вопрос о виде и о способе зарядки электро-аккумулирующих систем. Широко используемым видом возобновления электрической энергии батарей являются зарядные станции для электромобилей. Такие станции, безусловно, являются лидерами в видении восстановления заряда после его истощения в системе аккумулирования, но далеко не последними. Минус таких энергопунктов – их стационарность и недоступность в критических ситуациях истощения движущей энергии электротранспорта.

Решением данной проблемы может стать внедрение внеконтактной зарядки автотранспорта путем применения беспроводных зарядных станций, работа которых основана на следующем принципе (рисунок 1):

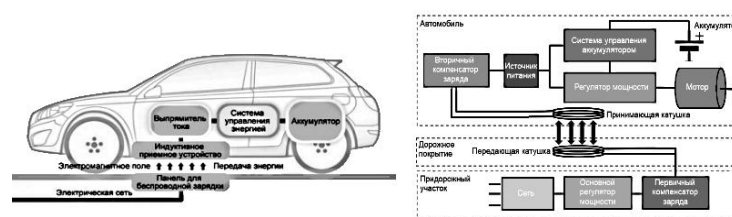


Рис. 1. Принципиальная схема беспроводной зарядной станции

Электрический ток в момент движения его по проволоке катушки-ретранслятора (панели для беспроводной зарядки) возбуждает электромагнитное поле. Полученное таким образом поле является непосредственным транспортировщиком электроэнергии от одной катушки-передатчика, находящегося на земле или же смонтированной под грунтом поверхности, к другой, т.е. катушке-приемнику (индуктивное приемное устройство), размещенной в нижней части автомобиля без какого-либо физического соединения. После протекания приведенных процессов электроэнергия,

пройдя через выпрямитель тока, запасается непосредственно в батарее благодаря системе управления энергией. В настоящее время технологии беспроводной зарядки электрокара мощностью 50 кВт позволяет в полной мере восполнить заряд аккумулятора в течение 2,5 часов.

Данная инновационная система зарядки может быть совершенно независима от исполнительно-ходовой автоматики автомобиля. Таким образом, проблемы потери тока и короткие замыкания совершенно исключены. Также отсутствует проблема неудобства работы с кабелями, к тому же данный блок беспроводной зарядки способен поддерживать заряд аккумуляторных систем в самой экстремальной ситуации, либо попросту в месте парковки. Вдобавок ко всему используемые магнитные поля высокой частоты в качестве транспортировки энергии, передающиеся через воздушный зазор порядка 160 мм, сконцентрированы и экранированы от воздействия на них инородных полей-утечек, которые стремительно затухают на уровнях меньших предельно допустимых значений в общественных зонах.

Основополагающей деталью дистанционных зарядных станций является применение радиосвязующего взаимодействия в канале обратной связи регулятора мощности с дополненными алгоритмами программного управления. Технической задачей разработчиков является унификация автоматических систем с сохранением конструкции принимающей стороны, фиксированных настроек транслирующей катушки, а также восстановление, выборка и организация системы хранения рекуперативной энергии. На данный момент совершенствуется эффективность катушек, силовой электроники преобразователя и систем связи.

Сущность передачи энергии от транслятора к приемнику заключается в использовании резонанса электромагнитного поля индуктивным способом. Последние показатели исследований засвидетельствовали, что передача электроэнергии мощностью 10 кВт через воздушную прослойку на расстоянии 160 мм типа «dc-to-dc» составляет потери лишь 5% от общего количества. При передаче энергии от катушки к катушке «coil-to-coil», эффективность составляет 90%, а при передаче типа «end-to-end» до 85 %, что свидетельствует о высоких показателях коэффициента полезного действия системы.

На рисунке 2 продемонстрирована блок-схема исходной системы бесконтактной транспортировки электроэнергии.

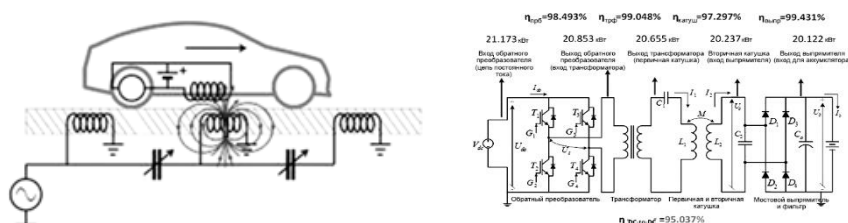


Рис. 2. Блок-схема системы бесконтактной транспортировки электроэнергии

Представленная конструкция беспроводной передачи заряда состоит из конденсатора, первичного выпрямителя, выполняющего коррекцию коэффициента мощности одновременно преобразователя и трансформатора энергии, а также первичной катушки. Вторичная принимающая катушка, располагающаяся в корпусе электромобиля, включает в себя подстроечный конденсатор, высокочастотный диодный выпрямитель и конденсатор, являющийся фильтром системы.

В роли активного выпрямителя с коррекцией коэффициента мощности (рисунок 3) задействована лишь левая его часть, правая же используется в качестве диода. Данная конструкция форсирует пиковые значения напряжения до 8-10 раз.

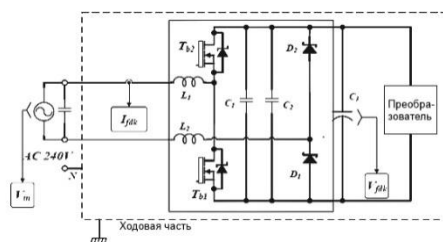


Рис. 3. Блок-схема активного выпрямителя тока

Принцип действия электромагнитных катушек базируется на векторной интерпретации магнитного потенциала в определенной точке поля, возбужденного протеканием первичного тока в первичной катушке (рисунок 4).

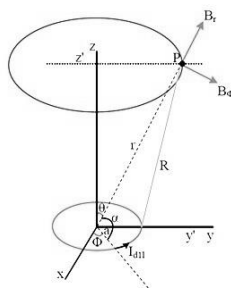


Рис. 4. Векторная иллюстрация возбужденного электромагнитного поля

Для принимающей и транслирующей катушек с радиусами a , являющихся сечением проводника и имеющих расстояние между катушками z , радиус вектор от первичной катушки до точки поля будет равен:

$$r = \sqrt{a^2 + z^2}. \quad (1)$$

В точке поля P вектор магнитного потенциала \vec{V}_Φ зависит от исходного радиуса первичной катушки, полного тока, угла поднятия витка θ и обратной квадрату расстояние величине между катушками.

Несмотря на эти зависимости, плотность потока $B = f(r; \theta)$ и полный поток энергии Φ воспринимающей катушки имеют непосредственное отношение к производительности зарядной установки и могут быть определены по формуле:

$$B(r; \theta) = r\mu_0 N_1 I_1 a_1 (\cos \theta + \sin \theta). \quad (2)$$

где: μ_0 – коэффициент мощности;

N_1 – первичное возбуждение в транслирующей катушке;

I_1 – сила тока в транслирующей катушке.

Нагрузочные параметры, а именно качественная и количественная характеристика заряда батареи электромобиля и постоянства потокосцепления между транслятором и приемником определяется частотным откликом системы беспроводной зарядной установки. Итоговое значение мощности полученной от приемника электроэнергии устанавливается частотой переключения усилителя заряда и рабочим циклом входного напряжения. Данная зависимость выражается следующим образом:

$$U_1(t) = \frac{4U_{do}}{\pi} \sin\left(\frac{d\pi}{2}\right) \cos(\omega t). \quad (3)$$

где: U_1 – напряжение в транслирующей катушке;

U_{do} – напряжение постоянного тока на усилителе заряда;

d – коэффициент заполнения импульсов;

ω – угловая частота.

Чаще всего напряжение усилителя заряда регулируется через цепь постоянного тока с помощью активного выпрямителя. Конечной целью является достижение наилучших эксплуатационных показателей с точки зрения мощности и эффективности при изменении частоты данного усилителя.

Таковы основополагающие конструктивные и электромеханические зависимости беспроводных зарядных устройств в передаче электроэнергии от сетевого обеспечения к конечной цели – системе аккумулирования электроэнергии электромобиля, предполагающие наилучшую на данный момент эффективность. Последними разработками инженеров автомобилестроения стали несколько вариантов таких конструкций.

Бесконтактная зарядная станция «WiTricity» создана для восстановления заряда путем транспортировки электроэнергии, задействуя переменное магнитное влияние с помощью резонатора, возбуждающего магнитное поле в диапазоне 300 кГц до 20 МГц. Бесконтактная доставка электроэнергии производится передатчиком, монтируемым в напольном сооружении; за восприятие отвечает приемник, установленный непосредственно в электротранспорте.

Следующее дистанционное зарядное устройство «Plugless Power» представляется похожим вариантом исполнения зарядки электромобиля, которая включает в себя несколько основополагающих элементов: приемник, преобразователь и сетевой адаптер. Данная система осуществляет цикл восполнения энергии по близкому, но альтернативному принципу путем непосредственного подключения преобразователя к сети, генерируя электрический ток с заданным напряжением и частотой.

Последний вариант зарядной установки «Wireless Electric Vehicle Charging» («WEVC») аналогично базируется на применении варианта возбуждения электроэнергии переменного магнитного поля. Отличием от конкури-

рующих систем стало размещение сетевого адаптера не только в плоскости поверхности, но и непосредственно в грунте опорной площадки. Приемная же катушка, как и свойственно, располагается на борту транспортного средства.

В настоящее время в Великобритании под активным влиянием компании «Highways England» запущен проект по строительству дорожного покрытия со встроенными беспроводными зарядными устройствами, которые дадут возможность зарядки электротранспорта, оснащенного всем необходимым техническим оборудованием, в момент его движения от придорожного энергоснабжения. Данный проект, учитывая успех беспроводной зарядной станции в стационарной эксплуатации, является началом масштабного практического применения технологии беспроводного аккумулирования электроэнергии. Активные действия по внедрению данной системы стали результатом экономического анализа выгодности реализации идеи с учетом проблем, связанных со стандартизацией разработанного оборудования. Приведенные разработки являются лишь началом инновационной деятельности, и в случае успеха кампании будет расширена сеть подобных дорог, базирующихся на максимальном расстоянии 25 километров друг от друга. Тестирование дорог завершится сразу после их строительства, что покажет целесообразность данной идеи, либо выявит ее локальные недостатки, требующие непосредственного решения.

В итоге, данная инновационная технология, решающая проблему длительности эксплуатации электротранспорта, преодолела основные препятствующие барьеры – экономический, технический и стандартизационный, что позволяет задуматься о приоритете использования электротехнического транспорта в качестве альтернативного.

Список литературы

[1] *Андросов А.Ю., Садковский Б.П.* Двигатель будущего// Материалы всероссийской научно-технической конференции «Наукоемкие технологии в приборо- и машиностроении и развитие инновационной деятельности в вузе». Т.3. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. – С. 93 – 97.

[2] *Андросов А.Ю., Садковский Б.П.* Современный способ увеличения емкости источников электроэнергии // Материалы региональной научно-технической конференции «Наукоемкие технологии в приборо- и машиностроении и развитие инновационной деятельности в вузе». Т.2. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – С. 47 – 51.

[3] *Андросов А.Ю., Садковский Б.П.* Конструктивные методы модернизации источников электроэнергии // Материалы региональной научно-технической конференции «Наукоемкие технологии в приборо- и машиностроении и развитие инновационной деятельности в вузе». Т.2. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. – С. 65 – 69.

Андросов Алексей Юрьевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: armogen99@gmail.com

Садковский Борис Петрович - д-р техн. наук, профессор КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: bsadk@yandex.ru

Н.П. Кодинцев, А.Д. Серов, В.А. Богов

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭФФЕКТА МЯЧА ДЛЯ ГОЛЬФА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АВТОМОБИЛЯ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Известно, что воздух, обтекающий шероховатую поверхность, приобретает дополнительную устойчивость и гораздо позже переходит к турбулентности, чем в случае гладкой поверхности.

Любое тело, движущееся сквозь жидкость или газ, испытывает сопротивление среды. Такая сила сопротивления затрудняет движение, и поэтому физики пытаются использовать все возможные способы, чтобы уменьшить это сопротивление.

При очень высоких скоростях развивается сильная турбулентность — бурная завихренность жидкости или газа позади тела, — которая тоже тормозит движение, причем гораздо сильнее, чем при плавном обтекании [1]. Методы борьбы с ней различны, например, с помощью технологии используемой в мячах для гольфа.

Как видно из рисунка 1, поверхность мяча покрыта большим количеством углублений, которые при обтекании мяча создают минивихри, сокращая величину турбулентного следа позади мяча, тем самым уменьшая его аэродинамическое сопротивление и увеличивая дальность полета.



Рис. 1. Мяч для гольфа

Экспериментально данный эффект был подтвержден путем помещения двух образцов мячей: гладкого и покрытого углублениями, в аэродинамическую трубу и обдуванием их потоком воздуха. Наглядные результаты представлены на рисунке 2 [2].

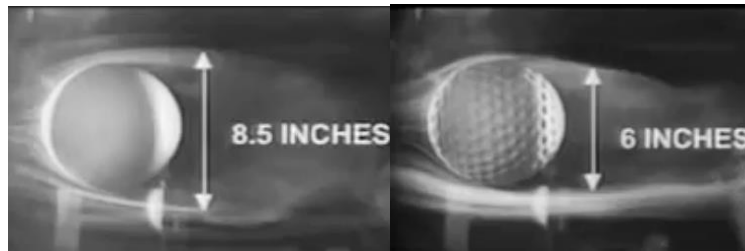


Рис. 2. Обтекание потоком воздуха гладкого мяча и мяча с углублениями

Как видно из рисунка, турбулентный след на втором образце меньше, следовательно, аэродинамические свойства лучше, и мяч будет преодолевать большее расстояние. Выигрыш в расстоянии, выявленный опытным путем, составляет более 30 процентов.

Теоретически, данное аэродинамическое явление можно применить в автомобилестроении, изготовив кузов автомобиля по изложенному выше, принципу, что улучшит его аэродинамические характеристики и, следовательно, уменьшит расход топлива.

Не так давно, были произведены попытки нанесения на машины специальной пленки со схожим рельефом для уменьшения сопротивления набегающих потоков. После многочисленных экспериментов пришли к выводу, что главное – это коэффициент лобового сечения и правильное распределение потоков в кузовных полостях. Зона срыва набегающего потока отодвигалась к корме машины, что приводило к уменьшению турбулентного следа позади машины. Поскольку уменьшение было незначительным, технология не оправдала себя.

В данном же контексте предлагается, не просто наклеить пленку с малым эффектом, а нанести углубления на сам кузов автомобиля в масштабе пропорциональном углублениям мяча для гольфа, чтобы резко уменьшить показатели аэродинамического сопротивления и тем самым сократить расход топлива при движении автомобиля.

Стендовые испытания уменьшенной модели автомобиля с кузовом, изготовленным по вышеописанной технологии, показали, что зона турбулентного следа стала значительно меньше, чем у автомобиля с гладким кузовом (рис. 3, 4) [2].

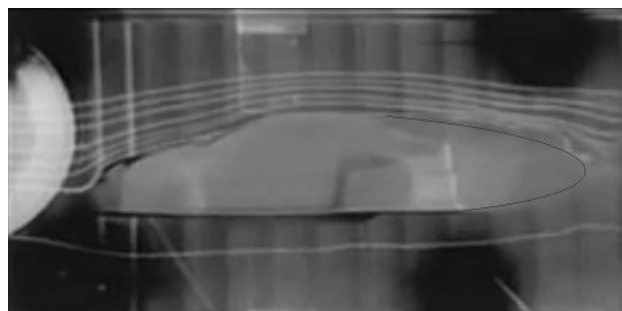


Рис. 3. Модель автомобиля с гладким кузовом

Для наглядности на рисунках, изображающих движения потока воздуха, утолщенными линиями показаны примерные границы турбулентного следа. Это дает основание предполагать, что автомобиль с ячеистым покрытием будет более эффективно использовать топливо.

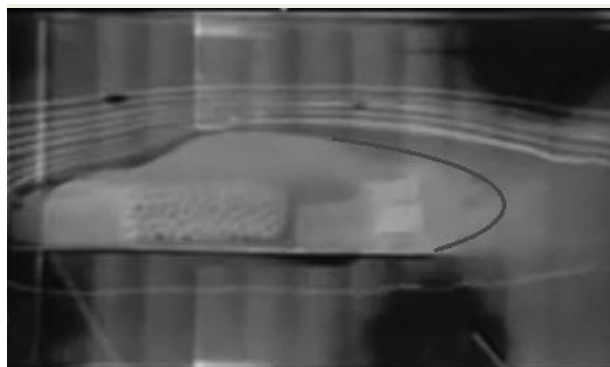


Рис. 4. Модель автомобиля с ячеистым покрытием

После лабораторных испытаний был изготовлен опытный автомобиль с ячеистым покрытием (рис. 5), на котором проводились испытания эффективности использования топлива.



Рис. 5. Опытный автомобиль с ячеистым покрытием

Испытания проводились на скорости 110 км/ч. После серии экспериментов выяснилось, что автомобиль с гладким покрытием расходует 1 литр топлива на 10,56 км пробега, а автомобиль с ячеистым покрытием – 1 литр на 11,9 км. Таким образом, расход топлива уменьшился более чем на 11 процентов.

В заключении следует отметить, что данный эффект требует более детального изучения. Так как эксперименты были проведены без расчетов глубины, расположения и формы ячеек, то при более детальном анализе можно добиться и более лучших показателей.

Список использованных источников

[1] Элементы большой науки. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elementy.ru/news/430137> (дата обращения 11.10.2016).

[2] MythBusters [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.discovery.com/tv-shows/mythbusters/videos/dirty-vs-clean-car/> (дата обращения 11.10.2016)

Кодинцев Николай Павлович - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: knp-kaluga@yandex.ru

Серов Андрей Дмитриевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: andrej.seroff@gmail.com

Богов Виктор Алексеевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: bogov.viktor@yandex.ru

А.И. Пономарев, С.В. Попадько

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ СОТОВО-РАДИАЛЬНЫХ БЕЗВОЗДУШНЫХ ШИН В КОЛЕСНЫХ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

В настоящее время разрабатывается безвоздушная или безпневматическая шина, хотя этот прототип все еще дорабатывается, уже сейчас возможны различные варианты конструкций. Развитием данного направления занимаются многие известные бренды производителей шин. Технология безвоздушных шин Bridgestone имеет уникальную структуру спиц, предназначенных для поддержки веса транспортного средства, убирая необходимость периодически наполнять шины воздухом.

Впервые безвоздушные шины были показаны в 2005 году компанией Michelin, обладающие в отличие от прототипа улучшенной грузоподъемностью, технологичностью и экологичностью. Найти способ, чтобы избежать захвата мусора спицами при езде, разработать лучший способ распределения веса, а также последовательной передачи нагрузки – основные проблемы нового изобретения [3]. Требование идти в ногу с прогрессом в промышленности предполагает, что такие шины будут востребованы и совершенствование их конструкции и технологии их изготовления – основная задача производителей.

В настоящее время большинство безвоздушных шин на рынке сделаны из твердой резины или пластмассы [1]. При наезде на острый предмет на дороге шина не теряет своих функций по причине прокола.

Так как повредить такую шину довольно сложно, то наличие запасного колеса не имеет смысла, что позволит освободить место под более полезные вещи в автомобиле или другом транспортном средстве.

Жесткость данных шин в 5-6 раз превышает аналоги в сегменте шин с воздухом, что позволяет улучшить управляемость.

Для данного типа шин есть лишь несколько недостатков:

- проблема очистки шины от грязи и снега;
- проблема преодоления сложных участков дороги (песчаные ловушки и рыхлый грунт);
- при смене дорожного покрытия желательна смена комплекта шин.
- высокий уровень шума и перегрев на высоких скоростях [2].

Если некоторые проблемы уже находят свои решения в обновленных вариантах безвоздушных шин, то устранить или уменьшить перегрев и вибрации, исходящие при движении на скоростях выше 80 км/ч, пока не удастся. Существующие конструкции бескамерных шин имеют в основном радиальные полиуретановые спицы, которые мягче реагируют на дорожные препятствия, но сильно уступают по уровню шума и очистке колес от грязи и снега.

Предлагается использовать разделение сотовой конструкции на сектора (рис. 1), размеры которых будут совпадать с участками касания дороги и встречающихся на ней препятствий (камней, мусора, бордюров, ям), а также сделать соты более мелкими. Уменьшенные соты позволят охлаждению при таком варианте конструкции быть более интенсивным. Разделение на сектора даст увеличенную жесткость при наезде на крупное препятствие, в то время как соты дадут необходимую мягкость для снижения вибраций, передаваемых на кузов.

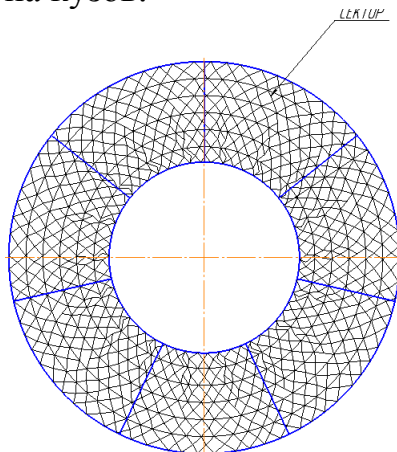


Рис. 1. Схема секторного разделения бескамерной шины

Основной источник вибраций в автомобиле – шины, именно они передают их на кузов во время езды, а в бескамерных шинах данной конструкции за счет сот возможно уменьшение этих вибраций, благодаря улучшенной мягкости. Радиальные спицы уменьшат недостаток жесткости, что позволит компенсировать мягкость при наезде на препятствие. К тому же применение более мелких сот позволит улучшить охлаждение за счет увеличенной поверхности контакта с воздухом внутри шины.

В результате анализа данной конструкции и перспективности использования безвоздушных шин в целом, можно сделать вывод об актуальности ее применения в автомобильной промышленности, а также предположить, что некоторые адаптированные варианты найдут применение в велосипедах, квадроциклах и мотоциклах.

Список использованных источников

[1] Безвоздушные шины. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://magmens.com/tech/784-bezvozdushnye-shiny/>

[2] Безвоздушные шины: конструкция, преимущества, недостатки. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://krossovery.info/bezvozdushnye-shiny-konstrukciya-preimushhestva-nedostatki-ceny/> (дата обращения 5.10.2016).

[3] Airless Tires. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.energyreturnwheel.com/> (дата обращения 06.10.2016).

Пономарев Алексей Иванович - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: apon2005@yandex.ru

Попадько Сергей Владимирович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: DireAtronax@yandex.ru

С.А. Плахов, С.А. Селькин, И.А. Мусимова

К ВОПРОСУ ОБ УСТАНОВКЕ САМОБЛОКИРУЮЩЕГОСЯ МЕЖКОЛЕСНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛА НА АВТОМОБИЛЬ VOLKSWAGEN GOLF 7

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Важной особенностью принципа работы обычного дифференциала является то, что при пробуксовке одного колеса на другое передается крутящий момент, недостаточный для движения. Поэтому блокировка дифференциала главным образом предназначена для увеличения крутящего момента на колесе с лучшим сцеплением.

Для того чтобы произвести блокировку дифференциала нужно выполнить одну из следующих задач:

- ограничить вращение сателлитов;
- соединить одну из полуосей с корпусом дифференциала.

Блокировка дифференциала осуществляется как принудительно, по команде водителя, так и автоматически, с помощью самоблокирующихся дифференциалов. Принудительная блокировка в основном применяется в полноприводных автомобилях.

Самоблокирующийся дифференциал (*дифференциал повышенного трения*) является компромиссом между свободным дифференциалом и полной блокировкой дифференциала, так как реализует возможности и того и другого.

Существуют следующие виды самоблокирующихся дифференциалов:

- дисковый дифференциал;
- дифференциал с вязкостной муфтой;
- электронная блокировка дифференциала;
- червячный дифференциал.

1. Дисковый дифференциал. Представляет собой симметричный дифференциал, в который добавлены один или два пакета фрикционных дисков. Часть фрикционных дисков жестко связана с корпусом дифференциала, другая часть – с полуосью (рис. 1) [1].

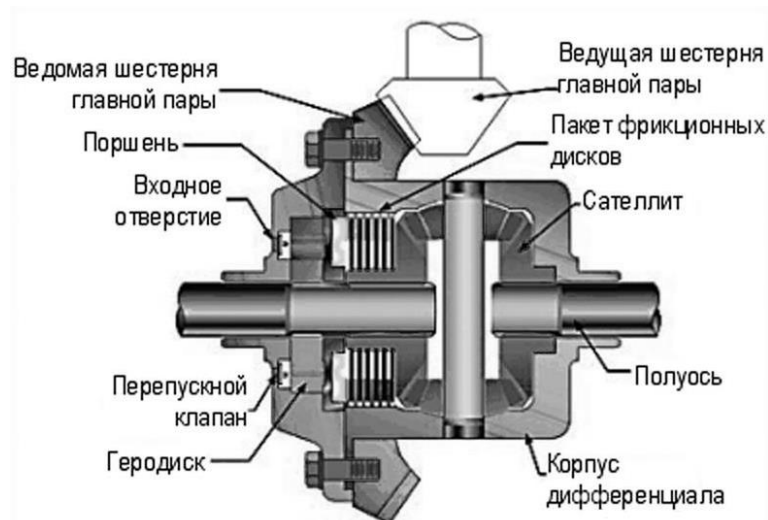


Рис. 1. Дисковый дифференциал

Достоинством дифференциала дискового типа является то, что при возникновении вследствие разности вращения полуосей сил трения достигается частичная блокировка дифференциала.

К недостаткам относят:

- небольшой срок службы фрикционных дисков;
- применение специального трансмиссионного масла;
- ухудшение управляемости;
- увеличенный расход топлива.

2. Дифференциал с вязкостной муфтой. Представляет собой набор близко расположенных друг к другу перфорированных дисков, часть из которых жестко соединяется с корпусом дифференциала, другая часть – с приводным валом. Диски помещены в герметичный корпус, заполненный силиконовой жидкостью высокой вязкости (рис. 2) [1].

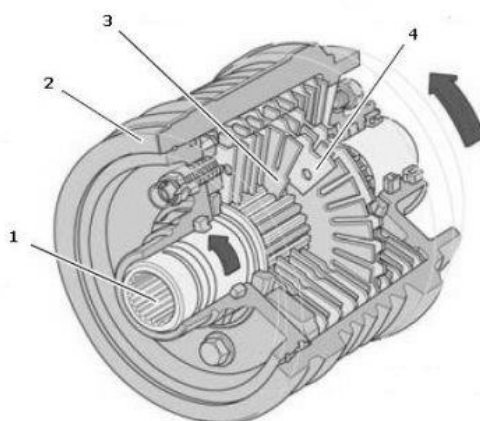


Рис. 2. Схема вязкостной муфты:

1- ведомая ступица; 2- корпус муфты; 3- ведомый диск; 4- ведущий диск

При увеличении скорости вращения приводного вала, соответствующая ему часть дисков начинает вращаться быстрее и перемешивает силиконовую жидкость. Жидкость твердеет, дифференциал блокируется. На другом приводном валу происходит увеличение крутящего момента. При восстановлении равенства скоростей жидкость теряет свои свойства и муфта разблокируется.

Достоинство такой конструкции заключается в простоте и дешевизне. Недостаток в том, что вискомуфта обладает инерционностью, склонна к нагреву и отказывается работать на полном бездорожье. Для установки в качестве межколесного дифференциала такая конструкция слишком громоздка.

3. Электронная блокировка дифференциала. Электронная блокировка дифференциала является функцией антипробуксовочной системы. Реализуется путем автоматического подтормаживания буксующего колеса, сопровождаемого увеличением на нем силы тяги. Соответственно на колесе с лучшим сцеплением увеличивается крутящий момент [1].

4. Червячный дифференциал. Обеспечивает автоматическую блокировку в зависимости от разности крутящих моментов на корпусе и полуоси (приводном валу). При проскальзывании колеса, сопровождаемом падением крутящего момента, червячный дифференциал блокируется и перераспределяет крутящий момент на свободное колесо. Блокировка при этом частичная, а ее степень зависит от величины падения крутящего момента.

Существует две конструкции червячных дифференциалов: **Torsen, Quaife** (рис. 3).

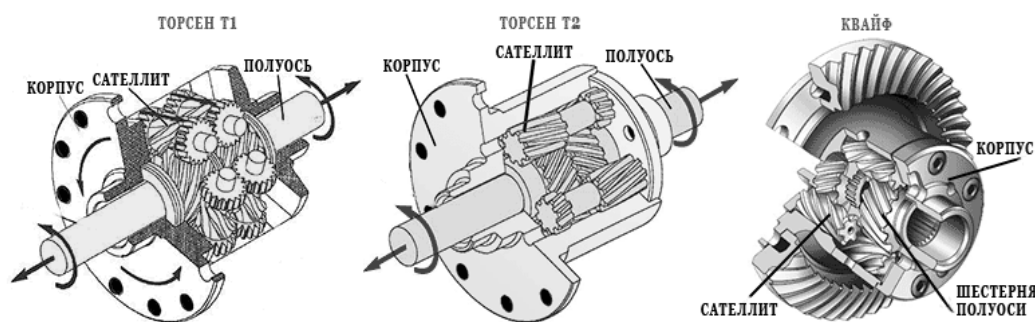


Рис. 3. Червячные дифференциалы

Конструкции данных дифференциалов представляют собой планетарный редуктор, состоящий из червячных шестерен: ведомых (полуосевых) и ведущих (сателлитов). Сателлиты могут располагаться параллельно полуосям (Quaife, Torsen Т-2) или перпендикулярно полуосям (Torsen Т-1) [1].

Червячные дифференциалы по сравнению с дисковыми отличаются большей надежностью и коэффициентом блокировки, меньше боятся пробуксовки. Однако такие дифференциалы, в отличие от дисковых и вискомуфты, совершенно беспомощны против диагонального вывешивания.

5. Анализ трансмиссии автомобиля Volkswagen Golf 7 с указанием технических характеристик двигателя и предложение по оборудованию Volkswagen самоблокирующимся дифференциалом. Volkswagen Golf 7 относится к переднеприводным автомобилям, трансмиссия которых включает в себя: коробку передач, сцепление, валы привода передних колес, шарниры равных угловых скоростей, дифференциал и главную передачу [2]. Отличительной особенностью трансмиссии переднего привода является размещение главной передачи и дифференциала непосредственно в картере коробки передач. Основные технические характеристики автомобиля Volkswagen Golf 7 приведены в таблице 1 [3].

Таблица 1. Технические характеристики двигателя Volkswagen Golf 7

Характеристика	Значение
Рабочий объем двигателя, см ³	1395
Максимальная мощность, л.с./кВт при об/мин	122 / 90 при 5000
Максимальный крутящий момент, Нм при об/мин	200 при 1500-4000
Максимальная скорость, км/ч	203
Расход топлива, л город /трасса /смешанный	6.2 / 4.3 / 5

Поскольку Volkswagen Golf 7 имеет переднеприводную трансмиссию, и расположенный в картере коробки передач дифференциал является межколесным, то предлагается установить вместо обычного червячный самоблокирующийся дифференциал типа Quaife (рис.4).

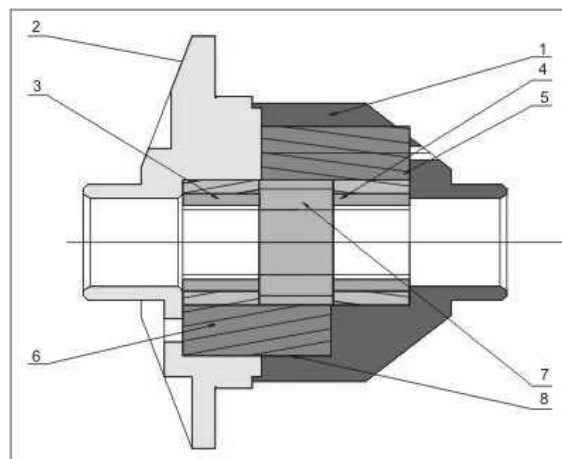
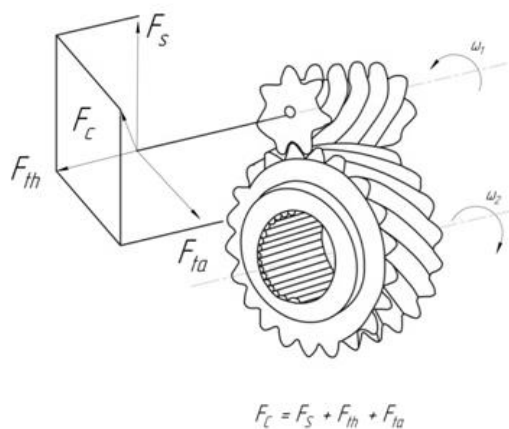


Рис. 4. Самоблокирующийся дифференциал типа «Quaife»:
1,2 – корпус; 3,4 – полуосевые шестерни; 5,6 – сателлиты;
7 – промежуточная шестерня; 8 – поверхности отверстий

Когда одно из колес (например, правое) начинает отставать, связанная с ним полуосевая шестерня 4 вращается медленнее корпуса 1 и поворачивает входящий с ней в зацепление сателлит 5. Он передает движение связанному с ним сателлиту 6 из левого ряда, а тот, в свою очередь, на левую полуосевую шестерню 3. Так обеспечиваются разные угловые скорости колес в повороте. Благодаря разности крутящих моментов на колесах в винтовом зацеплении возникают осевые и радиальные силы, прижимающие полуосевые шестерни 3, 4 и сателлиты 5, 6 торцами к корпусу 1, 2. Сателлиты 5, 6 также прижимаются к поверхности отверстий 8, в которых они расположены. За счет этого и возникают силы, осуществляющие частичную блокировку. Степень блокировки определяется соответствующим коэффициентом.

Благодаря разности крутящих моментов на колесах в винтовом зацеплении возникают осевые и радиальные силы, прижимающие полуосевые шестерни и сателлиты торцами к корпусу (рис. 5).



F_C – комбинированная сила, стремящаяся заклинить ведущую шестерню в карман (гнездо, паз);
 F_S – разделяющая сила, обусловленная углом давления;
 F_{th} – ударная (опорная) сила, обусловленная углом спирали;
 F_{ta} – тангенциальная сила между боковой шестерней и ведущей шестерней.

Рис. 5. Диаграмма сил

Последние также прижимаются вершинами зубьев к поверхности отверстий, в которых они расположены. За счет этого и возникают силы, осуществляющие частичную блокировку. Величина коэффициента блокировки зависит от угла наклона зубьев сателлитов и шестерен. Устанавливая в корпус комплекты сателлитов и шестерен с различным углом наклона зубьев, можно изменять коэффициент блокировки.

Таким образом, для автомобиля Volkswagen Golf 7 целесообразно применить самоблокирующийся дифференциал типа «Квайф», так как он недорог и легко монтируется, улучшает сцепление с дорогой и не требует от водителя дополнительных действий (кроме повышенного внимания при маневрировании). К тому же самоблокирующийся дифференциал не может передать весь крутящий момент на одно колесо и снижает вероятность поломки полуосей неопытным водителем, что может произойти при использовании дифференциала с полной блокировкой.

Список использованных источников

[1] Системы современного авто. Блокировка дифференциала [Электронный ресурс]: http://systemsauto.ru/transmission/differential_lock.html (дата обращения 11.10.2016).

[2] Трансмиссии переднеприводного автомобиля [Электронный ресурс]: <http://natalianakonechnaja.com/obshhee-ustrojstvo-transmissii/> (дата обращения 11.10.2016).

[3] Фольксваген Гольф 7 - технические характеристики [Электронный ресурс]: <http://mir-volkswagen.ru/folkswagen-golf-7-texnicheskie-xarakteristiki> (дата обращения 11.10.2016).

Плахов Сергей Александрович - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: sa.plahov@yandex.ru

Селькин Сергей Алексеевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: s.a.selkin@yandex.ru

Мусимова Ирина Александровна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: iroxnet@mail.ru

В.Н. Сидоров, С.В. Подлесных, А.А. Паршукова

К ВОПРОСУ УСТАНОВКИ РОБОТИЗИРОВАННОЙ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ С ДВОЙНЫМ СЦЕПЛЕНИЕМ И МЕХАНИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ НА АВТОМОБИЛЬ LADA PRIORA

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Для обеспечения оптимальной работы силовой установки автомобиля при различных дорожных условиях и нагрузках на автомобили устанавливаются коробки передач различных конструкций и исполнений.

Автомобили семейства Lada Priora имеют два варианта исполнения коробки переключения передач (КПП): механическая и роботизированная с обычным сухим сцеплением. Оба этих типа имеют схожий принцип прерывания мощностного потока и переключения передач. В обоих типах сцепление выключается с помощью вилки выключения сцепления и выжимного подшипника, а передачи переключаются с помощью вилки переключения и муфт с синхронизаторами. Различие заключается в типе управления переключениями т.к при механической КПП водитель вручную выбирает передачу и с помощью педали управляет сцеплением, в то время как в роботизированной КПП за все отвечает блок управления.

Недостатки штатных КПП. Несмотря на то, что механическая КПП имеет много преимуществ, таких как низкая стоимость и простота конструкции, она имеет и недостатки. Основными из них является сложность управления и необходимость выключения сцепления при переключении передач. Применение роботизированных КПП, где переключение осуществляется с помощью актуаторов, получающих сигнал с блока управления, решило проблему управления, но вместе с тем увеличило время переключения передач.

Для избавления от этих недостатков, на автомобиль Lada Priora предлагается установить КПП с одним из наиболее перспективных вариантов конструкции. Таким типом является роботизированная коробка передач с двойным сцеплением и механическим приводом, базирующаяся на обычной роботизированной КПП.

Принцип действия коробки передач с двойным сцеплением. Принцип работы такой КПП заключается в переключении передач с помощью роботизированного привода переключения, управляемого с помощью электронного блока управления, без потери потока мощности от силовой установки. На обычных КПП потеря мощности возникает из-за замыкания дисков сцепления и разрыва связи двигатель - трансмиссия. За счет такой особенности двойного сцепления, как одновременная работа двух дисков, удается избежать разрыва мощностного потока и снизить время переключения передач.

Назначение и устройство узлов коробки передач с двойным сцеплением. Рассматриваемый тип КПП предлагается использовать на автомобилях Lada Priora, модернизировав их штатную роботизированную коробку передач. Модернизированная КПП изображена на рисунке 1.

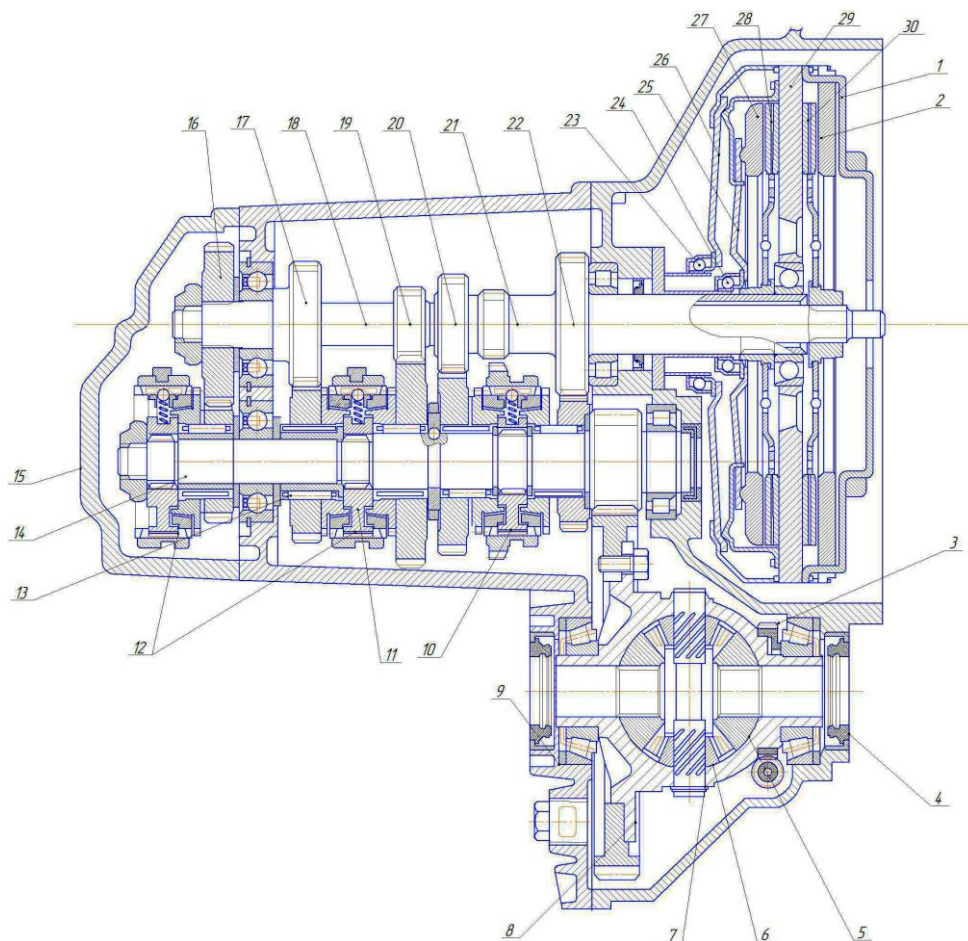


Рис. 1. Модернизированная КПП с двойным сцеплением

1 – несущее кольцо; 2 – нажимной диск нечетных передач; 3 – задающее кольцо датчика скорости; 4 – сальник привода; 5 – шестерня привода; 6 – сателлит; 7 – обойма; 8 – ведомая шестерня главной передачи; 9 – регулировочное кольцо; 10 – синхронизатор IV, задней и II передач; 11 – синхронизатор I и III передач; 12 – втулка; 13 – игольчатый подшипник; 14 – вторичный вал; 15 – корпус КПП; 16 – шестерня V передачи; 17 – шестерня III передачи; 18 – первичный вал нечетных передач; 19 – шестерня I передачи; 20 – шестерня II передачи; 21 – первичный вал четных передач; 22 – шестерня IV передачи; 23 – выжимной подшипник для сцепления нечетных передач; 24 – выжимной подшипник для сцепления четных передач; 25 – диафрагменная пружина четных передач; 26 – диафрагменная пружина нечетных передач; 27 – нажимной диск четных передач; 28 – ведомый диск четных передач; 29 – ведущий диск; 30 – ведомый диск нечетных передач

В процессе модернизации без изменений остаются корпус КПП 15, вторичный вал 14, дифференциальная группа (шестерня привода 5, сателлит 6, обойма 7 и ведомая шестерня главной передачи 8) и передаточное отношение шестерней. Основными же изменениями являются добавление двух первичных валов (для четных 21 и нечетных 18 передач), роботизированного механизма переключения передач, кронштейнов крепления актуаторов, датчиков частоты вращения валов, органов управления в салоне, а так же изменение расположения шестерен на валах.

Крутящий момент, получаемый от двигателя, передается на коробку передач через сцепление. В данном случае можно выделить три режима передачи крутящего момента:

- включена нечетная передача, весь момент идет на вал нечетных передач 18 через ведомый диск сцепления 30;
- включена четная передача (или задняя), весь момент идет на вал четных передач 21 через ведомый диск сцепления 28;
- переключение передач, когда момент частично идет на оба вала.

Такая схема работы позволяет обеспечить непрерывный подвод мощности к коробке передач без его разрыва при переключениях, т.к в момент выключения предыдущей передачи уже включается следующая.

Для обеспечения необходимого расположения шестерней четных и нечетных передач, вал нечетных передач 18 проходит сквозь вал четных передач 21. Это возможно благодаря полуму валу четных передач, а так же установлению внутрь него роликовых подшипников, обеспечивающих независимое вращение вала нечетных передач.

Сухое двойное сцепление работает аналогично одинарному стандартному сцеплению, включение и выключение осуществляется механически с помощью актуаторов. Такой тип сцепления передает меньшую мощность и крутящий момент, но при этом имеет более низкую стоимость. Учитывая тип автомобиля и его характеристики, такой вариант конструкции двойного сцепления является наиболее подходящим.

Общее схематическое устройство и принцип работы такого сцепления при различных режимах работы показано на рисунке 2 и рисунке 3. Отличительной особенностью такой конструкции является наличие сразу двух вилок сцепления и двух выжимных подшипников для каждого из первичных валов.

На рисунке 2 показана схема работы двойного сцепления при передаче крутящего момента на вал нечетных передач. Во включенном состоянии нажимной диск 2 находится в касании с ведомым диском 3, который вращается с той же частотой, что и ведущий диск 4. Актуатор, установленный на корпусе КПП, получая сигнал с электронного блока управления, механически воздействует на вилку первого сцепления, которая в свою очередь, через выжимной подшипник 5 передает усилие на пружину. Пружина, выгибаясь в обратную сторону, позволяет нажимному диску 2 отжимать ведомый диск 3 от ведущего диска 4, вращение которого осуществляется за счет передачи крутящего момента от маховика 6 через специальное крепление.

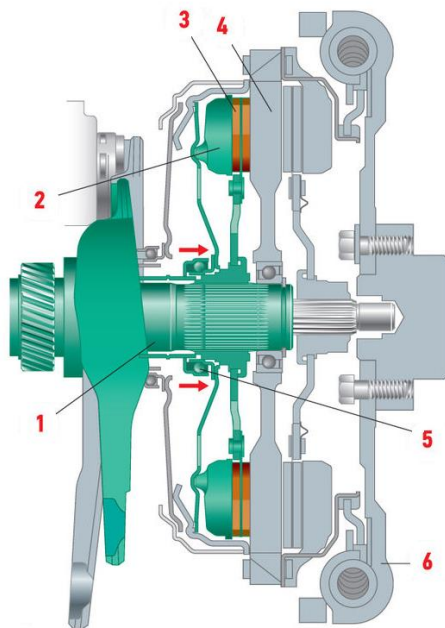


Рис. 2. Передача момента на вал нечетных передач
 1 – первичный вал нечетных передач; 2 – нажимной диск; 3 – ведомый диск; 4 – ведущий диск; 5 – выжимной подшипник; 6 – маховик

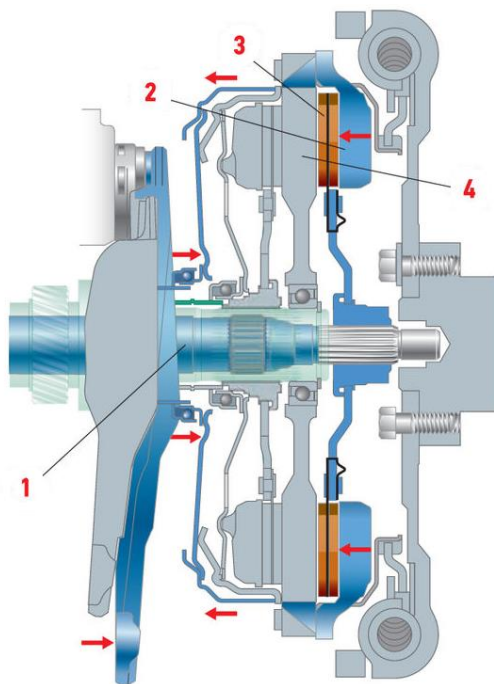


Рис. 3. Передача момента на вал четных передач
 1 – первичный вал четных передач; 2 – нажимной диск; 3 – ведомый диск;
 4 – ведущий диск

В момент воздействия на нажимной и ведомый диски вала нечетных передач происходит включение второго сцепления для вала четных пере-

дач. Схема работы двойного сцепления при передаче крутящего момента на вал четных передач представлена на рисунке 3.

Второй актуатор воздействует черезвилку и выжимной подшипник на выжимной диск 2, установленный с другой стороны от ведущего диска 4, который в свою очередь прижимает ведомый диск 3. Из конструктивных соображений ведущий диск установлен на валу нечетных передач с применением шарикового подшипника.

Список литературы

[1] Богатырев А.В. Автомобили / А. В. Богатырев — М.: Колос, 2004.— 496 с.

[2] Круглов С.М. Все о легковом автомобиле / С.М. Круглов — Ростов-на-Дону.: Феникс, 2002. — 232 с.

[3] «За рулем.рф». [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.zr.ru/content/articles/320753-korobki_peredach_s_dvuma_scepleni_j_ami_na_podkhvate/

Сидоров Владимир Николаевич - д-р техн. наук, зав. каф. КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: sidorov-kaluga@yandex.ru

Подлесных Сергей Владимирович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: podlesnykh40@yandex.ru

Паршукова Алена Александровна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: alenparshukova@yandex.ru

А.В. Семизоров, С.А. Плахов

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ДОРОЖНОГО ПРОСВЕТА И ПОВЫШЕНИЕ КОМФОРТА ПОДВЕСКИ АВТОМОБИЛЯ HYUNDAI IX35

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Подвеска современного автомобиля решает следующую задачу - снижение динамических нагрузок на кузов автомобиля. Она играет огромную роль при движении автомобиля. «Мягкая» подвеска обеспечивает для колеса постоянный контакт с дорогой, что позволяет улучшить торможение и разгон, но излишняя мягкость приводит к кренам в поворотах и плохой устойчивости. «Жесткая» подвеска повышает управляемость и устойчивость, но снижает комфортность автомобиля. Исходя из выше сказанного, можно сделать вывод, что наиболее перспективна такая подвеска, которая будет автоматически изменять свою жесткость в зависимости от дорожных условий.

Рассматриваемый автомобиль Hyundai ix35 имеет следующую компоновку подвески: спереди – стойки McPherson, сзади – многорычажная. Автомобиль обладает хорошей управляемостью, которая достигается за счет высокой жесткости основных элементов подвески, что приводит к низкому комфорту на дорогах с плохим покрытием. При проезде мелких неровностей подвеска жестко передает все изъяны дорожного полотна, а так же при преодолении крупных ям часто случаются ее пробои. Автомобиль имеет клиренс в 178 мм, что является недостаточным для выезда на участки мелкого бездорожья. В результате анализа возможных технических решений, было выявлено, что для повышения комфорта и увеличения клиренса автомобиля, а так же сохранения управляемости необходима замена штатных пружин на пневмоэлементы.

Ввиду основных недостатков исходной конструкции подвески была разработана принципиальная схема пневмоподвески (рис. 1). Пневмосистема имеет следующие характеристики:

1. Размеры ресивера 63,5x20x25,5 см. Рассчитан на давление 10,5 атм. Объем 20 л.
2. Размеры компрессора 350x140x183 мм. Максимальное давление: 14 атм. Производительность: 98 л/мин.
3. Габариты блока клапанов пневмоподвески 150x100x78 мм. Рабочее давление до 17,5 атм. Резьба 3/8.
4. Присоединительные резьбы влагоуловителя: внутренняя 1/4"Пропускная способность при 6 бар: 3400 л/мин. Максимальное входное давление: 20 бар.

5. Пневмоподушка задняя: высота сжатой - 72 мм; высота накачанной - 317 мм; диаметр - 170 мм; диаметр воздушного отверстия - 3/8"; грузоподъемность 1100 кг.

6. Пневмоподушка передняя: высота сжатой - 100 мм; высота накачанной - 235 мм; максимальный диаметр - 149 мм максимальное давление - 42 Бара; Диаметр воздушного отверстия - 3/8".

7. Многослойная трубка для пневмоподвески 3/8". Рабочая температура -40...+200 С. Рабочее давление 21 атм. [3].

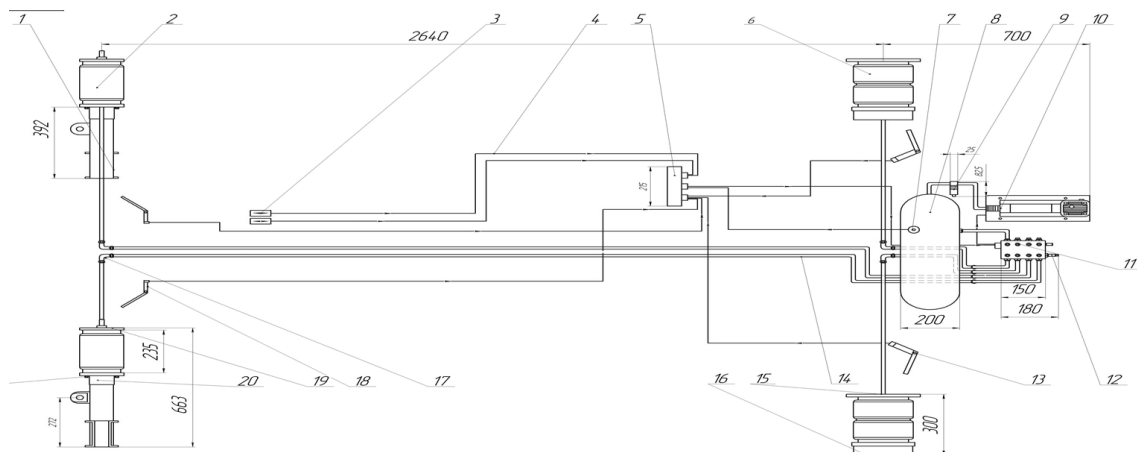


Рис. 1. Схема пневматической подвески для Hyundai ix35

1 – передняя амортизационная стойка; 2 – передняя пневмоподушка;
 3 – кнопка управления положением кузова; 4 – проводка; 5 – блок управления;
 6 – задняя пневмоподушка; 7 – датчик давления; 8 – ресивер;
 9 – осушитель; 10 – компрессор; 11 – блок клапанов; 12 – глушитель сброса воздуха; 13,18 – датчик положения кузова (задний, передний);
 14 – пневмолинии; 15,16 – верхняя и нижняя опора задней пневмоподушки;
 17 – фитинг; 19, 20 – верхняя и нижняя опора передней пневмоподушки

Проектируемая пневмоподвеска имеет два режима работы: основной режим, т.е. движение автомобиля по дорогам общего пользования; второй режим движения – движение по бездорожью. Установленные на колесах датчики положения кузова постоянно регистрируют зазор между колесами и кузовом. Эти величины отправляются в блок управления. При изменении этой величины срабатывает либо выпускной клапан, либо клапан подкачки. При движении по бездорожью, водитель воздействует на кнопки управления подъема кузова. Импульс от кнопок посылается в блок управления, блок управления направляет сигнал к блоку клапанов, который соединен с ресивером и пневмоподушками. Он открывает клапана, тем самым соединяя ресивер и пневмобалоны, накачка происходит за счет разности давлений. После того как баллоны поднимают кузов на заданное расстояние, датчики передают информацию на блок управления и клапаны закрываются [2]. Так же возможен подъем кузова самостоятельно водите-

лем из салона автомобиля по средствам блока кнопок. Применение данной подвески позволяет повысить клиренс подвески с 178 мм до 215 мм при движении по бездорожью.

Так же стоит отметить, что было разработано крепление пневмоподушек на штатные элементы подвески (рис. 2).

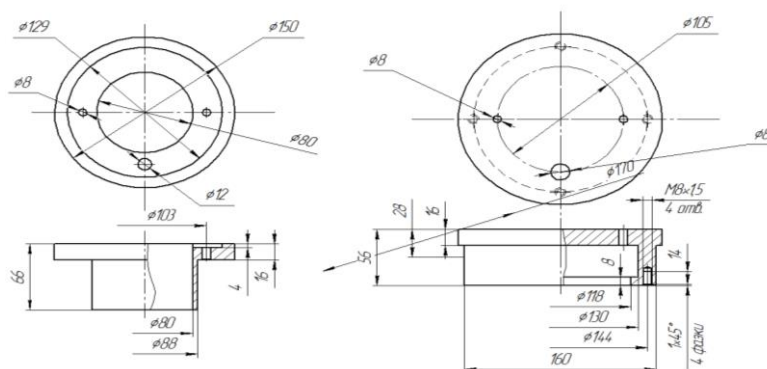


Рис. 2. Нижние опоры пневмоэлементов передней и задней оси

Монтаж передней опоры осуществляется на штатную амортизационную стойку путем приваривания. Задняя нижняя опора устанавливается на нижний рычаг подвески. Данный монтаж позволяет сохранить штатные узлы подвески, что существенно снижает себестоимость устанавливаемой пневмосистемы. В результате проекта была построена 3d-модель разработанной подвески (рис. 3).

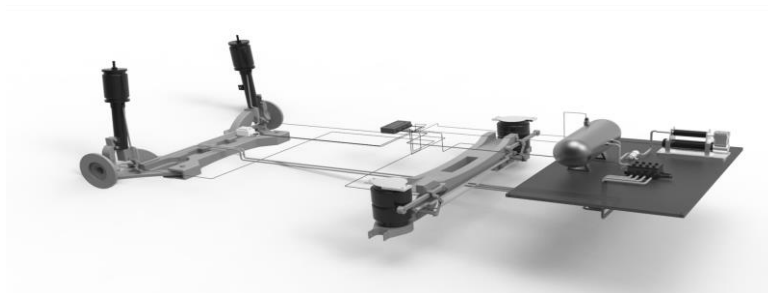


Рис. 3. 3d-модель пневмоподвески автомобиля Hyundai ix35

Таким образом, внедрение данной системы в штатную конструкцию позволит повысить эффективность работы подвески в целом, повысить комфорт передвижения пассажиров в автомобиле, как по дорогам общего пользования, так и по мелкому бездорожью. Применение данной системы позволит кратковременно увеличивать клиренс автомобиля с целью повышения его проходимости. Смена подвески также не скажется на управляемости и стабильности автомобиля при движении на высоких скоростях.

Список литературы

[1] Вахламов В.К. Автомобили. Конструкция и элементы расчета: учебник для высших учеб. заведений – М.: Издательский центр «Академия», 2006. - 232 с

[2] Как работает автомобиль. Как работает пневмоподвеска [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://howcarworks.ru/вопрос/как-работает-пневмоподвеска> (дата обращения 20.09.2016).

[3] Промагро - РТИ. Подбор пневмоподвески. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pa-rti.ru/podbor-pnevmoduschki> (дата обращения 21.09.2016).

Семизоров Артем Витальевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: art.semizorov@yandex.ru

Плахов Сергей Александрович - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: sa.plahov@yandex.ru

В.В. Попков, А.И. Пономарев

ОЦЕНКА РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ РАБОТНИКОВ АВТОТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Анализ данных гигиенической оценки условий труда в различных отраслях автотранспортного производства свидетельствует о наличии около 140 вредных производственных факторов, превышающих предельно допустимый уровень. В условиях существующего производства вредные условия труда очень часто нельзя улучшить из-за отсталых технологий, изношенности оборудования, невозможности использования необходимых технических решений. Поэтому контингенты лиц, работающих во вредных и опасных условиях труда, является контингентами повышенного профессионального риска здоровью и требуют особого внимания.

Реальная оценка риска для здоровья невозможна без достаточной информационной базы для количественных и качественных характеристик факторов риска. Кроме того, данные о состоянии здоровья (заболеваемость, инвалидность, смертность) контингентов населения, подвергающихся воздействию этих факторов риска, показатели здоровья трудоспособного населения формируются за счет не только характера и условий труда, но и других факторов: генетических, экологических, образа жизни, доступности и квалификации медицинской помощи, развитием сотрудничества природоохранных органов, учреждений образования и здравоохранения. Следует отметить, что оценка риска здоровью всегда имеет целью определения его количественных показателей. Именно это дает возможность использования ее не только для оценки состояния здоровья популяции, но и для экономических расчетов необходимого возмещения, или «компенсации» потраченного здоровья работникам и окружающей среде, когда встает вопрос соотношения «затраты-выгода».

Сегодня на состояние здоровья работающих влияют не только известные профессиональные факторы риска, что связано с характером производства, использованием устаревших и опасных технологий, недостаточной ответственностью работодателей за создание здоровых, безопасных условий труда, но и новые, появление которых связано с научно-техническим прогрессом, внедрением новых технологий в различных отраслях производства [1].

Важнейшим показателем медико-демографической ситуации в стране является смертность населения. В последние годы она имеет тенденцию к постоянному росту: по сравнению с 1990 годом она увеличилась на 41,6%. Среди лиц трудоспособного возраста она выросла у мужчин (на 12,6%), в то время как у женщин показатели остались практически на том же уровне.

Смертность мужчин трудоспособного возраста (в автотранспортной сфере) в 2003 году составляла 9,63% против 2,6% у женщин, то есть смертность среди людей трудоспособного возраста отличается у мужчин и женщин в 3,7 раза. Высокая смертность мужчин трудоспособного возраста

не только снижает численность трудовых ресурсов, но и приводит к росту числа неполных семей, а, следовательно - одиноких пожилых людей. Следует добавить, что в сельской местности показатели смертности выше на 10,1% по сравнению с городским населением трудоспособного возраста (6,7 и 5,99%, соответственно).

В структуре смертности работников трудоспособного возраста в автотранспортной отрасли первое место занимают несчастные случаи, отравления и травмы (29,8%), второе - болезни системы кровообращения (28,3%), третье - новообразования (14,6%)

Управление риском должно осуществляться организационно-техническими, лечебно-профилактическими и социально-экономическими методами. Предпочтение следует отдавать техническим мерам по устранению опасного фактора или снижению его уровня на рабочем месте. К паллиативным мерам прибегают при невозможности полного устранения вредного фактора (за счет новых технологий) или снижения его уровня до безопасной величины. В последнем случае всегда существует «остаточный риск», который требует применения средств индивидуальной защиты и «защиты временем» работающих путем ограничения контакта с вредным фактором в течение рабочей смены, недели (сокращенный рабочий день), годового цикла работы (дополнительные отпуска), сокращение общего срока работы во вредных условиях (льготный выход на пенсию). Эффективным рычагом снижения профессионального риска может стать обязательное страхование от несчастных случаев и профессиональных заболеваний. Важным для управления риском является информирование работников, работодателей о возможных неблагоприятных последствиях для здоровья работы во вредных и опасных условиях, необходимость применения мер коллективной и индивидуальной профилактики [2].

Таким образом, современные методы оценки рисков здоровью и управления ими позволяют решать традиционные и новые задачи охраны труда с учетом комплекса социально-экономических и этических проблем. При этом возможна дифференциация мер профилактики по срочности и объемом их проведения в зависимости от количественных показателей степени профессионального риска здоровью работающих на конкретном производстве или в конкретной профессии (в т.ч. и в автотранспортном производстве).

Список использованных источников

[1]. Профессиональный риск для здоровья работников. Руководство [Электронный ресурс]: <http://fcgie.ru/DOC/180812/1766-03.pdf/> (дата обращения 08.10.2016).

[2]. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников, организационно-методические основы [Электронный ресурс]: <http://arm-nt.ru/upload/iblock/8e6/8e6056f7f2ddac776451f84c1c013eb2.pdf/> (дата обращения 11.10.2016).

Попков Вячеслав Владимирович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: cloundead@gmail.com

Пономарев Алексей Иванович - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: apon2005@yandex.ru

А.В. Семизоров, А.И. Пономарев

ПОВЫШЕНИЕ УПРАВЛЯЕМОСТИ АВТОМОБИЛЯ ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ АКТИВНОГО СТАБИЛИЗАТОРА ПОПЕРЕЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

При движении автомобиля в повороте возникает центробежная сила, которая вызывает раскачивание и значительный крен. При больших скоростях это может привести к опрокидыванию, поэтому и необходим стабилизатор поперечной устойчивости, который устанавливается на все типы независимых подвесок. Стабилизатор работает на скручивание, противодействует противоположному по отношению к кузову перемещению колес одной оси автомобиля, повышает сцепление колес с дорогой, более равномерно распределяет нагрузку на колеса. Главным показателем стабилизатора является его жесткость, для каждого автомобиля рассчитывается отдельно. Как правило, передний стабилизатор делается более мягким чем задний. Основным недостатком обычного стабилизатора поперечной устойчивости является снижение хода подвески, что необходимо при движении по пересеченной местности, а так же снижается комфортность передвижения.

Для повышения эффективности работы подвески в различных условиях, необходимо внедрение стабилизатора, который может менять свою жесткость в зависимости от условий или отключаться вовсе. Активный стабилизатор позволяет менять жесткость в зависимости от сил, действующих на автомобиль. Так при прямолинейном движении жесткость стабилизатора уменьшается, но при прохождении поворотов его жесткость нарастает пропорционально угловому ускорению [1].

Главными элементами системы адаптивного стабилизатора являются:

- гидравлический блок;
- блок управления стабилизаторами;
- стабилизаторы с соединительными устройствами.

Главным элементом отключаемого стабилизатора является гидравлическая кулачковая муфта 1 (рис. 1), которая позволяет соединять и разъединять плечи стабилизатора. Она расположена в средней части стабилизатора.

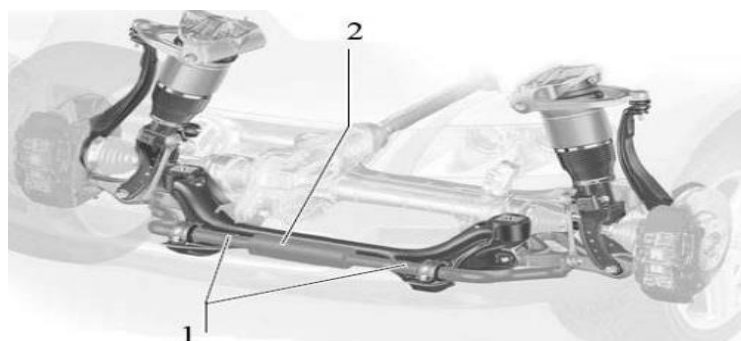


Рис. 1. Адаптивный стабилизатор поперечной устойчивости

Кулачковая муфта с гидроприводом (рис. 2) содержит полумуфты 1 и 8, соединительный элемент 6, страхующую пружину 5 и расположенный на разъединителе датчик его состояния 7. Соединяющий элемент свободно двигается вдоль стабилизатора под действием рабочей жидкости. При этом он заходит между кулачками полумуфт, обеспечивая их замыкание. Выступы соединительного элемента никогда не выходят полностью из проемов между кулачками полумуфт, благодаря чему подключение стабилизатора обеспечивается при любом его исходном положении [2].

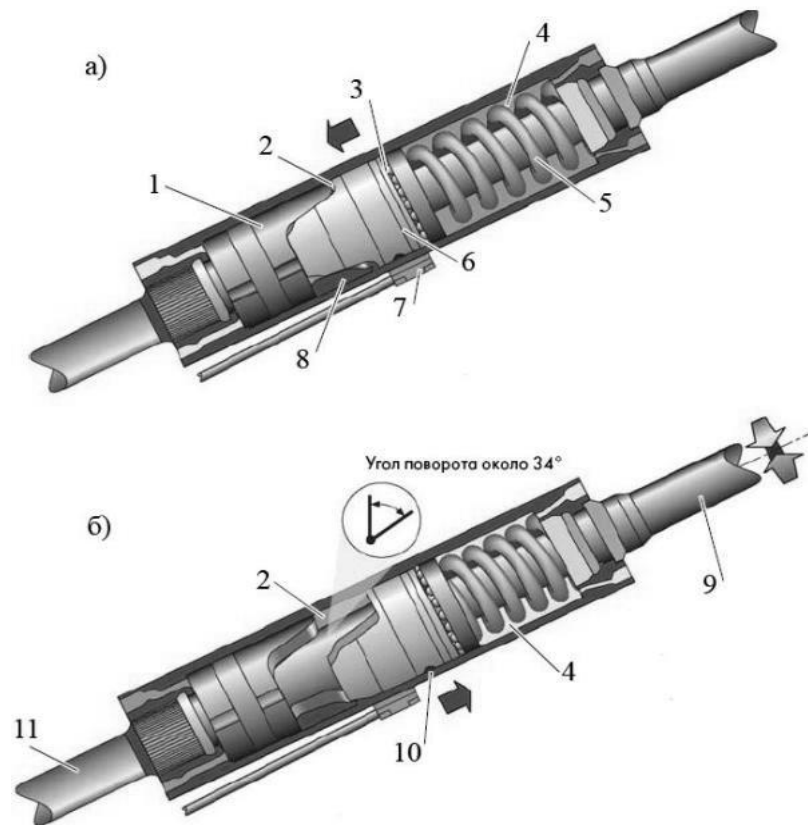


Рис. 2. Кулачковая муфта
а – муфта замкнута, б – муфта разомкнута

Управление стабилизаторами осуществляется с помощью кнопки или автоматически. При нажмие кнопки вырабатываются сигналы отключения и подключения стабилизаторов, которые направляются в блок управления ими. Общая гидравлическая схема адаптивного стабилизатора поперечной устойчивости показана на рис. 3.

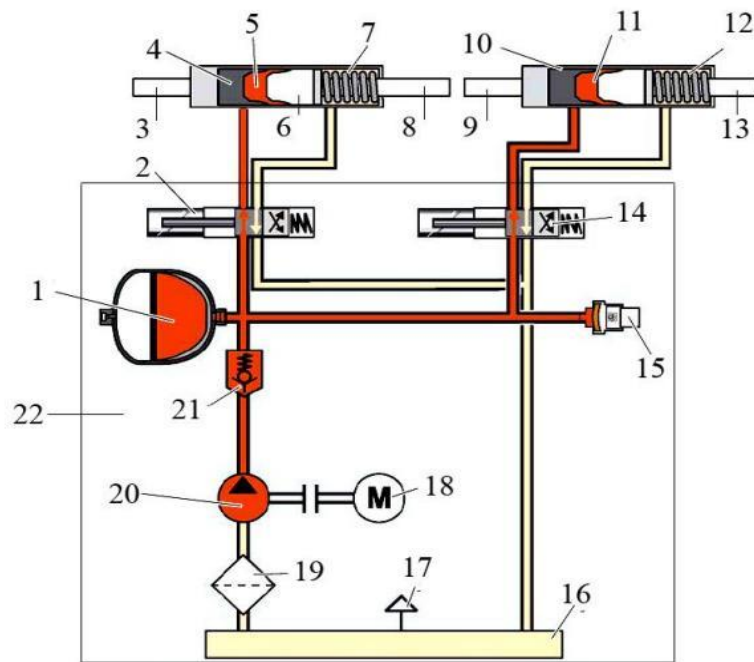


Рис. 3. Гидравлическая схема активного стабилизатора

- 1 – гидроаккумулятор; 2 – клапан отключения переднего стабилизатора; 3 – левое плечо переднего стабилизатора; 4 – кулачковая муфта переднего стабилизатора; 5,11 – рабочая полость 1; 6 – соединительный элемент; 7,12 – рабочая полость 2; 8 – левое плечо переднего стабилизатора; 9 – левое плечо заднего стабилизатора; 10 – кулачковая муфта заднего стабилизатора; 13 – правое плечо заднего стабилизатора; 14 – клапан отключения заднего стабилизатора; 15 – датчик давления в гидравлической системе отключения стабилизаторов; 16 – компенсационный бачок; 17 – клапан вентиляции; 18 – электродвигатель; 19 – фильтр; 20 – насос системы отключения стабилизаторов; 21 – обратный клапан; 22 – гидравлический блок

В системе применяется гидроаккумулятор 1 с отделенной посредством мембраны газовой полостью, в нем накапливается энергия сжимаемого газа. В нижнюю камеру поступает рабочая жидкость, подаваемая насосом 20 под давлением. Рабочая жидкость поступает в гидроаккумулятор через обратный клапан 21. Давление в системе повышается по мере заполнения ею гидроаккумулятора и сжатия полости, заполненной азотом. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не будет достигнуто давление выключения насоса. Давление в гидроаккумуляторе удерживается посредством обратного клапана 21 и направляется через канал в гидравлическом блоке в корпус кулачковой муфты. Отключение стабилизаторов осуществляется при помощи электромагнитных клапанов 2 и 14, перемещающих золотники. Включение стабилизаторов происходит при обесточивании электромагнитных клапанов. Блок управления стабилизаторами обрабатывает сигналы, поступающие от датчика давления, датчиков состояния стабилизаторов, кнопки управления стабилизаторами, датчика скорости авто-

мобиля, датчика поперечного ускорения, датчиков режима работы трансмиссии. По результатам обработки данных датчиков блок управления вырабатывает командные сигналы для исполнительных устройств. Что и позволяет регулировать его жесткость [3].

В результате рассмотрения конструкции адаптивного стабилизатора поперечной устойчивости можно сделать вывод, что применение данного механизма в современных автомобилях весьма перспективно. Применение данного механизма способствует повышению устойчивости и проходимости автомобиля в различных условиях эксплуатации, без существенных конструктивных доработок.

Список литературы

[1] Вахламов В.К. Автомобили. Конструкция и элементы расчета: учебник для высших учеб. заведений – М.: Издательский центр «Академия», 2006. - 232 с

[2] Все про адаптивные подвески. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://auto.mail.ru/article/54892ya_sdelayu_eto_samavse_pro_adaptivny_e_podveski/ (дата обращения 15.03.2016).

[3] Устройство автомобиля. Отключаемые стабилизаторы поперечной устойчивости [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ustroistvo-avtomobilya.ru/podveska/otklyuchaemy-e-stabilizatory-poperechnoj-ustojchivosti/> (дата обращения 07.10.2016).

Семизоров Артем Витальевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: art.semizorov@yandex.ru

Пономарев Алексей Иванович - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: apon2005@yandex.ru

С.В. Матвеев, О.В. Максимов

ПРИМЕНЕНИЕ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ В АВТОМОБИЛЯХ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Чувствительным элементом является гибкая диафрагма или мембрана. В этих датчиках смещение диафрагмы преобразуется в перемещение сердечника линейного дифференциального трансформатора (ЛДТ). Такие датчики ранее на автомобилях не применялись.

Линейные дифференциальные трансформаторы являются точным и надежным средством для измерения линейного перемещения. ЛДТ широко используются в современной механообработке, робототехнике, авиации и компьютеризированном производстве.

Линейный дифференциальный трансформатор — это электромеханическое устройство, вырабатывающее выходной электрический сигнал, пропорциональный перемещению ферромагнитного сердечника. ЛДТ состоит из первичной и двух вторичных обмоток, симметрично расположенных на цилиндрическом каркасе. Свободно движущийся внутри обмоток ферромагнитный сердечник в форме стержня обеспечивает связь этих обмоток через магнитный поток. Сердечник снабжается изнутри резьбой, для того чтобы облегчить крепление немагнитного штока, который в свою очередь прикрепляется к объекту, перемещение и смещение которого будет измеряться. На рис. 1 показана конструкция ЛДТ и приведена его принципиальная электрическая схема.

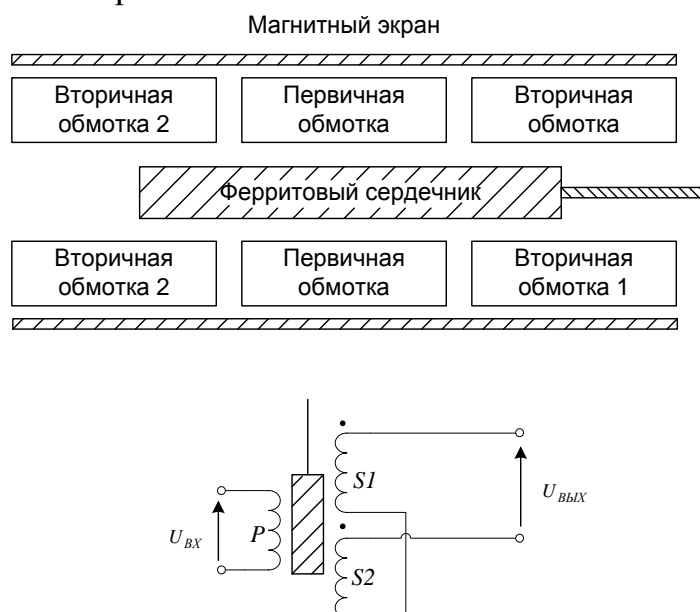


Рис. 1. Линейный дифференциальный трансформатор и его принципиальная схема

При возбуждении первичной обмотки с помощью внешнего источника переменного напряжения в двух вторичных обмотках наводятся ЭДС взаимной индукции. Вторичные обмотки включены последовательно и встречно, поэтому результирующий выходной сигнал преобразователя представляет собой разность этих напряжений и равен нулю, когда сердечник находится в центральной (или в нулевой) позиции. При уходе сердечника из этой позиции напряжение, индуцируемое в той вторичной обмотке, к которой движется сердечник, возрастает, а напряжение, индуцируемое в другой вторичной обмотке, уменьшается. В результате вырабатывается дифференциальный выходной сигнал, величина которого линейно зависит от положения сердечника. Фаза выходного напряжения изменяется скачком на 180° при переходе через нулевую позицию. Линейность такой системы по диапазону перемещения весьма высока 0.5 % или лучше. ЛДТ обеспечивает хорошую точность, линейность, чувствительность и разрешение, а также работу без трения и высокую жесткость. Характеризуется стабильностью нуля, гальванической развязкой входа и выхода, может работать в агрессивных средах. Первичная обмотка запитывается синусоидальным напряжением 3...15 В с частотой 2...5 кГц. Коэффициент трансформации дифференциального трансформатора 10:1...2:1. ЛДТ обладает широким спектром диапазонов измерения перемещения, обычно от ± 100 мкм до ± 25 см. Типовые напряжения возбуждения лежат в области от 1 В до 24 В по среднеквадратичной величине, и с частотами от 50 Гц до 20 кГц.

На автомобилях ЛДТ могут применяться в датчиках абсолютного давления впускного коллектора, где они преобразуют перемещение мембраны в электрический сигнал. Полезную информацию о перемещении несут амплитуда и фаза выходного сигнала. Приходится использовать фазочувствительные демодуляторы, они имеются в интегральном исполнении.

Отметим, что, когда сердечник находится в центре, истинного нуля на выходе не будет, вследствие рассогласования вторичных обмоток и наличия индуктивности рассеяния. К тому же простое измерение выходного напряжения $U_{\text{вых}}$ не даст информации о том, по какую сторону от нулевой позиции находится сердечник. Цепь нормирования, которая ликвидирует указанные проблемы, и в которой величины выходных напряжений вычитаются, показана на рисунке 2. Использование данного метода позволяет измерять перемещение сердечника в положительном или отрицательном направлении от центра конструкции.

Таким образом, датчики на основе ЛДТ обеспечивают хорошую точность, линейность, чувствительность и разрешение, а также работу без трения и высокую жесткость. Кроме того, они могут работать в агрессивных средах, что позволяет их эффективно использовать в современных автомобилях вместо имеющихся.

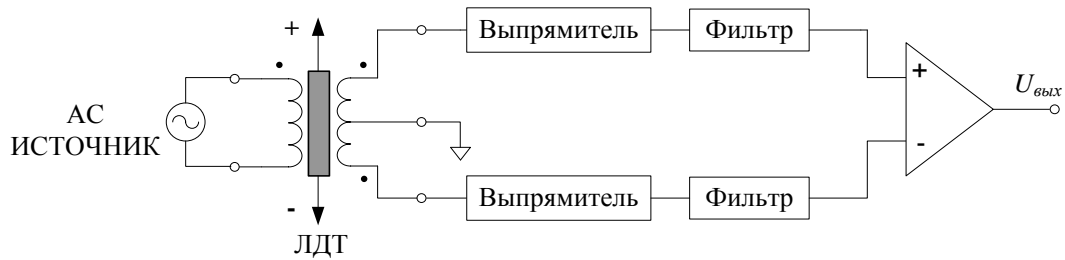


Рис. 2. Улучшенная схема обработки выходных сигналов с ЛДТ

Список литературы

[1] Конрад Райф. Датчики в автомобиле. - М.: ЗАО «КЖИ «За рулем»», 2014 - 165 с.

[2] Литвиненко В. В., Майструк А. П. Автомобильные датчики, реле и переключатели. Краткий справочник. - М.: ЗАО «КЖИ «За рулем»», 2007 – 176 с.

Матвеев Сергей Валентинович - ассистент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: 1matveevm72@yandex.ru

Максимов Олег Владимирович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: jktu-vfrc@yandex.ru

Ю.С. Жидких, В.М. Алакин, Д.С. Кузьмин

РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ПОДВЕСКИ ДЛЯ ЛЕГКОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Подвеской автомобиля называют совокупность устройств, связывающих колеса с рамой (кузовом) и предназначенных для уменьшения динамических нагрузок, передающихся автомобилю вследствие неровной поверхности дороги, а также обеспечивающих передачу всех видов сил и моментов, действующих между колесом и рамой (кузовом) [2].

Многолетний опыт показывает, что неровности дороги и вызываемые ими колебания кузова и колес автомобиля ведут, как правило, к ухудшению всех его эксплуатационно-технических качеств и к тем большему, чем хуже качество дорожного покрытия.

На дорогах с неровной поверхностью снижается производительность автомобиля вследствие уменьшения скоростей движения и увеличения простоев, возрастают расходы на техническое обслуживание и ремонты. Кроме этих прямых потерь есть и косвенные, вызванные, в частности, слабым использованием сети дорог с неровной поверхностью. Прямые и косвенные потери от эксплуатации различных автомобилей и автопоездов на дорогах с неровной поверхностью исчисляются значительными денежными суммами.

Предлагаются два пути уменьшения этих потерь - строительство дорог с усовершенствованным покрытием и установка адаптивной гидравлической подвески с улучшенными качествами. Первый путь является длительным и дорогостоящим, однако второй путь, а именно, установка более совершенной адаптивной гидравлической подвески является перспективным и менее дорогостоящим решением проблемы [1].

Устройство и принцип работы адаптивной гидравлической подвески. Данная подвеска (рис. 1.) состоит из четырех гидравлических цилиндров (1), блока гашения колебаний (2), насоса (3), клапанов (4), трубопровода (5). Каждый элемент выполняет свою функцию. Так, например, гидравлические цилиндры устанавливаются на передние стойки амортизаторов и вместо задних пружин. Они выполняют функцию изменения дорожного просвета в зависимости от условий езды. Блок гашения колебаний служит для того, чтобы уменьшать амплитуду колебаний за счет жидкости и подушки с газом. Насос накачивает необходимое количество жидкости в подпоршневое или надпоршневое пространство цилиндров. Таким образом регулируется клиренс автомобиля и жесткость подвески. Клапаны служат для своевременной передачи избыточного давления жидкости из цилиндров в блок гашения колебаний и обратно. Трубопровод соединяет блок гашения колебаний, цилиндры и насос (рис. 1).

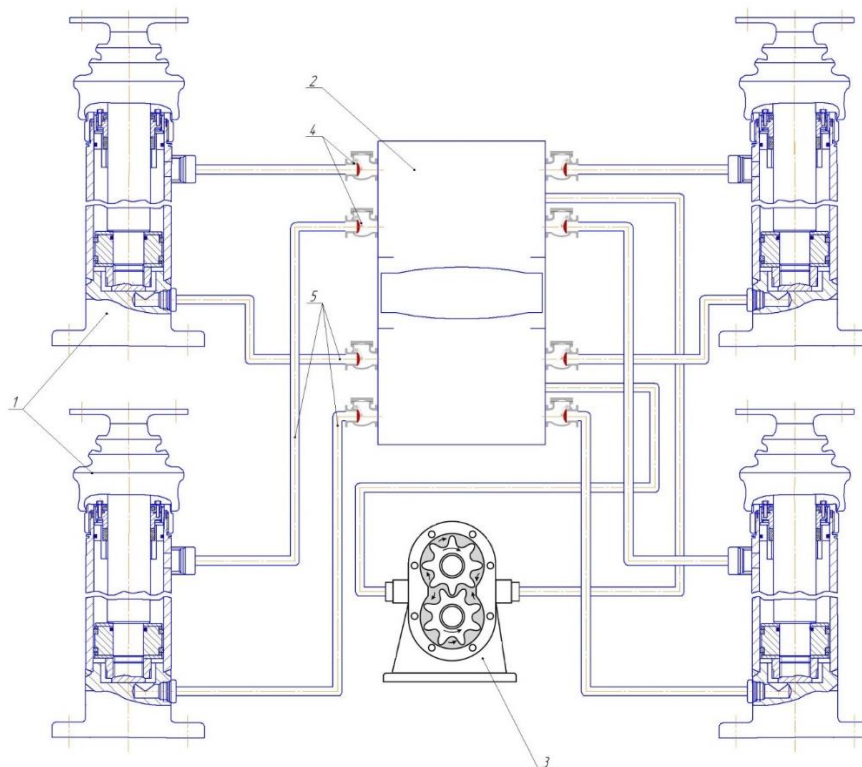


Рис. 1. Устройство адаптивной гидравлической подвески

При наезде автомобиля, оборудованного данной подвеской, на неровность дороги происходит ударное воздействие на гидравлический цилиндр. Давление внутри цилиндра увеличивается, и жидкость поступает по трубопроводу в блок гашения колебаний. Далее открывается клапан, и жидкость воздействует на подушку с газом, сжимая ее. Таким образом происходит гашение колебаний. Если необходимо изменить дорожный просвет транспортного средства, то водитель через электронный блок управления подыдет сигнал увеличить давление жидкости в надпоршневом пространстве, если необходимо уменьшить клиренс, или в подпоршневом пространстве, если необходимо увеличить клиренс. При необходимости также можно увеличить жесткость подвески, увеличив давление в подпоршневом и надпоршневом пространстве. Таким образом осуществляется снижение кренов в повороте и увеличение управляемости автомобилем.

Адаптивная гидравлическую подвеску предлагается устанавливать на легковые автомобили компоновки седан, хэтчбек, универсал, а также на кроссоверы. Таким образом увеличиваются эксплуатационные характеристики транспортного средства: проходимость, управляемость, комфортабельность, надежность. Данное решение актуально в зимнее время года и при движении по грунтовым дорогам или дорогам с некачественным покрытием. Также автомобиль можно эксплуатировать на автобанах, уменьшив дорожный просвет и увеличив жесткость демпфирующего элемента.

Одним из существенных недостатков продукции является сложность обслуживания и высокая стоимость.

Выводы. Современные условия эксплуатации автомобиля ставят перед конструкторами сложную задачу - изготовить транспортное средство, управляемое на высоких скоростях, и надежное при движении по дорогам с некачественным покрытием. Разумным решением является установка предлагаемой адаптивной гидравлической подвески, которая надежно и успешно будет справляется с поставленной задачей.

Список использованных источников

[1] Автомобили. Конструирование и расчет. Системы управления и ходовая часть. Под. ред. Гришевского А.И. – Минск. «Вышшая школа» 2011г.

[2] Подвеска автомобиля. URL: <https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Подвеска> (дата обращения 11.10.2016).

Жидких Юрий Сергеевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: zhidkikh.yuri@gmail.com

Алакин Виктор Михайлович - канд. техн. наук, зам. директора по инновациям КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: aser.work@yandex.ru

Кузьмин Дмитрий Сергеевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: dskuzmin2015@yandex.ru

А.И. Пономарев, Е.А. Мишин, М.В. Крылов

РАЗРАБОТКА КЛАПАННЫХ МЕХАНИЗМОВ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ БЕЗ ПРУЖИН

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

В поршневом двигателе внутреннего сгорания (ДВС) все рабочие процессы превращения химической энергии сжигаемого топлива в механическую работу коленчатого вала происходят внутри двигателя за счет возвратно-поступательного движения поршней в цилиндрах [1]. Главным устройством, обеспечивающим штатную работу поршневого ДВС, является его газораспределительный механизм (ГРМ). ГРМ служит для своевременного открытия и закрытия впускных и выпускных клапанов двигателя, обеспечивая качественное наполнение цилиндров двигателя свежим зарядом, их очистку от отработавших газов и герметизацию цилиндров при сжатии и рабочем ходе поршня.

Наиболее широкое распространение в автотракторных двигателях получили пружинные клапанные механизмы газораспределения (рис. 1). Такие клапаны содержат в своем составе возвратную запорную пружину 1, собственно клапан, состоящий из клапанной головки 2 и клапанного стержня 3, гнездо с посадочной фаской 4 для клапанной головки и направляющую втулку 5 для клапанного стержня. Клапаны открываются толкающими усилиями кулачков распределительного вала, а закрываются под воздействием возвратных запорных пружин. Эти пружины оттягивают на себя достаточно большую часть энергии распределительного вала, т.е. при открытии клапана распределительный вал вращается с сопротивлением возвратных пружин. Усилие сжатия этих пружин примерно приравнивается от 30 до 100 кг.

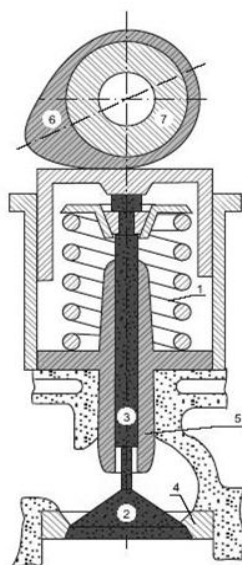


Рис. 1. Устройство пружинного привода клапанов

Основные преимущества механических клапанов [1]:

- простота конструктивной реализации и компактность ГРМ;
- функциональная надежность ГРМ;
- минимальный уровень ударных вибраций в ГРМ и, как следствие, бесшумность его работы.

Недостатком является снижение коэффициента полезного действия двигателя и автомобиля в целом.

Клапанный механизм газораспределения без возвратных пружин имеет следующее устройство (рис. 2).



Рис. 2. Устройство привода клапанов без пружин

Распределительный вал выполнен сборным, состоящим из штока с установленными на нем посредством переходных втулок кулачками, каждый из которых представляет собой сборку, состоящую из постоянного магнита, выполненного в форме кулачка и боковых несущих ферромагнитных накладок в форме кулачка, выполняющих функцию магнитных линз для концентрации магнитного поля и функцию рабочей поверхности кулачка [2]. Причем, рабочие поверхности ферромагнитных накладок кулачка находятся в постоянной магнитной и кинематической связи с рабочими поверхностями боковых ферромагнитных накладок сборного ролика, который состоит из постоянного магнита, выполненного в форме кольца и боковых кольцевых ферромагнитных накладок, также выполняющих функции магнитных линз для концентрации магнитного поля и функцию рабочей поверхности ролика, встроенного в толкатель клапана через ось вращения ролика (рис. 3). При этом толкатель клапана содержит устройство крепления тарелки клапана.



Рис. 3. Составные части привода клапанов без пружин

Кулачок распределительного вала, а также ролик толкателя клапана, обладающие магнитной силой постоянного магнита, выполняют две функции, а именно кулачок, набегая на ролик толкателя клапана, обеспечивает открытие клапана, затем, сбегая с ролика толкателя клапана, закрывает клапан под действием мощных магнитных сил постоянных магнитов, что функционально заменяет действие клапанной пружины. Таким образом, обеспечивается своевременное открытие и закрытие клапана с минимальными механическими потерями.

В результате, распределительные валы не испытывают сопротивления пружин. Снижаются нагрузки на детали и механизмы двигателя. Экономия топлива достигает 3-4 литра на 100 километров. Мощность двигателя увеличивается на 20-30 л.с. [3].

Конструкция устройства за счет внесения минимальных изменений в конструкцию ДВС, может применяться во всех ДВС и позволяет переоснастить в условиях ремонтного салона уже существующие двигатели любых марок. Предполагается использование в ДВС любых производителей в автомобилестроении, тракторостроении, судостроении и т.д.

В дальнейшем около магнитных эксцентров можно установить катушки индукции, с них можно будет снимать дополнительное напряжение. И это может заменить генератор. Таким образом, мы убираем еще одно звено, которое существенно уменьшает коэффициент полезного действия ДВС.

Список использованных источников:

[1] *Соснин Д.А., Яковлев В.Ф.* Новейшие автомобильные электронные системы. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 240 с.

[2] *Двигатель без клапанных пружин.* URL: <http://avto-blogger.ru/texchast/dvigatel-bez-klapannyx-pruzhin-realno-revolyuciya-v-motorostroenii.html> (дата обращения 12.10.2016).

[3] *Похилько И.В., Янин А.А., Байков Д.Ю.* Система привода клапанов газораспределительного механизма двигателя внутреннего сгорания // Заявка на патент РФ № 2012158077, опубликован 3.07.2014 URL: <http://www.freepatent.ru/claims/2012158077> (дата обращения 12.10.2016).

Пономарев Алексей Иванович - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: apon2005@yandex.ru

Мишин Евгений Александрович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ea.mishin2016@yandex.ru

Крылов Максим Викторович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: maxkrylov2015@yandex.ru

А.И. Пономарев, М.В. Крылов, Е.А. Мишин

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО УСИЛИТЕЛЯ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ НА АВТОМОБИЛЕ ШЕВРОЛЕ НИВА

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Рулевое управление — система управления направлением движения транспортных средств с помощью рулевого колеса. Состоит из механизмов, преобразующих положение (угол поворота) руля в пропорциональное изменение положения колес или аналогичных управляющих направлением движения элементов [1].

На автомобилях рулевое управление состоит из механического редуктора и системы тяг, преобразующих поворот руля в поворот управляемых (передних) колес. Система тяг, обеспечивающая поворот колес на разный угол, называется рулевая трапеция.

В многих автомобилях для уменьшения усилия водителя, расходуемого на поворот рулевого колеса, используется усилитель рулевого управления. Применение такого усилителя снижает физическую нагрузку на руки водителя, обеспечивает быстрое действие и точность управления.

Усилители рулевого управления — системы и механизмы в рулевом управлении, предназначенные для снижения управляющего усилия, прикладываемого к рулевому колесу, с целью повышения комфорта и снижения утомляемости водителя.

Виды усилителей рулевого управления [1]. Существует три вида усилителей руля — электрические, гидравлические и электрогидравлические.

Гидравлический усилитель руля (ГУР) — автомобильная гидравлическая система, часть рулевого механизма, предназначенная для облегчения управления направлением движения автомобиля при сохранении необходимой «обратной связи» и обеспечении устойчивости и однозначности задаваемой траектории.

Плюсами гидравлического усилителя являются его точность и информативность, он очень универсален, а так же безопасен при отказе. К минусам системы можно отнести ее сложность устройства и высокие затраты, т.к. ГУР при включенном моторе работает постоянно, увеличивается нагрузка на двигатель и, соответственно, повышается расход топлива.

Электрический усилитель руля (ЭУР) — электромеханическая система автомобиля, предназначенная для снижения управляющего усилия, прикладываемого к рулевому колесу.

Возможны следующие варианты компоновки электроусилителя: усилие электродвигателя передается на вал рулевого колеса; усилие электродвигате-

ля передается на вал шестерни реечного рулевого механизма; электродвигатель воздействует через винтовую гайку на рейку рулевого механизма.

Достоинством такой схемы является то, что рулевой механизм при этом практически неизменен, трубок (магистралей) гидравлики нет, да и энергопотребление минимальное. Положительным отличием также выделяют относительную дешевизну, компактность, независимость от расходов топлива и простоту настройки. Ну а главный недостаток проявляется при отказе усилителя во время непредвиденной ситуации на дороге — возникает резкое увеличение нагрузки и, как следствие, возрастает усилие на руль. Также следует отметить дороговизну такой системы.

Электрогидравлические системы рулевого управления с усилителем, и также иногда называемые «гибридными» системами, используют такую же вспомогательную гидравлическую технологию как и в стандартной системе.

Электрогидравлический усилитель рулевого управления состоит из насосного агрегата, гидравлического узла управления и системы управления (Рис. 1) [3].

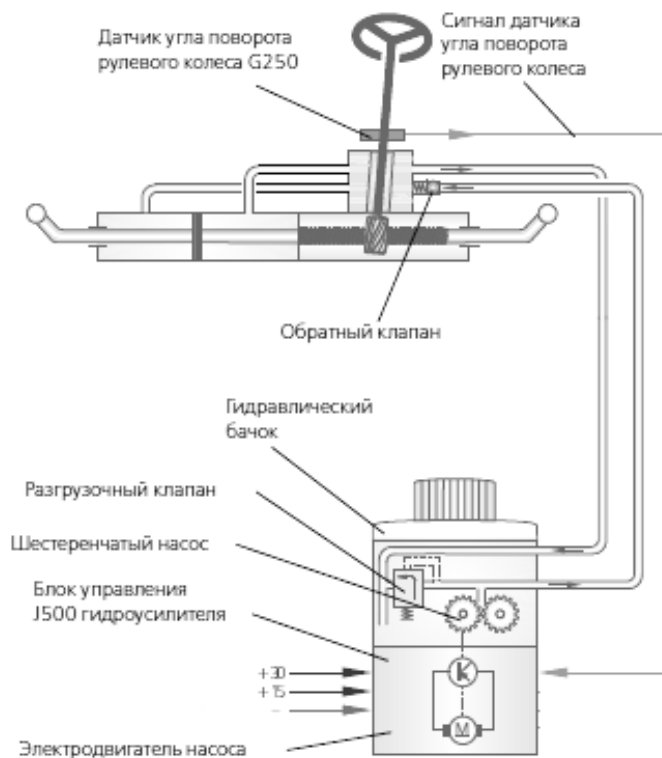


Рис. 1. Схема ЭГУР

Принцип работы электрогидравлического усилителя руля аналогичен гидравлическому [2]. Разница в том, что гидронасос начинает работать не от двигателя машины, а от электродвигателя, который питается от генератора. В следствии чего насос работает в непостоянном режиме, а только при непосредственном повороте руля, что позволяет экономить до 1 литра топлива на 100 км. пути.

Датчики обнаруживают движение и вращающий момент рулевой колонки, и компьютерный модуль подключает вспомогательный вращающий момент через электродвигатель, соединенный непосредственно или с механизмом управления или с рулевой колонкой. Это позволяет переменному количеству усиления применяться в зависимости от условий движения.

Насосный агрегат представляет собой объединенный блок, включающий гидравлический насос, электродвигатель насоса и бачок для рабочей жидкости. На насосный агрегат устанавливается электронный блок управления.

Гидравлический насос может быть лопастного или шестеренного типа. Наиболее простым и надежным является шестеренный насос.

Гидравлический узел управления является исполнительным механизмом усилителя руля. Он включает торсион с поворотным золотником и распределительной гильзой и силовой цилиндр с поршнем.

Система управления обеспечивает работу усилителя. На современных автомобилях используется электронная система управления, которая обеспечивает регулирование коэффициента усиления в зависимости от скорости поворота рулевого колеса и скорости движения автомобиля. Усилитель с такими характеристиками называется адаптивным усилителем рулевого управления. Такие усилители подойдут для автомобилей с электронной системой управления двигателем, позволяющими оснащаться и совместно работать с новыми датчиками.

Предлагается использовать наиболее перспективный и имеющий лучшие характеристики электрогидроусилитель руля для автомобиля Шевроле Нива, в котором в настоящее время используется обычный ГУР.

На рис. 2 показана схема подключения электрогидравлического усилителя к системе рулевого управления Шевроле Нива.

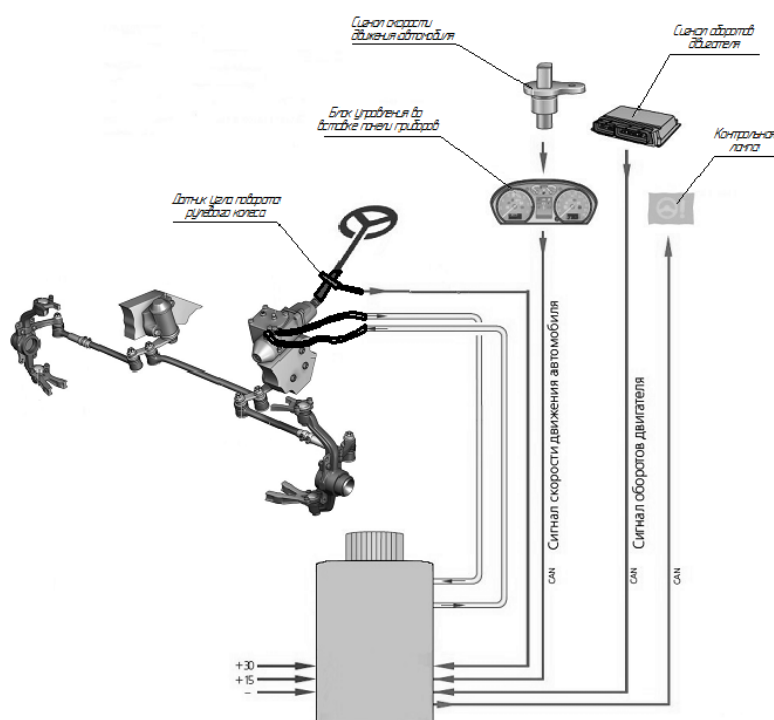


Рис. 2 – Схема подключения ЭГУР на Шевроле Нива

Входными датчиками системы являются датчик усилителя руля (датчик угла поворота рулевого колеса – на автомобилях, оборудованных ESP), датчик спидометра. Помимо датчиков, система использует информацию о частоте вращения коленчатого вала двигателя, поступающую от системы управления двигателем.

Электронный блок управления усилителем руля принимает и обрабатывает сигналы датчиков и в соответствии с установленной программой воздействует на исполнительное устройство.

В разных модификациях системы ЭГУР используются следующие исполнительные устройства: электродвигатель насоса, электромагнитный клапан в гидросистеме. В первом случае изменение производительности гидроусилителя осуществляется за счет изменения скорости вращения электродвигателя. Во-втором, за счет изменения проходного сечения гидросистемы (открытие-закрытие клапана).

Выводы. Электрогидравлические усилители объединили в себе достоинства гидравлических и электрических усилителей: точность, информативность и эффективность; на более высоких скоростях электронная система датчиков постепенно уменьшает уровень усиления управления; отсутствие машинного компонента с ременным приводом; компактность; топливная экономичность (до 1 л на 100 км). Другое главное преимущество ЭГУР — устранение машинного компонента с ременным приводом, и несколькими гидравлическими шлангами высокого давления между гидравлическим насосом, установленным на двигателе, и механизмом управления, установленным на шасси. Это значительно упрощает производство и обслуживание. Включив электронный контроль устойчивости, электрические системы усилителя руля можно мгновенно изменить уровень поддержки, изменяя вращающий момент, чтобы помочь водителю при корректирующих маневрах.

Список использованных источников

[1] *Усилители рулевого управления*. URL: <http://www.poiskavtouslug.ru/tehicheskoe-obsluzhivanie/usiliteli-rulevogo-upravlenija.html> (дата обращения 11.10.2016).

[2] *Гидравлический усилитель рулевого управления с электронным управлением* URL: <http://ustroistvo-avtomobilya.ru/rulevoe-upravlenie/gidravlicheskiy-usilitel-rulevogo-upravleniya-s-e-lektronny-m-upravleniem/>. (дата обращения 11.10.2016).

[3] *Электрогидравлический усилитель руля*. URL: http://vwts.ru/steering/el_gidr_gur_rus.pdf (дата обращения 11.10.2016).

Пономарев Алексей Иванович - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: apon2005@yandex.ru

Крылов Максим Викторович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: maxkrylov2015@yandex.ru

Мишин Евгений Александрович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ea.mishin2016@yandex.ru

С.А. Голубина, А.В. Матвеев

СИСТЕМА ЭКСТРЕННОГО ТОРМОЖЕНИЯ BRAKE ASSIST

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

На настоящий момент большая часть автомобилей премиум-класса оснащены в базовом наборе оборудования системой Brake Assist – системой помощи при аварийном торможении. Ее главная функция – уменьшить тормозной путь при внезапном торможении. Исследования доказали, что эта система позволяет в среднем сократить его на 1/5 часть. Этого, иногда, достаточно, чтобы спасти жизнь.

Есть две разновидности системы Brake Assist: помощь при аварийном торможении, и наиболее современный вариант – автоматическое экстренное торможение. Первая – при резком нажатии на педаль дотормаживает за водителя, выпуская максимальное давление в контур тормозной системы. Вторая разновидность системы Brake Assist выполняет похожую операцию, но уже без участия водителя. Разберем каждую более детально.

Система помощи при аварийном торможении. Чаще всего подобные системы делят на гидравлические и пневматические [1]. В основе этой классификации лежит принцип создания максимального давления в контурах тормозной системы. Пневматический Brake Assist дает возможность добиться максимальной эффективности для вакуумного усилителя.

К данным системам относятся:

- EBA (Emergency Brake Assist) устанавливается в автомобилях БМВ, Мерседес, Тойота, Вольво,
- AFU (l'aide au freinage d'urgence), устанавливается на автомобилях французских брендов таких как Ситроен, Рено, Пежо.

Конструкция данной системы объединяет в себе специальный датчик, электромагнитный привод штока и электронный блок управления всей системой. Пневматическая версия любого Brake Assist в 100% случаев устанавливается на авто только, которое оборудовано ABS.

Система запускается только в момент резкого (экстренного) нажатия на педаль. Специальный датчик обрабатывает сигнал датчика скорости нажатия на педаль тормоза, а затем передает информацию в EBU. Электронный блок управления системы включает электромагнит, а вакуумный усилитель «дожимает» до упора педаль. Система запускается еще до срабатывания ABS [2].

Гидравлический тип данной системы позволяет создать максимальное давление жидкости в тормозной системе, используя конструктивные особенности и элементы системы курсовой устойчивости.

Она также имеет множество вариантов: DBC, BA Plus, HBB, SBC, HBA. Принципы работы данных систем схожи, но в каждой есть свои особенности работы, поэтому разберем их более подробно.

- HBA (Hydraulic Braking Assistance) устанавливается на автомобилях Ауди, Фольксваген,
- HBB (Hydraulic Brake Booster) устанавливается также на автомобили Ауди, Фольксваген,
- SBC (Sensotronic Brake Control) ставится на автомобилях Мерседес,
- BA Plus (Brake Assist Plus) также на машинах марки Мерседес.

HBA как и пневматический вариант системы определяет экстренное состояние по скорости нажатия педали тормоза. HBA использует датчик угловой скорости, выключатель лампочки стоп-сигнала и манометр тормозного контура. Проанализировав и рассчитав данные, электронный блок управления включает обратный насос, который максимально повышает давление тормозной жидкости в тормозной системе. Система HBA запускается еще до срабатывания ABS.

Система HBB иногда работает как обыкновенный вакуумный усилитель тормозов. Она анализирует данные, которые поступают с манометра тормозной системы, выключателя стоп-сигнала и датчика разрежения в вакуумном усилителе. Если разрежения в нем не хватает, то подается сигнал о включении насоса обратной подачи, который значительно увеличивает давление в тормозах [3].

SBC – более сложная и современная версия тормозного «помощника». Она принимает во внимание целый ряд различных характеристик и факторов, начиная от скорости переноса ноги с газа на тормоз, силы и скорости нажатия на педаль, и заканчивая типом дороги или динамическими параметрами. Идеальное давление в контуре тормозов для каждой конкретной ситуации высчитывается исходя из этих факторов.

BA Plus – это промежуточный вариант между автоматическими и ручными системами Brake Assist. Программа анализирует расстояния до встречных предметов благодаря специальным радарам Distronic, включая автомобили на дороге, подает сигнал водителю об опасности и призывает сбросить скорость. Если система посчитает что торможение недостаточное, BA Plus самостоятельно повысит давление в контурах.

Система автоматического экстренного торможения. Эти системы технически более совершенны и устанавливаются только в совсем дорогих авто в максимальных комплектациях. Анализирующими датчиками являются радары или видеокамеры. Система рассчитывает расстояние до впереди идущего автомобиля и снижает скорость. Даже если это не предотвратит столкновение, ущерб от удара существенно снизится. Обычно такая система основывается на других комплексах безопасности автомобиля, например, адаптивном круиз-контроле. Существует много вариантов помощника автоматического торможения. Автопроизводитель сам дает ей

название. Например, Pre-Safe Brake – у Мерседес, или CMBS – у Хонда. Не считая основной функции, вышеупомянутые системы обладают рядом других возможностей, включая звуко-световую сигнализацию или приведение в готовность средств пассивной безопасности автомобиля.

Актуальность установки системы экстренного торможения на отечественные авто. Безопасность автомобиля является определяющим фактором эксплуатации автомобиля. В последнее время на передний план выходят первентивные системы безопасности – это системы, которые призваны предупредить столкновение, а если оно произошло, то уменьшить урон автомобиля. Именно к таким системам относятся системы ABS, EBD, BAS (Brake Assist System). На данный момент на большинство отечественных автомобилей в люкс-комплектации устанавливают системы ABS и EBD. Две эти системы обеспечат избежание блокировки колес и позволяют уверенно объезжать препятствия при торможении до полной остановки. Но дело в том, что без резкого нажатия на педаль тормоза в экстренном случае эти системы не сработают. За резкое нажатие на педаль тормоза отвечает система BAS. Эти три системы вместе обеспечат максимальную безопасность при аварийных ситуациях на дороге. Поэтому существует перспектива установки системы Brake Assist на отечественные автомобили среднего класса. Это можно реализовать в случае удешевления данной системы.

Список литературы

[1] Фред П. Тюнинг. *Тормоза спортивного автомобиля*. Москва, Изд-во Легион-Автодата, 207, 455 с

[2] Система Brake Assist: устройство и предназначение. URL: <http://vodi.su/brake-assist/> (дата обращения 12.10.2016).

[3] Система Brake Assist: экстренное торможение. URL: <http://autorelease.ru/articles/109-automobile/2435-sistema-ekstrennogo-tormozheniya-brake-assist-.html> (дата обращения 12.10.2016).

Голубина Светлана Александровна - канд. техн. наук, старший преподаватель, КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: k4kf@bmstu-kaluga.ru

Матвеев А.В. - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: k4kf@bmstu-kaluga.ru

Д.С. Кузьмин, Н.П. Кодинцев, Ю.С. Жидких

УСТАНОВКА ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ЗАДНЕЙ ПОДВЕСКИ НА АВТОМОБИЛЬ ГАЗЕЛЬ NEXT

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Грузовые автомобили это значительная часть транспорта в любой стране. Эти автомобили предназначены для передвижения по ровным дорогам, а не по бездорожью. Конструкторы стремятся построить грузовой автомобиль отлично управляемым, комфортным и эффективным [1].

Характеристика подвески влияет на множество эксплуатационных качеств автомобиля: плавность хода, комфортабельность, устойчивость движения, долговечность, как самой машины, так и целого ряда ее узлов и деталей. В тяжелых дорожных условиях именно возможности подвески, а вовсе не мощность двигателя, определяют средние и максимальные скорости движения.

Опыт эксплуатации грузовых автомобилей показывает, что на неровных дорогах средняя скорость движения падает на 35-40%, расход топлива увеличивается на 50-70%, межремонтный пробег уменьшается на 35-40%. При этом производительность автотранспорта снижается на 32-36%, а стоимость перевозок возрастает на 50-60%. К этому следует добавить потери, обусловленные перерасходом металла, топлива, резины и добавочными затратами рабочей силы. Для уменьшения этих потерь можно улучшать дороги, что дорого, остается только совершенствовать подвески автомобиля.

Во многих случаях подвеска должна обеспечивать:

- максимальную плавность хода при отсутствии значительных взаимных смещений подрессоренных и недрессоренных частей автомобиля;
- минимальный просвет между кузовом (шасси) и осями;
- постоянство высоты подножки или уровня пола при изменении нагрузки.

На автомобиле Газель NEXT на задней оси установлена зависимая подвеска с листовыми рессорами в качестве упругих элементов (рис. 1) [3].

Рессора состоит из собранных вместе отдельных листов выгнутой формы. Основным преимуществом листовых рессор является их способность выполнять одновременно функции упругого, направляющего, гасящего и стабилизирующего устройств подвески. Кроме того, листовые рессоры просты в изготовлении и легко доступны для ремонта в эксплуатации [2]. По сравнению с упругими устройствами других типов листовые рессоры имеют повышенную массу, менее долговечны, обладают сухим (межлистовым) трением. Основным недостатком зависимой подвески на продольных рессорах является слабое противодействие боковым и продольным силам на больших скоростях, что приводит к смещению (уводу) моста и потере управляемости.

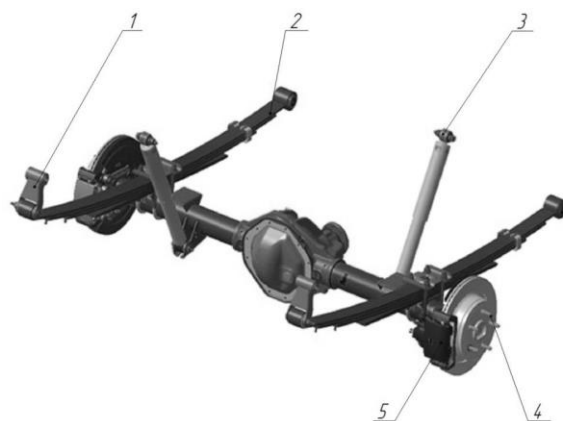


Рис. 1. Задняя рессорная подвеска
1- серьга рессоры; 2- рессора задняя с шарнирами; 3 - амортизатор;
4 - ступица; 5 - тормозной суппорт

Для повышения комфорта и устранения некоторых из недостатков штатной задней подвески Газель NEXT было решено установить, как дополнение, по одной пневморессоре на колесо (рис. 3). Для этого в конструкцию была добавлена поперечная балка, на которую крепятся два кронштейна для установки пневморессор.

Пневморессоры позволяют не только сглаживать колебания кузова транспортного средства, вызванные неровностями дорожного покрытия, но и регулировать положение кузова (рамы) по высоте в определенных пределах. Угловые перемещения полуруссоры в кронштейне происходят посредством упругой деформации сайлентблока.

Пневматическая подвеска автомобиля состоит из: упругих пневматических элементов (по одному элементу на колесо), компрессора для подачи сжатого воздуха, блока и датчиков управления подвеской, ресивера (воздушного), воздушных магистралей.

При линейных характеристиках традиционных упругих элементов не удается добиться приемлемой частоты собственных колебаний, равной $90-120 \text{ мин}^{-1}$, что вынуждает конструкторов обращаться к упругим элементам с нелинейной, прогрессивной характеристикой: пневматическим или гидропневматическим, обладающим целым рядом достоинств. Во-первых, эти упругие элементы имеют большую энергоемкость в основном рабочем диапазоне и при больших прогибах, а значит, обеспечивают снижение амплитуды колебаний, уменьшение количества энергии, поглощаемой амортизаторами, упрощают регулировку. При этом в подвесках со стальными упругими элементами прогрессивная характеристика достигается только за счет сильного усложнения конструкции. Второе достоинство – легкость автоматического регулирования жесткости и динамичного хода подвески в соответствии с условиями нагружения, что позволяет получить большую плавность хода и улучшить другие эксплуатационные качества. Третье достоинство — при одинаковых размерах упругого элемента подвеска позволяет иметь высокую степень унификации для автомобилей разной грузоподъемности со значительной разницей в величине подрессоренных масс. В-четвертых, пневмоэлементы имеют чрезвычайно высокую долговечность, недостижимую для

стальных упругих элементов. Например, ресурс пневморессор автобусов GMC составляет до 1 млн. км. В-пятых, постоянное положение кузова облегчает обеспечение правильной кинематики подвески и рулевого привода, снижается центр тяжести автомобиля и, следовательно, повышается его устойчивость. При любой нагрузке обеспечивается надлежащее положение фар, что повышает безопасность движения в ночное время.

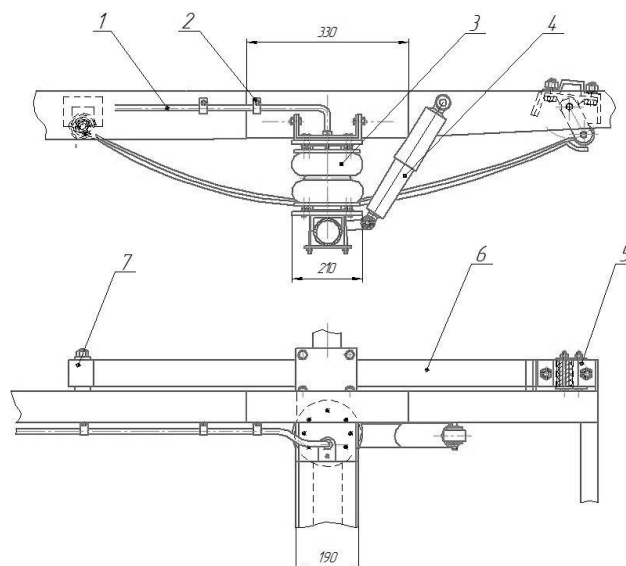


Рис. 3. Задняя пневматическая подвеска

1- трубопровод; 2- хомут; 3- пневморессора; 4- амортизатор; 5- кронштейн задний рессоры; 6- рессора; 7- кронштейн передний рессоры

Таким образом, проведя анализ данной модернизации подвески автомобиля Газель NEXT, можно сделать вывод, что при установке пневморессор как дополнение к штатной подвеске мы получаем ряд плюсов, такие как: повышение комфорта, незначительное увеличение грузоподъемности, регулируемый клиренс, регулируемую жесткость подвески, обеспечение правильной кинематики подвески и рулевого привода груженого автомобиля, увеличение срока службы подвески и всего автомобиля в целом за счет правильного расположения кузова.

Список использованных источников

- [1] Краткий автомобильный справочник. – М.: Трансконсалтинг, 2014 г. – 779 с.
- [2] Й. Раймпель «Шасси автомобиля». – М.: Машиностроение, 2013 г. – 356 с.
- [3] Газель Next дизель с 2013 г.в., ремонт, эксплуатация, техническое обслуживание. – М.: Третий Рим, 2014 г. – 288 с.

Кузьмин Дмитрий Сергеевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: dskuzmin2015@yandex.ru

Кодинцев Николай Павлович - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: knp-kaluga@yandex.ru

Жидких Юрий Сергеевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: zhidkikh.yuri@gmail.com

СЕКЦИЯ 8.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ

Ю.В. Обрубков, Н.Д. Влайков, А.А. Соломатин

АСТЕРОИДЫ ГРУППЫ АТОНА С БЛИЗКИМИ ОРБИТАМИ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

В последнее время все чаще встречается термин «астероидная опасность». Группа астероидов Аполлона, это одна из групп околоземных астероидов, орбиты которых пересекают или могут пересечь орбиту Земли. Наибольшую опасность представляют астероиды групп Атона и Аполлона. На момент проведения исследования было открыто 1007 астероидов группы Атона, среди которых 153 представляют потенциальную опасность для нашей планеты. Изучение эволюции орбит и возможных взаимосвязей астероидов группы Атона является важной задачей обеспечения безопасности жизни на Земле.

Положение астероида в пространстве на момент времени T может быть задано оскулирующими кеплеровскими элементами эллиптической орбиты: большой полуосью a , (или перигелийным расстоянием $q = a(1 - e)$) эксцентриситетом e , наклоном орбиты к плоскости эклиптики i , аргументом перигелия ω , долготой восходящего узла Ω и, например, средней аномалией M . Угловые элементы i , ω , Ω - определяют положение плоскости орбиты небесного тела в гелиоцентрической системе координат, большая полуось – размеры эллипса, а эксцентриситет его форму или степень сжатости. Аномалия определяет положение тела на орбите в момент времени T .

Численной мерой близости орбит в пятимерном пространстве элементов орбит e , q , i , Ω , ω может являться, например, значение D_{SH} -критерия Саутворта и Хокинса [1]. Значение этого критерия вычисляется по формуле:

$$D_{SH}^2 = (\Delta e)^2 + (\Delta q)^2 + 4 \sin^2 \frac{\Delta i}{2} + 4 \sin i_1 \sin i_2 \sin^2 \frac{\Delta \Omega}{2} + (e_1 + e_2)^2 \sin^2 \frac{\Delta \pi}{2},$$

где $\Delta e = e_1 - e_2$, $\Delta i = i_1 - i_2$, $\Delta q = q_1 - q_2$, $\Delta \Omega = \Omega_1 - \Omega_2$, $\Delta \pi = \pi_1 - \pi_2$, $\pi = \omega + \Omega$, а $e_1, e_2, i_1, i_2, q_1, q_2, \Omega_1, \Omega_2, \pi_1, \pi_2$ – эксцентриситеты, наклоны, перигелийные расстояния, долготы восходящих узлов и долготы перигелиев двух сравниваемых орбит соответственно. Отметим, что неявно этот критерий использует условие пересечения орбит исследуемых объектов с орбитой Земли, в одном из узлов.

С целью изучения закономерностей распределения множества орбит астероидов группы Атона, был вычислен D_{SH} -критерий для каждой из более чем 1 000 000 пар астероидов. Исходные значения элементов орбит были взяты из каталога Национального космического агентства США - NASA [2], в котором на 03.03.2016 насчитывалось 1007 объектов группы Атона.

Среди изучаемых объектов имеются пары астероидов для которых текущее значение D_{SH} -критерия достаточно мало. Это может говорить о возможности их связи или общности происхождения. Наши вычисления показали, что наименьшее значение D_{SH} -критерия, равное 0,02139, соответствует 1-й паре астероидов из Таб. 1, а именно астероидам 2006 FH36 и 2010 HA. Кроме этой пары в Таб. 1 приведены названия и элементы орбит еще 9 пар астероидов с наименьшими значениями D_{SH} -критерия.

Таблица 1. Десять пар астероидов группы Атона с наименьшими различиями элементов орбит

№	Объект	a а.е.	e	i град.	ω град.	Ω град.	D_{SH}
1	(2006 FH36)	0,827	0,392	4,165	139,783	191,249	0,021
	(2010 HA)	0,948	0,117	3,908	210,367	353,569	
2	(2012 DQ8)	0,963	0,475	1,805	315,561	55,250	0,025
	(2008 CL1)	0,860	0,255	15,257	207,330	29,978	
3	(2011 GE3)	0,964	0,126	1,908	291,228	189,487	0,027
	(2014 FN38)	0,734	0,344	9,268	359,285	297,501	
4	(2007 VW83)	0,957	0,120	10,889	128,560	3,210	0,028
	(2007 VB188)	0,918	0,258	7,337	220,402	354,379	
5	(2009 YR)	0,989	0,279	4,668	56,018	342,988	0,028
	(2010 UJ)	0,944	0,095	0,370	72,930	134,218	
6	(2016 CH30)	0,820	0,277	10,036	28,935	279,842	0,030
	(2007 UY1)	0,893	0,218	12,033	181,803	196,254	
7	(2009 YR)	0,989	0,279	4,668	56,018	342,988	0,030
	(2004 QA22)	0,857	0,210	0,636	210,750	215,517	
8	(2013 SM20)	0,841	0,517	0,923	234,702	69,051	0,033
	(2006 SP19)	0,869	0,248	14,074	241,229	303,631	
9	(2015 XX168)	0,911	0,297	31,006	311,960	309,287	0,033
	(2014 WZ365)	0,989	0,348	12,363	301,598	220,224	
10	(2010 UY7)	0,885	0,154	3,301	160,671	92,202	0,034
	(2016 CH30)	0,820	0,277	10,036	28,935	279,842	

Как показывает Таб. 1 элементы орбит астероидов, образующих выявленные пары, имеют очень близкие значения. Значит, и изменения этих элементов во времени, то есть эволюция орбит под действием планетных возмущений, будет происходить примерно одинаково. Этот факт позволяет предположить возможность связи этих объектов или общность их происхождения в результате дробления общего родительского тела. Для проверки этой гипотезы необходимо сравнить эволюцию орбит астероидов выяв-

ленных пар на различных интервалах времени и определить возможные моменты дробления.

Всего в ходе проведенного исследования было найдено: 52 пары со значениями - $D_{SH} < 0.05$, 775 пар с $0,05 < D_{SH} < 0,10$ и 8573 пары для которых значения критерия находятся в пределах $0,1 < D_{SH} < 0,2$.

Результаты проведенных вычислений предполагается использовать в дальнейшем для проведения кластерного анализа группы Аполлона, где в качестве критерия кластеризации можно использовать значения D_{SH} - критерия Саутворта-Хокинса, вычисленные для каждой пары астероидов.

Список литературы.

[1] Southworth R.B. & Hawkins G.S. Statistics of meteor streams // Smith. Contrib. Astrophys., 1963, Vol. 7, P. 261-285

[2] ATE orbital elements URL: // http://neo.jpl.nasa.gov/cgi-bin/neo_elem (дата обращения 03.03.2016)

Обрубов Юрий Викторович - д-р физ.-мат. наук, профессор КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: obrubovyu@yandex.ru

Влайков Николай Дмитриевич - старший преподаватель КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: nick-vlaikov@yandex.ru

Соломатин Андрей Андреевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: Deadrayder@gmail.com

В.Ю. Захаров, Т.Г. Чернова

К ВОПРОСУ ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ОДНОРОДНОГО СОСТОЯНИЯ МАГНИТОАКТИВНОЙ ПЫЛЕВОЙ ПЛАЗМЫ С УЧЕТОМ ЭФФЕКТА ХОЛЛА И НЕПОДВИЖНЫХ ПЫЛЕВЫХ ЧАСТИЦ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Пылевая плазма (или запыленная плазма, dusty plasma) представляет собой ионизованный газ, содержащий пылинки - частицы твердого вещества. Такая плазма часто встречается в космосе: в планетных кольцах, хвостах комет, межпланетных и межзвездных облаках. Она обнаружена вблизи искусственных спутников Земли и в пристеночной области термоядерных установок с магнитным удержанием, в плазменных реакторах, дугах, разрядах. Повышенный интерес к свойствам пылевой плазмы возник с развитием технологий плазменного напыления и травления в микроэлектронике, производства тонких пленок и наночастиц. Наличие твердых частиц, которые попадают в плазму в результате разрушения электродов и стенок разрядной камеры, не только приводит к загрязнению поверхности полупроводниковых микросхем, но и возмущает плазму, зачастую непредсказуемым образом.

В данной работе в рамках магнитогидродинамического описания рассматриваются малые возмущения однородного состояния магнитоактивной, полностью ионизированной, трехкомпонентной плазмы, содержащей, помимо электронов и ионов, неподвижные заряженные макрочастицы (массы электрона, иона и макрочастиц равны соответственно m_e , m_i , m_d , а их заряды $q_e = e$, $q_i = +Z_i e$, $q_d = -Z_d e$). Плотность n_d пылевых макрочастиц предполагается постоянной, их скорость \bar{u}_d считается пренебрежимо малой. Также предполагается, что плазма находится в однородном магнитном поле $\vec{B} = B_0 \vec{z}$, частота ω рассматриваемых волн меньше электронной ларморовской частоты $\omega_e = \frac{eB_0}{m_e c}$, длина волны λ больше ионного ларморовского радиуса $\rho_{L,i}$, и в однородном состоянии выполняется условие квазинейтральности $n_{e,0} - Z_i n_{i,0} + Z_d n_d = 0$ (индекс 0 относится к невозмущенным параметрам).

Система магнитогидродинамических уравнений для описания данного вида плазмы состоит, согласно [1, 2], из уравнений неразрывности и движения для электронов и ионов и уравнений Максвелла. В рамках данной системы в [1, 2] рассматривались малые возмущения однородного состоя-

ния плазмы и было получено следующее дисперсионное уравнение для волновой частоты ω линейных волн.

$$\begin{aligned} (\omega^2 - k_z^2 V_A^2) \left[\omega^2 (\omega^2 - k^2 c_S^2) - (\omega^2 - k_z^2 c_S^2) k^2 V_A^2 \right] = \omega^2 (\omega^2 - k_z^2 c_S^2) \Omega_R^2 + \\ + \frac{k_z^2 k^2 V_A^4}{\alpha^2 \omega_{ci}^2} \left[\omega^2 (\omega^2 - k^2 c_S^2) - \Omega_R^2 (\omega^2 - k_z^2 c_S^2) \right] + \frac{2k_z^2 k^2 V_A^4 \Omega_R}{\alpha \omega_{ci}} (\omega^2 - k_z^2 c_S^2), \end{aligned} \quad (1)$$

где $\vec{k} = \vec{k}_\perp + \vec{z}k_z$ - волновой вектор, $k^2 = k_x^2 + k_y^2 + k_z^2 \equiv k_\perp^2 + k_z^2$, $V_A = \alpha B_0 / \sqrt{4\pi m_i n_{i,0}} \equiv \alpha v_A$ - модифицированная альфвеновская скорость ионов, v_A - обычная альфвеновская скорость ионов, $\omega_{ci} = Z_i e B_0 / m_i c$ - ионная циклотронная частота, $c_S = \left[(\gamma_i n_{i,0} T_i + \gamma_e Z_i^2 n_{i,0}^2 T_e / n_{e,0}) / m_i n_{i,0} \right]^{1/2}$ - модифицированная ионная скорость звука. Параметры $\alpha = Z_i n_{i,0} / n_{e,0}$ и $\Omega_R = Z_d n_d \omega_{ci} / n_{e,0}$ учитывают наличие пылевых частиц. Для свободной от пылевых частиц плазмы $\alpha = 1$, $V_A = v_A$ и $\Omega_R = 0$. Слагаемые во второй строке уравнения (1) связаны с Холловской дисперсией. Эти слагаемые пропадают для идеальной МГД, а также в случае чисто перпендикулярного распространения волны ($k_z = 0$).

Уравнение (1) является уравнением шестой степени, кубическим по ω^2 . Если уравнение (1) имеет три неотрицательных корня по ω^2 , то тогда все три пары симметричных относительно начала координат корней будут действительными, и однородное состояние будет устойчивым. Наличие отрицательных корней (1) по ω^2 приведет к появлению пар комплексно сопряженных корней, и, как следствие, к неустойчивости однородного состояния.

В [1, 2] для анализа корней уравнения (1) рассматривались частные случаи чисто продольного ($k = k_z$), чисто перпендикулярного распространения волны ($k_z = 0$) и холодной плазмы ($c_S = 0$).

В настоящей работе удалось провести анализ корней (1) в общем случае. Для этого перепишем уравнение (1) в виде

$$f(\omega) = g(\omega), \quad (2)$$

где

$$\begin{aligned} f(\omega) = \omega^2 (\omega^2 - k^2 c_S^2) \left[\omega^2 - k_z^2 V_A^2 \left(1 + \frac{k^2 V_A^2}{\alpha^2 \omega_{ci}^2} \right) \right] \\ g(\omega) = (\Omega_R^2 + k^2 V_A^2) (\omega^2 - k_z^2 c_S^2) \left[\omega^2 - \frac{k_z^2 k^2 V_A^4}{\Omega_R^2 + k^2 V_A^2} \left(1 - \frac{\Omega_R}{\alpha \omega_{ci}} \right)^2 \right]. \end{aligned}$$

Запись дисперсионного уравнения (1) в более удобном виде (2) для анализа его корней уже использовалась в некоторых работах авторов (см., например [3-6]). Представление исходного дисперсионного уравнения высокой степени в виде (2) иногда позволяет геометрически получить аналитические условия на невозмущенные параметры плазмы, при которых дис-

персионное уравнение не имеет комплексных корней, и, следовательно, однородное состояние является устойчивым относительно малых возмущений.

Совместный анализ графиков функций $f(\omega)$ и $g(\omega)$ позволил сделать вывод о том, что они всегда имеют шесть точек пересечения, симметричных относительно начала координат. Таким образом, в рамках рассматриваемой модели однородное состояние всегда устойчиво, наличие пылевых частиц не приводит к неустойчивости относительно малых возмущений. Отметим также, что данный подход позволяет получить интервальные оценки для корней дисперсионного уравнения.

Список литературы

[1] Shukla P.K, Kourakis I., Stenflo L. Low-frequency electromagnetic waves in a Hall-magnetohydrodynamic plasma with charged dust macroparticles. Phys.Plasmas. 2005. 12 . 024501-1-4.

[2] Shukla P.K, Kourakis I., Stenflo L. New Generalized Dispersion Relation for Low-Frequency Electromagnetic Waves in a Hall-Magnetohydrodynamic Dusty Plasmas. New vistas in dusty plasmas. Fourth International Conference on the Physics of Dusty Plasmas. Orleans. France. 13-17 June.2005.311-314.

[3] Захаров В.Ю. Проблемы МГД бесстолкновительной плазмы в сильном магнитном поле / М.: Изд-во МГУ, 1988. С.48.

[4]. Захаров В.Ю. О влиянии ионных тепловых потоков на устойчивость анизотропной бесстолкновительной плазмы. Изв. АН СССР. МЖГ. 1993. № 2. С.153-157.

[5] Захаров В.Ю., Чернова Т.Г., Степанов С.Е. Анализ устойчивости однородного состояния анизотропной плазмы. Физика плазмы. 2015. 41. № 4. С.386-390.

[6]. V. Yu. Zakharov, T. G. Chernova, and S. E. Stepanov Analysis of Stability of a Homogeneous State of Anisotropic Plasma Plasma Physics Reports. 2015. 41. № 4.p.355-359.

Захаров Владимир Юрьевич - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: vladiyuz@mail.ru

Чернова Татьяна Георгиевна - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: chernova-tg@yandex.ru

Н.Д. Влайков, А.Г. Кошель

ПОИСК АСТЕРОИДОВ, ВОЗМОЖНО СВЯЗАННЫХ С 250458 (2004 ВО41)

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

В последнее время в заголовках статей СМИ часто встречается заметки о проходящих рядом с Землей астероидах и связанных с этим сценариями возможного апокалипсиса. Совсем недавно речь шла об астероиде 250458 (2004 ВО41) – полутора километровом астероиде группы Аполлона, который пронесся мимо нашей планеты на расстоянии 15 миллионов километров. Результаты падения Челябинского метеорита повысили интерес к данному рода событиям и показали важность исследований в этой области. На данный момент 1470 объектов группы относят к потенциально опасным астероидам. Потенциально опасными считают астероиды, проходящие на расстоянии менее 0,05 а.е. от орбиты Земли и диаметром более 100 м.

Астероид 250458 (2004 ВО41) – один из представителей околоземных астероидов группы Аполлона. С целью выявления астероидов, возможно имеющих генетическую связь с 2004 ВО41, был проведен поиск астероидов группы Аполлона с орбитами, близкими к орбите 2004 ВО41. Данные об элементах орбит получены из каталогов НАСА на 14.03.2016 [1]. На эту дату группа насчитывала 7010 объектов.

Считается, что объекты могут иметь генетическую связь, если значение D_{SH} - критерия Саутворта-Хокинса для их орбит не превышает 0,2 – 0,3. Поэтому на первом этапе поиска связанных объектов мы вычислили значения наиболее часто применяемого критерия близости орбит: D_{SH} - критерия [2].

Критерий Саутворта – Хокинса был вычислен по формулам (1) для всех астероидов группы Аполлона по отношению к орбите 250458 (2004 ВО41).

$$D_{SH}^2 = (\Delta e)^2 + (\Delta q)^2 + 4 \sin^2 \frac{\Delta i}{2} + 4 \sin i_1 \sin i_2 \sin^2 \frac{\Delta \Omega}{2} + (e_1 + e_2)^2 \sin^2 \frac{\Delta \pi}{2}, \quad (1)$$

где $\Delta e = e_1 - e_2$, $\Delta i = i_1 - i_2$, $\Delta q = q_1 - q_2$, $\Delta \Omega = \Omega_1 - \Omega_2$, $\Delta \pi = \pi_1 - \pi_2$,

а $e_1, e_2, i_1, i_2, q_1, q_2, \Omega_1, \Omega_2, \pi_1, \pi_2$ – эксцентриситеты, наклоны, перигелийные расстояния, долготы восходящих узлов и долготы перигелиев двух сравниваемых орбит соответственно.

Из всего множества по нашим вычислениям только четыре объекта удовлетворяют условию $0,2 < D_{SH} < 0,3$. Элементы орбит и значения критерия приведены в Табл. 1.

Таблица 1. Элементы орбит и значения D_{SH} критерия

№	Астероид	a (а.е.)	e	i (град.)	ω (град.)	Ω (град.)	D_{sh}
1	250458 (2004 BO41)	1,019	0,493	35,560	254,417	337,786	0
2	(2012 RG15)	1,077	0,453	48,923	247,201	336,645	0,257
3	(1998 SU4)	1,148	0,580	23,155	241,796	350,635	0,259
4	(2013 GT38)	1,846	0,714	41,694	268,333	333,900	0,271
5	(2005 QK76)	1,397	0,517	22,856	266,097	337,590	0,291

Как видно из Табл. 1, астероид (2012 RG15) имеет $D_{SH} = 0,257$ и достаточно близкие значения элементов орбит. Астероиды (2013 GT38) и (2005 QK76) имеют большие различия в значениях a с астероидом 250458 (2004 BO41), что делает маловероятным наличие связи между ними. Взаимное расположение орбит в эклиптической гелиоцентрической системе координат можно оценить по проекциям орбит на плоскость эклиптики, представленным на Рис. 1.

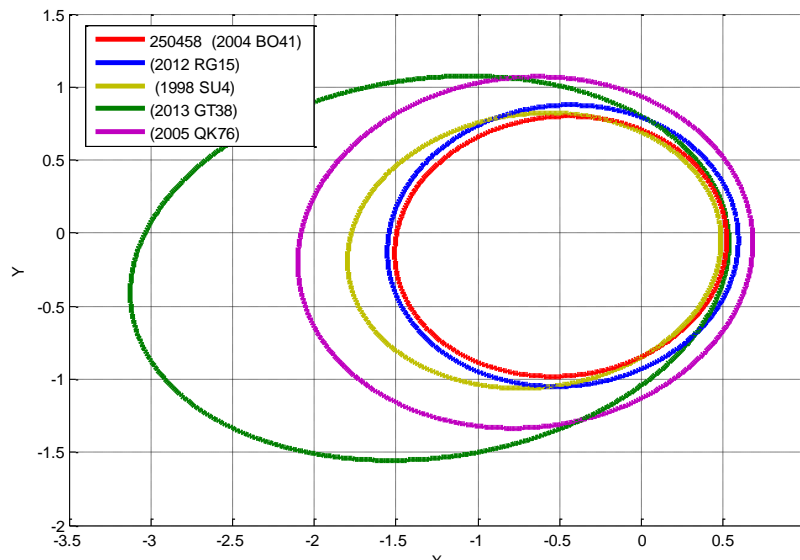


Рис. 1. Проекция орбит отобранных астероидов (ед. маш. 1 а.е)

Полученные результаты говорят о том, что на данный момент времени в группе Атона нет астероидов достаточно близких к 250458 (2004 BO41) по критерию D_{SH} . На генетическую связь могут претендовать только два астероида ((2012 RG15) и (1998 SU4)). Однако, это не означает, что среди исследуемого множества нет астероидов генетически связанных с данным. Значение критерия Саутворта-Хокинса может значительно меняться в процессе эволюции орбит [3]. В связи с чем, в дальнейших исследованиях следует воспользоваться вариантами приведенных критериев $D_{w=0}$ или $D_{w=90}$ [4], учитывающих, в некотором смысле, планетные возмущения.

Список литературы.

[1] APO orbital elements URL: // http://neo.jpl.nasa.gov/cgi-bin/neo_elem
(дата обращения 14.03.2016)

[2] Southworth R.B. & Hawkins G.S. Statistics of meteor streams // Smith. Contrib. Astrophys., 1963, Vol. 7, P. 261-285

[3] Обрубов Ю.В., Влайков Н.Д. Влияние планетных возмущений на критерии близости орбит околоземных объектов // V Бредихинские чтения: материалы Международной конференции. – 12-16 мая 2014. Заволжск, Россия. URL: // <http://agora.guru.ru/display.php?conf=bredikhin2014>. – С. 27

[4] Обрубов Ю.В., Влайков Н.Д., Соломатин А.А. Кластер астероида 2009FR группы Аполлона // Электронный журнал: наука, техника и образование (ISSN 2413-6220) №2(6) 2016 С 185-192

Влайков Николай Дмитриевич - старший преподаватель КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: nick-vlaikov@yandex.ru

Кошель Алина Григорьевна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kag9708@ya.ru

М.С. Дубинина, В.И. Кристя

РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК КАТОДНОГО СЛОЯ РАЗРЯДА В СМЕСИ АРГОНА С ПАРАМИ РТУТИ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Дуговые осветительные лампы, несмотря на широкое распространение светодиодных ламп, продолжают активно использоваться в настоящее время и являются одним из самых распространенных типов газоразрядных приборов. В качестве рабочей среды в таких лампах чаще всего используется смесь аргона с парами ртути. Ее особенностью является зависимость содержания ртути в ней, а, следовательно, и напряжения зажигания разряда от температуры.

Долговечность дуговых осветительных ламп определяется, в значительной степени, воздействием плазмы разряда на электроды. Один из путей увеличения долговечности лампы состоит в снижении напряжения зажигания разряда в ней. Поэтому для выбора оптимальных режимов работы лампы нужно изучить температурные зависимости вкладов различных межчастичных взаимодействий в плазме и процессов переноса в поддержание баланса основных типов частиц в приэлектродном слое разряда, а также их влияние на напряжение возникновения разряда и другие его характеристики. Для этого необходимо разработать математическую модель разряда в рабочей смеси ртутных ламп на этапе от его возникновения до перехода в дуговой разряд, учитывающую зависимость состава смеси от температуры.

После приложения достаточно большого напряжения между электродами в лампе происходит пробой газовой смеси и возникает слаботочный разряд, который затем переходит в тлеющий, а через некоторое время – в дуговой [1, 2]. Характерной особенностью тлеющего разряда является наличие тонкого катодного слоя, в котором напряженность электрического поля E значительно больше, чем в других его частях [1, 2]. Поэтому взаимодействие разряда с катодом определяется процессами, протекающими в его катодном слое. Основными типами заряженных частиц в тлеющем разряде являются электроны и положительные ионы. Ускоряясь электрическим полем, они движутся к аноду и катоду соответственно. Так как концентрация заряженных частиц в катодном слое намного меньше концентрации атомов рабочего газа, то могут приниматься во внимание только столкновения заряженных частиц с нейтральными атомами.

Пусть промежуток между параллельными плоскими электродами заполнен смесью аргона с концентрацией n_{Ar} и паров ртути с концентрацией n_{Hg} , причем $n_{Ar} \gg n_{Hg}$. Будем считать, что ось z перпендикулярна элек-

тродам, плоскость $z = 0$ совпадает с границей катодного слоя, а $z = d_c$ – с поверхностью катода.

Движение заряженных частиц в межэлектродном промежутке описывается уравнениями их переноса. При этом уравнение для плотности электронного тока j_e определяется следующим выражением:

$$\frac{dj_e}{dz} = -\alpha(E(z))j_e, \quad (1)$$

где α – коэффициент ионизации смеси [1]. Его решение с граничным условием на поверхности катода $j_e(d_c) = [\gamma/(1+\gamma)]j$ находится методом разделения переменных:

$$j_e(z) = \frac{\gamma j}{1+\gamma} \exp\left(\int_z^{d_c} \alpha(z) dz\right), \quad (2)$$

где γ – коэффициент ионно-электронной эмиссии катода, j – плотность тока разряда.

Уравнение для плотности тока ионов аргона j_{iAr} :

$$\frac{dj_{iAr}}{dz} = \alpha_{Ar}(E(z))j_e \quad (3)$$

с граничным условием $j_{iAr}(0) = 0$ имеет решение вида:

$$j_{iAr} = \int_0^z \alpha_{Ar}(z)j_e(z) dz, \quad (4)$$

где α_{Ar} – коэффициент ионизации аргона.

Подставив в (4) выражение для j_e из (2), можно получить:

$$j_{iAr}(z) = \frac{\gamma j}{1+\gamma} \int_0^z \alpha_{Ar}(E(z)) \exp\left(\int_z^{d_c} \alpha(z) dz\right). \quad (5)$$

Уравнение же для плотности тока ионов ртути j_{iHg} имеет вид, аналогичный (3):

$$\frac{dj_{iHg}}{dz} = \alpha_{Pen}(E(z))j_e. \quad (6)$$

где α_{Pen} – коэффициент ионизации атомов аргона метастабильными атомами ртути.

Из (2) и (6) следует, что

$$j_{iHg} = \frac{\gamma j}{1+\gamma} \int_0^z \alpha_{Pen}(E(z)) \exp\left(\int_z^{d_c} \alpha(z) dz\right). \quad (7)$$

Выражения (2), (5) и (7) описывают распределения плотностей потоков электронов, а также ионов аргона и ртути вблизи катода.

Так как в катодном слое разряда концентрация ионов аргона n_{Ar^+} намного превосходит концентрацию ионов ртути и электронов, то распределение электрического поля в смеси описывается уравнением Пуассона:

$$\frac{dE}{dz} = \frac{e}{\varepsilon_0} n_{Ar^+}, \quad (8)$$

где e – величина заряда электрона, ε_0 – диэлектрическая постоянная.

Известно [1], что напряженность электрического поля в катодном слое является линейной функцией координаты:

$$E(z) = \frac{2U_c}{d_c^2} z, \quad (9)$$

а концентрация ионов аргона определяется выражением:

$$j_{iAr^+} = en_{Ar}v_{Ar}, \quad (10)$$

где U_c – катодное падение напряжения разряда, $v_{Ar^+}(d_c) = \sqrt{\pi e U_c \lambda_c / \mu_c d_c}$ – дрейфовая скорость ионов аргона у катода, причем λ_c – средняя длина пробега электронов в газе, μ_c – их подвижность.

Рассчитанные зависимости U_c от приведенной плотности разрядного тока j/p^2 в смеси аргон-ртуть (где λ_c – давление смеси) при двух значениях температуры представлены на рисунке 1.

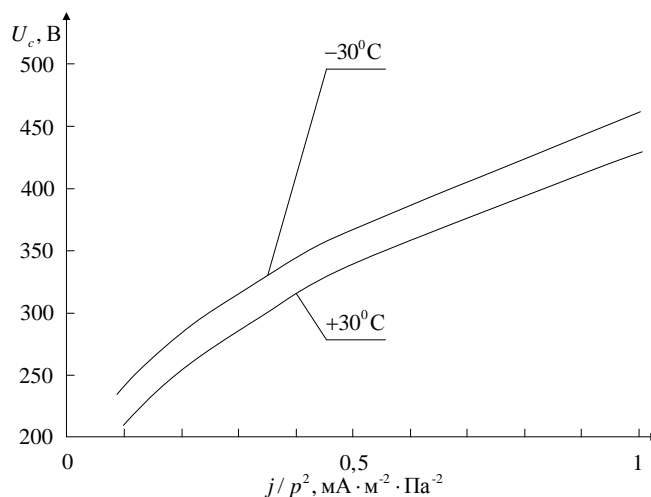


Рис. 1. Зависимость U_c от j/p^2

Видно, что со снижением температуры заметно увеличивается катодное падение напряжения, а следовательно, и напряжение зажигания разряда, из-за уменьшения концентрации ртути в смеси, что согласуется с экспериментальными данными [3]. Это затрудняет зажигание разряда в лампе в при низкой температуре окружающей среды.

Список литературы

- [1] Райзер Ю. П. Физика газового разряда. М.: Наука, 1987. 592 с.
- [2] *Lister G.G., Lawler J.E., Lapatovich W.P., Godyak V.A.* The physics of discharge lamps // Rev. Mod. Phys. 2004. V. 76. № 2. P. 541–598.
- [3] Атаев А.Е. Зажигание ртутных разрядных источников излучения высокого давления. М.: МЭИ, 1995. 168 с.

Дубинина Мария Сергеевна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: m.s.dubinina95@gmail.com

Кристя Владимир Иванович - д-р физ.-мат. наук, профессор КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kristya@bmstu-kaluga.ru

М.И. Супельняк

ТЕПЛОПЕРЕДАЧА ЧЕРЕЗ СТЕНКУ ПРИ ПРОСТРАНСТВЕННО НЕОДНОРОДНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕПЛООБМЕНА

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Расчет поверхности теплообмена является важным этапом проектирования теплообменных аппаратов. При этом в качестве расчетного коэффициента теплоотдачи принимается его осредненное по поверхности значение, хотя в действительности поле коэффициента теплоотдачи может быть существенно неоднородным. Типичным примером такой ситуации является наружное обтекание трубки теплообменного аппарата поперечным потоком теплоносителя. Поэтому исследование влияние пространственной неоднородности интенсивности теплоотдачи на теплопередачу через стенку представляет несомненный практический интерес.

Чтобы выяснить, при каких условиях допустимо использовать в расчетах среднее значение коэффициента теплоотдачи, были решены две модельные задачи о теплопередаче через плоскую и цилиндрическую стенки при пространственно неоднородных условиях теплообмена на их поверхностях. Предполагалось, что переносом теплоты по высоте стенок можно пренебречь, что позволило решать задачу теплопроводности в двумерной постановке. Кроме того, принималось, что условия теплообмена на поверхностях плоской стенки изменяются по ее длине, считающейся неограниченной, по периодическим законам с одинаковым шагом. Поле температуры плоской стенки определялось из решения задачи теплопроводности

$$\frac{\partial^2 \Theta}{\partial X^2} + \nu^2 \frac{\partial^2 \Theta}{\partial Y^2} = 0, \quad 0 < X < 1, \quad -\infty < Y < +\infty;$$

$$\frac{\partial \Theta(0, Y)}{\partial X} = \text{Bi}_i(Y) [\Theta(0, Y) - \Theta_{f,i}(Y)], \quad -\infty < Y < +\infty;$$

$$\frac{\partial \Theta(1, Y)}{\partial X} = \text{Bi}_e(Y) [\Theta_{f,e}(Y) - \Theta(1, Y)], \quad -\infty < Y < +\infty;$$

$$\Theta(X, Y + 2\pi) = \Theta(X, Y), \quad 0 \leq X \leq 1, \quad -\infty < Y < +\infty,$$

а поле температуры цилиндрической стенки из решения задачи

$$\frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial R} \left(R \frac{\partial \Theta}{\partial R} \right) + \frac{\partial^2 \Theta}{\partial \varphi^2} = 0, \quad R_i < R < R_e, \quad 0 < \varphi < 2\pi;$$

$$\frac{\partial \Theta(R_i, \varphi)}{\partial R} = \text{Bi}_i(\varphi) [\Theta(R_i, \varphi) - \Theta_{f,i}(\varphi)], \quad 0 < \varphi < 2\pi;$$

$$\frac{\partial \Theta(R_e, \varphi)}{\partial R} = \text{Bi}_e(\varphi) [\Theta_{f,e}(\varphi) - \Theta(R_e, \varphi)], \quad 0 < \varphi < 2\pi;$$

$$\Theta(R, 0) = \Theta(R, 2\pi), \quad R_i < R < R_e;$$

$$\frac{\partial \Theta(R, 0)}{\partial \varphi} = \frac{\partial \Theta(R, 2\pi)}{\partial \varphi}, \quad R_i < R < R_e.$$

Здесь $\Theta = (T - \langle T_{f,i} \rangle) / (\langle T_{f,e} \rangle - \langle T_{f,i} \rangle)$ – безразмерная избыточная температура стенки; T – температура стенки, К; $\langle T_f \rangle$ – осредненная по периоду температура жидкости, К; индексами « i » и « e » обозначены параметры, относящиеся к внутренней и наружной поверхностям стенки соответственно; $\Theta = \Theta(X, Y)$ – для плоской стенки; $X = x/\delta$, $Y = 2\pi y/l$ – безразмерные поперечная и продольная декартовы координаты; x , y – поперечная и продольная декартовы координаты, м; δ – толщина стенки, м; l – шаг изменения параметров среды по длине стенки, м; $\nu = 2\pi\delta/l$ – параметр формы для плоской стенки; $\Theta = \Theta(R, \varphi)$ – для цилиндрической стенки; $R = r/\delta$ – безразмерный полярный радиус; r – полярный радиус, м; φ – полярный угол, рад; $R_i = r_i/\delta$, $R_e = r_e/\delta$ – безразмерные радиусы внутренней и наружной поверхностей цилиндрической стенки; r_i , $r_e = r_i + \delta$ – радиусы внутренней и наружной поверхностей цилиндрической стенки, м; $Bi = \alpha\delta/\lambda$ – критерий Био; α – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К); λ – коэффициент теплопроводности материала стенки, Вт/(м·К); $Bi = Bi(Z)$; $Z = Y$ – в декартовой системе координат, $Z = \varphi$ – в цилиндрической системе координат; $Bi(Z + 2\pi) = Bi(Z)$; $\Theta_f = (T_f - \langle T_{f,i} \rangle) / (\langle T_{f,e} \rangle - \langle T_{f,i} \rangle)$ – безразмерная избыточная температура жидкости; T_f – температура жидкости, К; $\Theta_f = \Theta_f(Z)$; $\Theta_f(Z + 2\pi) = \Theta_f(Z)$.

С помощью метода разделения переменных были найдены решения приведенных краевых задач в виде тригонометрического ряда Фурье

$$\Theta(U, Z) = \frac{A_0^\Theta(U)}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} [A_n^\Theta(U) \cos(nZ) + B_n^\Theta(U) \sin(nZ)]$$

с функциональными коэффициентами

$$A_0^\Theta(X) = \tilde{A}_0^\Theta X + \tilde{B}_0^\Theta; A_n^\Theta(X) = \tilde{A}_n^\Theta e^{-nv(1-X)} + \tilde{B}_n^\Theta e^{-nvX};$$

$$B_n^\Theta(X) = \tilde{C}_n^\Theta e^{-nv(1-X)} + \tilde{D}_n^\Theta e^{-nvX}; A_0^\Theta(R) = \tilde{A}_0^\Theta \ln(R/R_i) + \tilde{B}_0^\Theta;$$

$$A_n^\Theta(R) = \tilde{A}_n^\Theta (R/R_e)^n + \tilde{B}_n^\Theta (R/R_i)^{-n}; B_n^\Theta(X) = \tilde{C}_n^\Theta (R/R_e)^n + \tilde{D}_n^\Theta (R/R_i)^{-n}.$$

Для определения \tilde{A}_0^Θ , \tilde{B}_0^Θ , \tilde{A}_n^Θ , \tilde{B}_n^Θ , \tilde{C}_n^Θ , \tilde{D}_n^Θ была получена бесконечная система линейных алгебраических уравнений с бесчисленным множеством неизвестных.

Найденные соотношения позволили исследовать влияние пространственной неоднородности интенсивности теплоотдачи на теплопередачу через стенки двух типов.

Супельняк Максим Игоревич - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: max2901@mail.ru

СЕКЦИЯ 9.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ, ГИДРОПНЕВМОАВТОМАТЫ

А.А. Анкудинов, Ю.Ю. Мисягина

ЗАВИСИМОСТЬ КАВИТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ ОСЕВИХРЕВОЙ СТУПЕНИ ОТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

В работе рассмотрены кавитационные характеристики осевихревой ступени (ОВС). Дается определение кавитации в ОВС. Проанализированы эксплуатационные характеристики насоса, приведены способы улучшения кавитационных качеств центробежных насосов.

Обоснована необходимость поиска средств дальнейшего улучшения кавитационных качеств, поскольку проблема является наиболее актуальной для энергетических, химических, авиационных и других насосов, где требуются высокие кавитационные качества при длительном ресурсе работы.

Часто причиной выхода из строя центробежных насосов является работа в режиме кавитации, что вызывает кавитационную эрозию. Кавитация представляет собой образование и последующее разрушение пузырьков пара и газа в результате изменений давления в процессе движения жидкости.

Повышение требований к эксплуатационным характеристикам центробежных насосов: экономичности, вибрации, кавитационным качествам и надежности – вызывает необходимость поиска средств дальнейшего их улучшения.[1]

Обзор и анализ способов улучшения кавитационных качеств насоса. Существуют следующие способы улучшения кавитационных качеств центробежных насосов:

- выполнение центробежного колеса первой ступени с увеличенной площадью горловины на входе;
- применение бустерного насоса с более низкой частотой вращения, чем у основного насоса;
- установка предвключенного струйного насоса;
- применение шнека.

Одним из перспективных способов улучшения кавитационных качеств насоса, снижение шума, вибрации и низкочастотных пульсаций давления и подачи является установка на входе в насос осевихревой ступени.[1]

Осевихревая ступень (ОВС) представляет собой насос, состоящий из осевого колеса и размещенной на его периферии неподвижной винтовой решетки, ход нарезки лопастей которой противоположен ходу лопастей шнека. Течение жидкости в ОВС имеет сложный пространственный характер с вихревым течением на периферии. Упрощенно весь поток можно разделить на две зоны: основной осесимметричный поток, расположенный

вблизи втулки шнека, и вихревой поток в периферийной части осевого колеса и в неподвижной решетке.[1]

ОВС по сравнению со шнеком имеет следующие преимущества:

- более высокий коэффициент напора;
- лучшие кавитационные качества;
- низкие уровни пульсации и вибрации.

Эти свойства ОВС определяют перспективность ее применения и возможность использовать ее как отдельный насос.

Осевихревая ступень. Схема рабочего процесса. В настоящее время на "Калужском турбинном заводе" для улучшения кавитационных характеристик широко применяется предвключенная ОВС. Название ОВС отражает принцип ее работы, то есть процесс увеличения давления происходит как у обычного шнека, так и за счет вихревого взаимодействия жидкости с подвижными и неподвижными каналами. Схема ОВС и модель течения жидкости представлены на рис.1. [2]

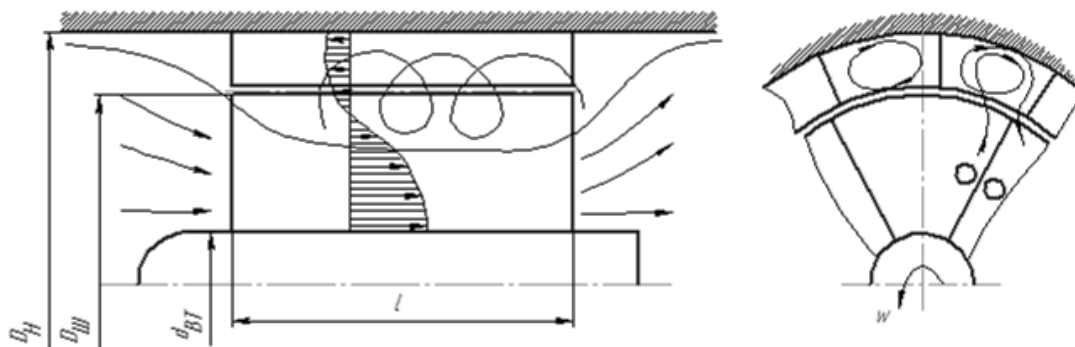


Рис.1. Схема ОВС и модель течения жидкости

Оценка кавитационных качеств в ОВС. Визуальные наблюдения и экспериментальные исследования подтвердили выбранную модель течения жидкости. С понижением давления на входе кавитационные каверны срываются с периферийной области входных кромок шнека и попадают в начальную часть неподвижной решетки. По мере развития кавитации каверна в винтовых неподвижных каналах увеличивается в длину, замыкаясь в межлопаточном пространстве. Чем большую протяженность имеет винтовой канал, тем выше ожидаемые кавитационные качества. [2]

Анализ кавитационных характеристик испытанных вариантов показал, что определяющими геометрическими параметрами по кавитационным качествам являются следующие:

1. Осевая длина. Для исследованных вариантов было получено: чем выше осевая длина насоса, тем выше кавитационные качества.

2. Втулочное отношение шнека. Уменьшение втулочного отношения $\lambda_{\text{вт}} = d_{\text{вт}}/D_{\text{ш}}$ в ОВС приводит к уменьшению абсолютной скорости на

входе в лопастную решетку, и повышает кавитационные качества, как и у обычного осевого насоса.

3. Угол установки лопастей шнека. Для ОВС оптимальный угол установки шнека на его наружном диаметре составляет $\beta_{ш} = 11 - 13^\circ$.

4. Угол установки неподвижной решетки, при котором кавитационные качества наилучшие, $\beta_{ш} = 8 - 13^\circ$.

5. Относительная фронтальная площадь неподвижной решетки должна находиться в диапазоне $F = F_{ш}/F_m = 0,55 - 0,65$.

6. Число лопастей неподвижной решетки z_n следует выбирать так, чтобы относительная высота лопастей неподвижной решетки составляла около половины ширины канала в меридианной плоскости $h_{ш} = (0,4 - 0,5)z_n$.

7. На рис. 2 приведена сводная зависимость экспериментально полученных кавитационных коэффициентов быстроходности для 3% и 25% падения напора, рассчитанных для ОВС, имеющих оптимальные геометрические параметры по кавитации с втулочным отношением $d_{вт} = 0,2 - 0,65$. Относительная осевая длина составляет $L = L/D_{ш} = 1 - 1,2$. [2]

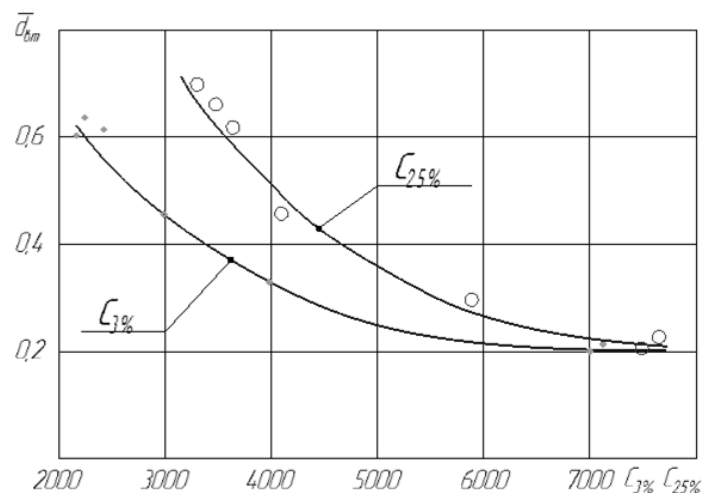


Рис. 2. Зависимость кавитационного коэффициента быстроходности ОВС от втулочного отношения шнека при оптимальных параметрах

Список литературы

[1] Зотов Б.Н., Анкудинов А.А. Осевихревой насос. Патент РФ 2014509.

[2] Анкудинов А.А., Куфтов А.Ф. Энергетические характеристики осевихревого насоса // Известия ВУЗов. – М.: Машиностроение, №2, 1989.

Анкудинов Анатолий Александрович - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ankudinov051@yandex.ru

Мисягина Юлия Юрьевна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: misyagina1994@mail.ru

Н.Ю. Васильчук, Ф.Л. Чубаров

КЛАПАН ОБРАТНЫЙ, ПОВОРОТНЫЙ С ГИДРОПРИВОДОМ И ГИДРАВЛИЧЕСКИМ ДЕМПФЕРОМ ДЛЯ ПАРОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Введение

Стационарные паровые турбины типа ПТ имеют два регулируемых отбора пара: производственный и теплофикационный. Для подключения и отключения линий отборов на паропроводы ставятся задвижки, а для защиты турбины на паропровод отопительного отбора ставится быстрозапорный клапан-захлопка, который служит для предотвращения обратного потока пара в турбину из коллектора питаемой тепловой сети.

Настоящая проблема, связанная с эксплуатацией обратного клапана, заключается в следующем:

- под воздействием больших перепадов давления в паропроводе с разных сторон захлопки происходит слишком быстрое ее закрытие, и в совокупности с большими габаритами и массой этой захлопки возникает сильный удар о седло, что ведет к его разрушению и заклиниванию самой захлопки в седле.

Решением данной проблемы будет модернизация конструкции клапана гидравлическим демпфером, который будет замедлять закрытие захлопки при подходе к седлу и тем самым уменьшать силу удара о него.

1. Описание устройства обратного клапана с гидроприводом и гидравлическим демпфером

Клапан состоит из следующих сборочных единиц:

- обратного клапана-захлопки;
- гидравлического привода (сервомотора);
- ускорителя гидравлического привода;
- гидравлического демпфирующего устройства.

Корпус клапана-захлопки состоит из двух патрубков соединенных между собой фланцами. В месте соединения патрубков закреплено седло. Захлопка, с запрессованным на ней уплотняющим кольцом, крепится на оси, концы которой выходят наружу через подсальниковые кольца.

Гидравлический привод предназначен для принудительного закрытия обратного клапана-захлопки от воздействия пружины после слива напорного масла при срабатывании любой из защит турбины. Внутри цилиндра привода размещен поршень со штоком. Поршень отжимается пружиной. Снизу к цилиндру привода приболчен корпус ускорителя.

В корпусе ускорителя размещается втулка с четырьмя отверстиями, зафиксированная двумя стопорными винтами. Во втулке передвигается

поршень ускорителя, который при отсутствии давления в камере под действием пружины садится своим притертым пояском на притертый поясок седла ускорителя.

На другом выходящем наружу конце оси при помощи шпоночного соединения прикреплен гидравлический демпфер.

Гидравлический демпфер предназначен для плавного безударного закрытия захлопки. Демпфер состоит из следующих частей:

- корпус наружный, прикрепленный к корпусу клапана с помощью шпилек с гайками и закрытый крышкой;
- цилиндрическая оболочка (или корпус демпфера) с 2-мя перегородками, закрытая с 2-х сторон крышками и с центральным отверстием для прохода вала;
- лопасть, вставленную в прорезь вала, трущиеся поверхности которого азотированы;
- бачок компенсационный, приваренный к корпусу.

Для слива рабочей жидкости из гидравлического демпфера в нижней части корпуса имеется отверстие с пробкой и резиновым кольцом.

Уплотнение гидравлического демпфера по отношению к внешней среде осуществлено при помощи торцевого резинового уплотнения и резинового кольца с двумя защитными шайбами.

Для снижения уровня перепада давления рабочей жидкости, возникающего на лопасти при открытии захлопки в перегородках установлены два шариковых перепускных клапана, состоящие из шарика, возвращающей пружины, упорной втулки и вставки.

Для визуального наблюдения за положением захлопки относительно седла в конструкции клапана предусмотрен указатель положения, выполненный в виде стрелки, закрепленной на конце валика, выходящего наружу через отверстие, ввернутой в корпус пробки. Другим концом, на котором выполнен шип, валик вставляется в прорезь шпильки, ввернутой в торец вала клапана и законтренной при помощи шайбы и гайки. Уплотнение валика в пробке и пробки в корпусе выполнено при помощи резиновых колец. Положение стрелки указателя на нуле по шкале соответствует открытому положению затвора.

2. Принцип работы

При срабатывании элементов защиты турбины, камера сообщается с масляным баком (через дистанционный выключатель клапанов-захлопок или через реле захлопок), в результате давление в камере резко падает и пружина прижимает поршень ускорителя к притертому пояску седла ускорителя; вследствие чего поршень открывает отверстия во втулке и масло быстро сливается из-под поршня гидравлического привода в дренажный масляный бак. Пружина, не встречая сопротивления масла, передвигает поршень со штоком и серьгой в крайнее нижнее положение. Таким образом, сила пружины прижимает захлопку к седлу в дополнение к усилию парово-

го потока со стороны коллектора, обусловленному перепадом между давлением пара в коллекторе и давлением пара в камере отбора турбины.

Когда давление масла под поршнем отсутствует, серьга удерживает захлопку в закрытом состоянии.

Если при срабатывании защиты захлопка не закрылась автоматически, ее необходимо закрыть вручную за рычаг, а также закрыть от электропривода задвижку на паропроводе отбора пара.

Для уменьшения ударных нагрузок захлопки о седло при закрытии на клапане установлен гидравлический демпфер.

При повороте захлопки на оси вместе с валом через шпоночное соединение поворачивается и находящаяся в прорези лопасть гидравлического демпфера, вызывая тем самым перемещение рабочей жидкости (масла Т-22) между камерами, образованными в цилиндрической оболочке перегородками и лопастью, через щелевые зазоры внутри цилиндрической оболочки и через перепускные каналы с дроссельными шайбами в левой крышке, предназначенными для регулировки перетока определенного количества масла, позволяющей замедлять или ускорять поворот захлопки.

Список литературы

[1] Руководство по эксплуатации «Турбина паровая ПТ25/34-3,4/0,6/0,12», г. Калуга: ОАО «КТЗ», 2009г.

[2] Иванова Г.М., Проектирование гидравлических систем, Машиностроение, 1992г

[3] Т.М. Башта «Машиностроительная гидравлика», Справочное пособие, М.: Машгиз, 1963г

Васильчук Николай Юрьевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: vasilchuknicolay@gmail.com

Чубаров Федор Леонидович - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: fedor1966chub@yandex.ru

С.С. Панайотти, Е.С. Липин

НЕФТЯНОЙ ЦЕНТРОБЕЖНЫЙ КОНСОЛЬНЫЙ НАСОС

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Общее описание. Центробежные нефтяные насосы – центробежные насосы, предназначенные для переработки (перекачивания) нефти, нефтепродуктов, сжиженных углеводородов и жидкостей, сходных по физическим и химическим свойствам с нефтью и нефтепродуктами. Такие насосы обеспечивают надежность и безопасность работ, а также эффективность процесса перекачивания.

Центробежные нефтяные насосы отличаются от других центробежных насосов, прежде всего, особыми условиями эксплуатации. При переработке нефти на узлы и агрегаты центробежного нефтяного насоса воздействуют не только сложные углеводороды, но и такие факторы, как широкий диапазон температур и различное давление.

Другой особенностью переработки нефти и нефтепродуктов является вязкость перекачиваемой среды. Такие насосные установки производятся в различных климатических исполнениях, так как работают при самых разных погодных условиях. Нефтяной насос должен быть достаточно мощным, так как в процессе перекачки и переработки нефти, агрегат поднимает ее со значительных глубин нефтяных скважин. На эксплуатационные характеристики скважин, в значительной степени, влияет вид энергии, который используется нефтяных оборудованием. Поэтому, определенный тип привода насосной установки, устанавливается с учетом условий эксплуатации.

Нефтяной насос может быть оснащен следующими типами приводов: механическим, электрическим, гидравлическим, пневматическим, термическим. Электрический привод, при условии наличия электропитания, наиболее удобен и дает наиболее широкий диапазон характеристик в процессе перекачки нефти. В условиях, когда электропитание недоступно, нефтяные насосы могут оснащаться газотурбинными двигателями либо двигателями внутреннего сгорания. Пневматические приводы устанавливаются на центробежные нефтяные насосы в случаях, когда есть возможность использовать энергию природного газа (высокого давления), либо энергию попутного газа, что значительно повышает уровень рентабельности насосной установки.

Особенности конструкции и типы нефтяных насосов. Можно выделить некоторые конструктивные особенности центробежных нефтяных насосов. Прежде всего, конструктивные особенности гидравлической части насосного агрегата, специальные материалы учитывающие установку насосного агрегата вне помещения, особая конструкция торцевого уплотнения, взрывозащищенные электродвигатели, которые актуальны для всех

типов оборудования для перекачки нефти. Нефтяная насосная установка с приводом монтируется на едином фундаменте. Торцевое уплотнение с системами промывки и подачи жидкости устанавливается между валом и корпусом насоса.

Проточная часть агрегата выполняется из стали. Нефтяные винтовые насосные установки способны функционировать в более суровых условиях эксплуатации, чем центробежные. В связи с тем, что винтовые агрегаты перекачивают жидкости без контакта винтов, они способны работать с загрязненными веществами (сырая нефть, пульпа, шлам, рассол и т.п.), а также с веществами с высоким уровнем плотности. Нефтяные винтовые насосы бывают одновинтовыми и двухвинтовыми, оба вида демонстрируют хорошую самовсасывающую способность, при этом создавая высокий уровень напора (более 100 метров) и давления (более 10 атм.).

Двухвинтовые насосы данного вида отлично справляются с вязкими жидкостями даже в условиях изменения температуры окружающей среды. Так, данные агрегаты могут работать с веществами, температура которых составляет +450 °С, при этом нижний предел температуры окружающей среды может достигать до -60 °С.

Выделяют несколько видов нефтяных центробежных насосов.

Консольные насосы могут быть оснащены упругой/жесткой муфтой. Существуют модификации без муфты. Такие насосы монтируются горизонтально/вертикально на лапах либо по центральной оси. Температура перекачиваемого вещества составляет не более 400°С.

Консольный одноступенчатый нефтяной насос оснащен рабочими колесами одностороннего хода. Двухпорные насосные установки бывают одноступенчатыми/двухступенчатыми/многоступенчатыми. Существуют модификации однокорпусные/двухкорпусные, а также одностороннего и двухстороннего всасывания. Температура перекачиваемого вещества составляет не более 200 С.

Вертикальные полупогружные насосы изготавливаются в однокорпусной или двухкорпусной модификации, с отдельным сливом или сливом, который осуществляется через колонну. Кроме того, такие агрегаты могут быть оснащены направляющим аппаратом или спиральным отводом.

В соответствии с областью применения насосных установок, агрегаты делятся на насосы, используемые в процессе добычи и транспортировке нефти, а также насосы, используемые в процессе подготовки и переработки нефти.

Область применения. Нефтяные насосные агрегаты применяются в первую очередь в нефтехимических и нефтеперерабатывающих производствах. Помимо этого, насосы данного типа работают и в других областях, где осуществляется процесс перекачки нефти и нефтепродуктов, сжиженного углеводородного газа, а также других веществ, которые имеют сходные физические свойства с перечисленными веществами.

Список литературы

[1] *Ломакин, А.А.* Центробежные и осевые насосы / А.А. Ломакин. - М.-Л.: Машиностроение, 1966. - 364 с.

[2] *Михайлов, А.К.* Лопастные насосы. Теория, расчет и конструирование / А.К. Михайлов, В.В. Малюшенко. - М.: Машиностроение, 1977. -288 с.

[3] *Малюшенко, В.В.* Насосное оборудование тепловых электростанций / В.В. Малюшенко, А.К. Михайлов. - М.: Энергия, 1975. - 280 с.

Панаиотти Сергей Семенович - д-р техн. наук, профессор КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: panaiotti@post.ru

Липин Евгений Сергеевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: evgen.lipin8@yandex.ru

О.И. Зиновьева, О.Г. Шитохина

ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ ВИХРЕВЫХ НАСОСОВ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

В технике широко применяются вихревые насосы и компрессоры с рабочим процессом, основанным на взаимодействии жидкости в рабочем колесе и боковом кольцевом канале [1,2,3]. Они имеют высокий коэффициент напора и работают на относительно малых подачах.

Вихревые насосы относятся к машинам трения. При прохождении жидкости через рабочее колесо в вихревом насосе, как и в центробежном, увеличиваются кинетическая энергия жидкости (увеличивается ее скорость) и потенциальная энергия давления.

Рабочим органом насоса является рабочее колесо 1 (рис.1) с радиальными или наклонными лопатками. Колесо вращается в цилиндрическом корпусе с малыми торцовыми зазорами. Жидкость поступает через всасывающее отверстие в канал, перемещается по нему рабочим колесом и выбрасывается через выходное отверстие.

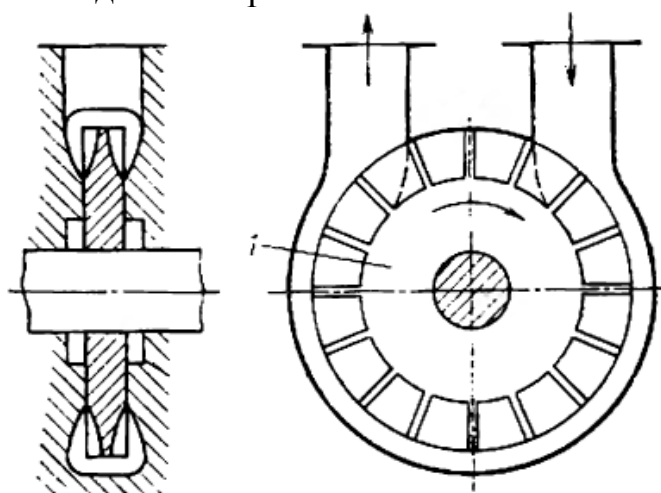


Рис. 1. Схема вихревого насоса закрытого типа

Вихревой насос по сравнению с центробежным обладает следующими достоинствами: создаваемое им давление в 3-7 раз больше при одинаковых размерах и частоте вращения рабочего колеса; конструкция проще и дешевле; обладает самовсасывающей способностью; может работать на смеси жидкости и газа; подача меньше зависит от противодействия сети. Недостатками насоса являются низкий КПД, не превышающий в рабочем режиме 45%, и непригодность для подачи жидкости, содержащей абразивные частицы (так как это приводит к быстрому изнашиванию стенок торцовых и радиальных зазоров и, следовательно, падению давления и КПД).

Вихревые насосы обычно применяют для создания большого напора при малой подаче. Поэтому их широко используют в химической про-

мышленности для подачи кислот, щелочей и других химически агрессивных реагентов, где при малых подачах необходим высокий напор. Вихревые машины используют в качестве вакуум-насосов и компрессоров низкого давления, а также применяют в системах перекачки сжиженного газа.

Вихревые машины могут быть классифицированы по ряду конструктивных признаков. По типу рабочего колеса вихревые насосы делятся на насосы закрытого и открытого типов (рис. 2). В насосах закрытого типа жидкость подводится непосредственно в канал, в насосах открытого типа – к лопаткам колеса на радиусе, меньшем радиуса канала. От типа колеса зависят кавитационные свойства, самовсасывающая способность, а также способность работать на смеси жидкости и газа. Так, у насосов закрытого типа низкие кавитационные качества, а насосы открытого типа обладают высокими кавитационными качествами.

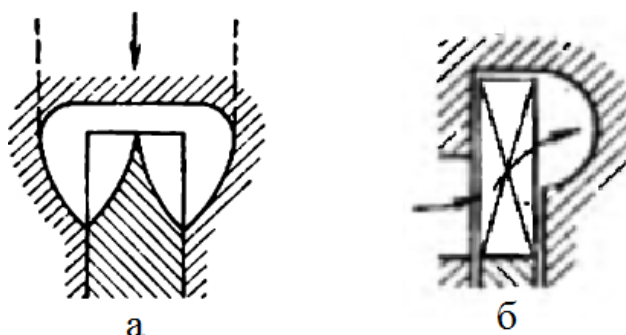


Рис. 2. Тип рабочего колеса:
а – закрытое; б – открытое

По расположению канала относительно напорного отверстия вихревые насосы делятся на насосы с открытым каналом, с каналом, открытым к центру насоса, и с глухим каналом (рис. 3). От относительного расположения канала и напорного отверстия зависит самовсасывающая способность, способность работать на смеси жидкости и газа и КПД насоса, которое измеряется в пределах 20-45%.

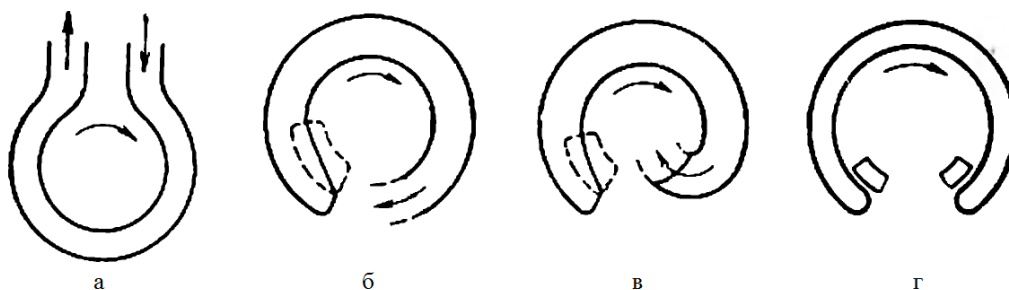


Рис. 3. Виды расположения канала относительно напорного отверстия:
а, б – открытое; в – открытое к центру; г – глухое

По расположению канала относительно колеса гидромашин вихревого типа делятся на насосы с периферийным, периферийно-боковым и боковым каналом (рис. 4).

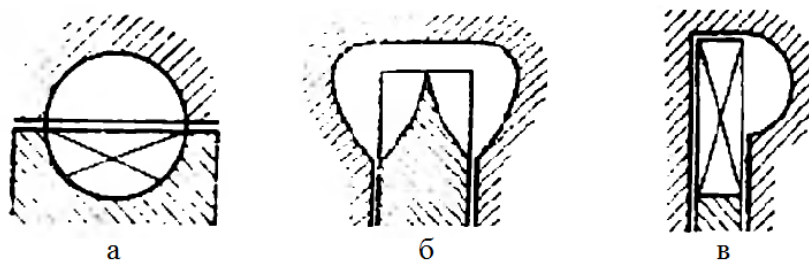


Рис. 4. Виды расположения канала относительно колеса:
а – периферийное; б – периферийно-боковое; в – глухое

В промышленности широко применяются вихревые насосы и компрессоры с рабочим процессом, основанным на вихревом взаимодействии жидкости в рабочем колесе и боковом кольцевом канале. Научный и практический интерес представляет вихревая гидромашина, у которой имеется ротор в виде цилиндрического или конического барабана, на внешней поверхности которого выполнены глухие отверстия сферической формы, и неподвижная винтовая решетка на периферии [4,5]. Вихревая гидромашина может быть использована в качестве насоса, компрессора, нагрузочного устройства или конденсатора [6,7,8].

Список литературы

- [1] Байбаков О.В. Вихревые гидравлические машины. – М.: Машиностроение, 1981. – 197 с.
- [2] Виршубский И.М., Рекстин Ф.С., Шквар А.Я. Вихревые компрессоры. Л.: Машиностроение, 1988. – 271 с.
- [3] Ванеев С.М., Марцинковский В.С., Гриценко В.Г., Овсейко И.В. Вихревые турбомашины для сжимаемых сред.// Компрессорная техника и пневматика. Москва, № 3, 2002. – С. 2.
- [4] Насос: А.с.1724941 РФ / Лысенко Л.В., Анкудинов А.А., Зотов Б.Н.Заявл.04.06.91; опубл.15.01.94.
- [5] Насос: А.с. 2005916 РФ / Анкудинов А.А.Заявл.13.01.89; опубл.07.04.92.
- [6] Анкудинов А.А., Лысенко Л.В. Разработка и исследование вихревой гидромашины / В сб.: Международная конференция «Гидромеханика, гидромашин, гидроприводы и гидропневмоавтоматика» – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1994. – С. 39.
- [7] Лысенко Л.В., Анкудинов А.А. Экспериментальные исследования модели кинетического конденсатора/ В сб.: Энерготехнологические процессы. Проблемы и перспективы – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – С. 48-53.
- [8] Компактный турбоконденсатный насос: А.с.2126913 РФ / Анкудинов А.А., Лысенко Л.В.Заявл.02.07.97; опубл.27.02.99.

Зиновьева Ольга Игоревна– студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: zinovevaolga15@gmail.com

Шитохина Ольга Григорьевна – к. ф.-м. н., доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: bonkog@mail.ru

А.В. Регода, Ф.Л. Чубаров

ПНЕВМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПЫЛЕВЛАГОЗАЩИТНОГО ЧЕХЛА ТЕЛЕСКОПА Т-170М

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Проект «СПЕКТР-УФ» направлен на создание крупной космической обсерватории для работы в недоступном для наблюдений с земной поверхности ультрафиолетовом (УФ) участке спектра. Проект международный (он имеет второе, более принятое в международной кооперации название «World Space Observatory – UltraViolet», т.е. «Всемирная космическая обсерватория - Ультрафиолет»). Проектом руководит Россия, которая несет в нем основную нагрузку (Shustov V. et al., 2009; Shustov V. et al., 2011; Боярчук А.А. и др., 2012).

Основной инструмент обсерватории – космический телескоп Т-170М с главным зеркалом диаметром 1.7 м – будет оснащен спектрографами высокого и низкого разрешения и камерами для построения высококачественных изображений в УФ - диапазоне. Оптическая система телескопа Т-170М построена по двухзеркальной оптической схеме Ричи – Кретьена. Назначение оптической системы телескопа – формирование изображений исследуемых космических объектов (звезды, галактики, планеты и т.п.) в поле зрения $\pm 15'$ непосредственно на фокальной поверхности телескопа, а также на приемниках излучения приборов научной аппаратуры, расположенных в районе фокальной поверхности телескопа Т-170М в спектральном диапазоне 115-600нм.

В ультрафиолетовом (УФ) диапазоне отражательная способность оптических поверхностей играет важную роль в общей производительности системы и оптической конструкции приборов. Число отражений является серьезным ограничением для УФ – инструментов, особенно, на длинах волн короче 115 нм (пороговое значение для коэффициента отражения комбинации покрытий $Al + MgF_2$). Даже незначительное изменение отражательной способности может оказать сильное воздействие на проектирование оптических конструкций. Системы из 21 отражательной поверхности при коэффициенте отражения 95%, 10 поверхностей при 90% и 3 поверхности при 70% имеют одинаковое пропускание! В оптической схеме телескопа Т-170М два оптических элемента, и, тем не менее, необходимо максимально заботиться о достижении высокой отражательной способности, особенно в дальнем ультрафиолетовом участке спектра.

Все детали телескопа Т-170М-0301-210 должны быть очищены (по собственной методике ФГУП «НПО им. С. А. Лавочкина»). Допустимое загрязнение детали не более 0,03% от общей площади поверхности (300 p.p.m.).

Для поддержания чистоты поверхности элементов оптической системы в составе космического аппарата предполагается создать пылевлагозащитный чехол. Чехол должен обеспечить чистоту внутренней полости телескопа Т-170М путем поддува в него газообразного азота особой чистоты сорт 1 в соответствии с ГОСТ 9293 74 с классом чистоты не ниже класса 6 ИСО в соответствии с ГОСТ ИСО 14644 1 2002 и температурой точки росы не выше минус 50°С.

Пылевлагозащитный чехол предназначен для обеспечения требуемых параметров среды во внутренней полости телескопа Т-170М, чистоты агрегатов телескопа и телескопа в целом при их сборке, транспортировке и испытаниях на заводе изготовителе.

Для чистоты внутренней полости телескопа Т-170М (линзы, инструментального отсека) нам необходимо полностью заменить внутреннюю атмосферу пылевлагозащитного чехла, так как кислород имеет вредное воздействие на линзу, что приводит к скорому уменьшению ее пропускной способности. Внутреннюю атмосферу пылевлагозащитного чехла мы будем заменять газообразным азотом по средствам поддува его в чехол. При этом у нас могут возникнуть некоторые трудности при выборе избыточного давления и местом расположения форсунок. Если мы выберем слишком высокое давление, то в чехле может образоваться отверстие, которое приведет к разгерметизации чехла и к следующему его разрушению. Если мы выберем слишком маленькое избыточное давление, то азот вообще может не поступить в чехол. При выборе места расположения форсунок мы должны учитывать то, что азот должен полностью заменить внутреннюю атмосферу пылевлагозащитного чехла телескопа Т-170М. Для того чтобы азот занял весь объем пылевлагозащитного чехла, нам необходимо рассчитать точное избыточное давление для поддува азота, а так же точное количество и расположение форсунок в чехле.

Список литературы

[1] НПО им. С. А. Лавочкина Журнал «Вестник». -2014.-№5.

Регада Антон Владимирович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: antosharegeda@gmail.com

Чубаров Федор Леонидович - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: fedor1966chub@yandex.ru

Е.Н. Ильдияров, А.Н. Сизов

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ И ДАВЛЕНИЯ ПАРА БЛОЧНОЙ ПАРОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Введение

Технология линейных перемещений широко распространена в наше время в технике, так как достигнутый в ней сегодня уровень точности (до 0,01 мм) и быстродействия (до 0,1 сек на полный ход рабочего органа) позволяет автоматизировать большое количество различных операций в высокотехнологичных циклах современных производств, в т.ч. и в средах опасных для человека.

Для обеспечений таких перемещений наиболее часто применяется линейный привод.

Линейный привод — совокупность устройств, предназначенных для приведения в действие исполнительного органа машин по линейному поступательному движению. Состоит из двигателя, трансмиссии и системы управления, может быть как электроприводным, так и с гидро- и пневмоприводом.

1. Обзор и сравнительный анализ существующих технологий линейных перемещений

- Роликовинтовая передача – один из самых мощных и грузоподъемных линейных механических приводов. Конструктивно роликовинтовая пара состоит из винта и гайки, внутри которой по окружности расположены ролики, параллельные винту. Нагрузка передается от гайки к винту через все ролики одновременно.

Существуют два основных типа роликовинтовых передач:

- 1) Планетарные - резьбовые ролики-сателлиты движутся без рециркуляции, обеспечивая высочайшие прочность, грузоподъемность, скорость, ускорение, долговечность и надежность;
 - 2) Рециркуляционные - нерезьбовые ролики с кольцевыми канавками обеспечивают идеальное сочетание грузоподъемности, осевой жесткости и минимально возможного шага резьбы для позиционирования с высочайшей точностью.
- Шариковая винтовая передача (ШВП) - состоит из винта и гайки и служит для преобразования вращательного движения в поступательное. В шарико-винтовых передачах на винте и в гайке выполнены винтовые канавки (резьба) криволинейного профиля, служащие дорожками качения для шариков, размещенных между витками винта и гайки.
 - Передача винт-гайка скольжения - состоит из ходового винта с резьбой трапецеидального профиля и соответствующей гайки. Пара винт-гайка преобразует вращательное движение в поступательное.

В настоящее время для получения контролируемого линейного перемещения конструкторы, как правило, используют пять основных вариантов (таблица 1). Из их сравнительного анализа следует, что наиболее подходящим механизмом для ответственных применений с непрерывным режимом работы является РВП. В отличие от традиционных передач типа ШВП или с трапецеидальной резьбой она может выдерживать большие нагрузки в течение тысяч часов эксплуатации в самых жестких условиях. Разница с другими типами передач конструктивно заключается и в том, каким образом роликовый ходовой винт передает усилия. В рассматриваемых конструкциях несколько резьбовых спиральных роликов расположено вокруг резьбового вала по планетарной схеме, что позволяет преобразовывать вращательное движение электродвигателя в линейное перемещение вала или гайки

Таблица 1. Типы ТЛП, используемые для контроля линейных перемещений

Хар-ка \ Тип ТЛП	Ролико-винтовая пара	Винты с трапецеидальной резьбой	Шарико-винтовая пара	Гидравлика	Пневматика
Номинальная нагрузка	Высокая	Высокая	Высокая	Очень высокая	Высокая
Срок службы	Большой	Маленький, из-за высокого трения	Средний	Большой, при правильном техническом обслуживании	Большой, при правильном техническом обслуживании
Скорость	Высокая	Низкая	Средняя	Высокая	Высокая
Позиционирование	Простое	Среднее	Среднее	Сложное	Очень сложное
Жесткость	Очень высокая	Очень высокая	Средняя	Очень высокая	Очень низкая
Ударные нагрузки	Высокие	Высокие	Средние	Очень высокие	Высокие
Габариты	Минимальные	Средние	Средние	Большие	Большие
КПД	> 80 %	прибл. 40%	> 70%	< 50 %	< 50 %
Установка	Совместима со стандартными преобразователями частоты	Требуется разработка механики системы	Требуется разработка механики системы	Сложная, Требуется разработка гидро линий, сервоклапанов, маслостанции и т.д.	Сложная, Требуется разработка гидро линий, сервоклапанов, маслостанции и т.д.
Обслуживание	Очень простое	Сложное, вследствие сильного износа	Среднее	Очень сложное	Сложное
Воздействие на окружающую среду	Минимальное	Минимальное	Минимальное	Утечка Гидравлич. жидк., шум	Шум

Изложенные сведения позволяют обосновать применение ТЛП в одной из наиболее автоматизируемых отраслей энергетического машиностроения – управлении технологическими процессами энергетического оборудования, такого как паровые турбины.

2. Применение ТЛП для управления гидроприводом регулирующих клапанов паровых турбин

Высокие эксплуатационные характеристики РВП, рассмотренные выше, позволяют с успехом применять ее для обеспечения управления частотой вращения ротора паровой турбины за счет управления гидромеханическим следящим приводом ее паровпускных регулирующих клапанов дросельного типа. Систему управления (ЭГСАР) при этом следует рассматривать состоящей функционально из двух частей – электронной управляющей (ЭУЧ) и исполнительной гидравлической (или гидромеханической – ГМЧ). Подобные электрогидравлические системы [3] получили широкое распространение за рубежом, начиная с 90-х гг. прошлого века, в нашей стране они активно внедряются с 2000-х годов, однако, комплектуются в основном из импортного оборудования. Принципиальная схема такой системы регулирования показана на рисунке 1.

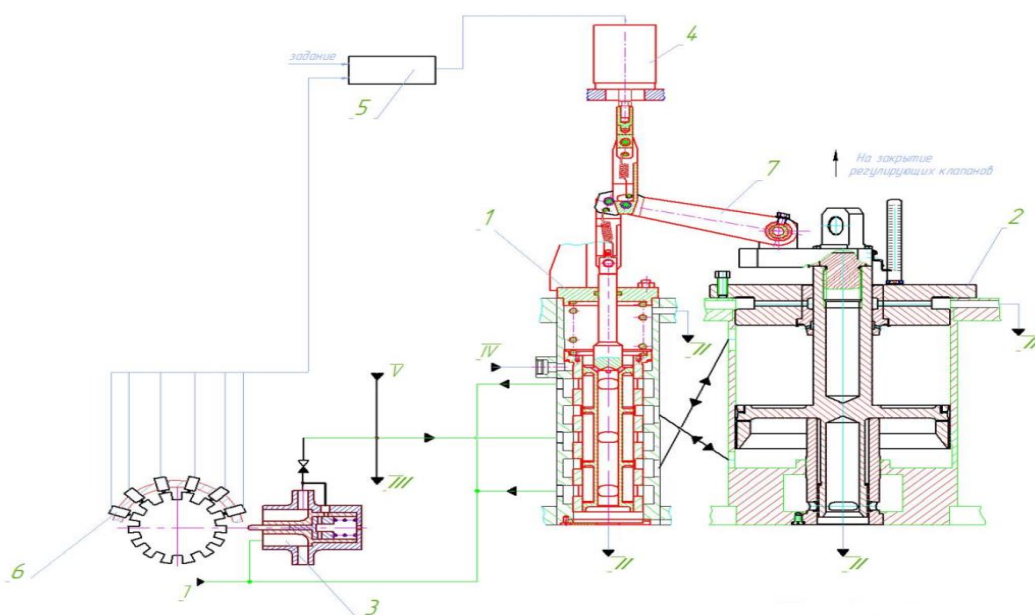


Рис. 1. Принципиальная схема системы регулирования с ЭУЧ ЭГСАР

Система автоматического регулирования турбопривода-электрогидравлическая, состоит из двух функциональных частей: электронной управляющей и гидромеханической исполнительной.

В состав электронной управляющей части входят (Рисунок 1):

- электронное управляющее устройство 5;
- электромеханический преобразователь 4;
- шесть датчиков частоты вращения 6;

Гидромеханическая исполнительная часть состоит из блока регулирования (гидропривод регулирующего паровпускного клапана турбины) и парораспределения турбины. В блоке регулирования скомпонованы отсечной золотник (ОЗ) и сервомотор (СМ) – классический следящий привод с перекрестными обратными связями и управлением СМ по отклонению положения ОЗ. В блоке регулирования масло высокого давления подается от насоса-регулятора на рабочих режимах и от пускового масляного электронасоса в режимах пуска и останова. Давление в линии нагнетания насоса-регулятора при номинальной частоте вращения ротора турбины составляет $\sim 10,5 \text{ кгс/см}^2$ (изб).

На всех режимах работы турбопривода изменение и поддержание заданной частоты вращения ротора осуществляется за счет изменения расхода пара в турбину при изменении открытия регулирующих дроссельных клапанов.

При изменении частоты вращения ротора турбопривода сигнал от датчика частоты вращения 6 поступает в электронное управляющее устройство 5, которое формирует в соответствии с заданным алгоритмом регулирования управляющий сигнал на электромеханический преобразователь 4, установленный на отсечном золотнике 1. Электромеханический преобразователь преобразует управляющий электрический сигнал в поступательное перемещение выходного штока, который через рычаг 7 перемещает золотник отсечного золотника 1. Золотник, перемещаясь относительно втулки, открывает своими отсечными кромками окна для поступления силового масла в рабочую полость сервомотора и для слива масла из нерабочей полости во всас насоса-регулятора. Поршень сервомотора перемещается и тем самым изменяет открытие регулирующих клапанов. При перемещении поршня рычагом 7 золотник отсечного золотника 1 возвращается в исходное положение.

Система приходит в новое установившееся состояние, при котором мощность турбины придет в соответствие с нагрузкой, т.е. с требуемым в данный момент для котла расходом питательной воды.

Положение выходного штока электромеханического преобразователя и поршня сервомотора зависят от нагрузки турбины. Положение отсечного золотника в установившемся состоянии системы вне зависимости от нагрузки неизменно, при этом положении рабочие окна во втулке отсечного золотника, через которые осуществляется питание полостей сервомотора маслом, закрыты.

Исходя из требований устойчивой и качественной работы турбины под управлением ЭГСАР известен [2] и широко применяется упрощенный практический критерий устойчивости – критерий апериодичности переходного процесса, описываемый формулой, которая увязывает постоянную времени (требуемое быстродействие) регулирующего органа с постоянной времени (инерционностью) турбины:

$$T_{см} \leq \frac{1}{2} \cdot \delta \cdot T_a$$

где: $T_{см}$ - постоянная времени сервомотора,
 δ - заданная неравномерность частоты вращения,
 T_a - постоянная времени турбины.

Т.е. указанный критерий, фактически, говорит о том, насколько быстрым должен быть паровой регулирующий клапан, чтобы процессы разгона турбины (с заданной неравномерностью частоты вращения δ) шли по аperiodическому (монотонному) закону. Или, другими словами, насколько быстродействующим должен быть сервомотор, чтобы отработка возмущений (в т.ч. и 100%-й сброс нагрузки) не вызвала потери устойчивости всего контура регулирования.

Другой известной практической зависимостью [3] для обеспечения данного требования применительно к системам типа ЭГСАР является требование быстродействия привода отсечного золотника в ГМЧ (т.е. фактически быстродействия ЭМП) – его постоянная времени должна быть на порядок меньше соответствующей характеристики сервомотора.

Известные характеристики быстродействия рассматриваемых ЭМП (не более 0,1 сек), сервомоторов (0,2-0,8 сек) и постоянных времени паровых турбин со стандартной неравномерностью в 4-5% (6-15 сек) позволяют утверждать о возможности применения подобных ЭМП с РВП для решения задач регулирования в таких контурах. Сервомотор при этом имеет достаточное быстродействие, так что мгновенное закрытие клапана на линии питания котла не приводит к срабатыванию регулятора безопасности.

Список литературы

[1] Bosch Rexroth: Технология линейных перемещений. Справочное руководство – Режим доступа: URL: https://www.boschrexroth.com/ru/ru/home_10/index (1.10.16)

[2] Кириллов И.И. Автоматическое регулирование паровых турбин и газотурбинных установок. Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Турбиностроение». 2-е изд., перераб. и доп. — Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. — 447 с: ил.

[3] Булкин А.Е. Автоматическое регулирование энергоустановок. Пособие для вузов. - М.: Издательский дом МЭИ, 2009.

Ильдияров Евгений Николаевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: 79190370518@yandex.ru

Сизов Александр Николаевич - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: sizov_an@ktz.power-m.ru

В.В. Пашенко, О.И. Зиновьева

ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРОЧНОГО РАСЧЕТА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Введение. Насос – гидравлическая машина, преобразующая механическую энергию приводного двигателя в энергию потока жидкости, служащая для перемещения и создания напора жидкостей, механической смеси жидкости с твердыми и коллоидными веществами или сжиженных газов [1]. Машины для перекачки и создания напора газов выделены в отдельные группы и получили название вентиляторов и компрессоров. Разность давлений жидкости в насосе и трубопроводе обуславливает ее перемещение.

Схематически центробежный насос состоит из рабочего колеса, снабженного лопастями и установленного на валу в спиральном корпусе. Жидкость в рабочее колесо поступает в осевом направлении. Под действием центробежной силы, возникающей при вращении рабочего колеса, жидкость прижимается к стенке корпуса и выталкивается в нагнетательное отверстие по касательной к рабочему колесу. При этом на входе в насос давление падает, и в рабочее колесо устремляется жидкость, находящаяся под более высоким давлением [2].

Центробежные насосы широко распространены благодаря ряду преимуществ, которыми они обладают по сравнению с другими типами насосов. Их основными достоинствами являются непрерывность подачи жидкости, простота устройства и, следовательно, относительно низкая стоимость и высокая надежность, достаточно высокий КПД (порядка 0,6-0,8), большая высота всасывания. К недостаткам центробежных насосов следует отнести то, что их подача изменяется в широких пределах в зависимости от сопротивления сети, на которую они работают. Неудобство доставляет также то, что при пуске центробежного насоса в обычном исполнении его необходимо заливать водой, если уровень перекачиваемой жидкости находится, ниже входного патрубка.

Постановка задачи. В данной работе рассматривается численный поверочный расчет одноступенчатого (одноколесного) центробежного насоса высокого напора (напор более 6 кгс/см²). В качестве основного инструмента исследования воспользуемся пакетом конечно-элементного анализа [3] ANSYS.

Исходные параметры:

- скорость вращения колеса: 3000 об/мин;
- объемный расход: 36 м³/ч;
- напор: 20 м;

– плотность жидкости: 1000 кг/м^3 .

По заданным характеристикам были получены в автоматическом режиме геометрические параметры лопатки колеса [4] и улитки (рис. 1, а).

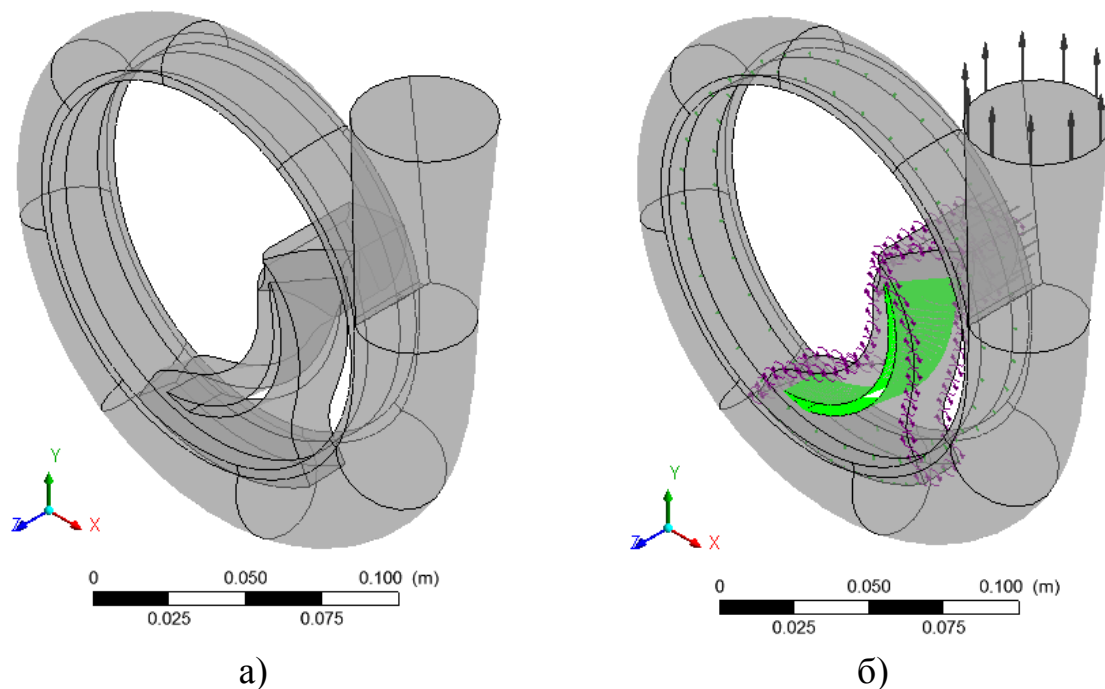


Рис. 1. Геометрия (а) и граничные условия (б)

В качестве граничных условий задаются давление на входе – 1 атм., давление на выходе – 0 относительно входа, массовый расход – 10 кг/с (рис. 1, б, зеленым показана лопатка колеса). Также на поверхностях колеса и улитки задавались условия неприлипания.

Для изучения поведения сплошной деформируемой среды применяется подход Эйлера, в котором характеристики среды привязываются к точке пространства, в которой в данный момент находится частица модели. Таким образом, в отличие от лагранжевой постановки, при подходе Эйлера исследуется неподвижное пространство модели, заполненное движущейся средой. Объектом изучения являются различные поля, характеризующие движение сплошной среды. В этом случае эйлеровы конечные элементы остаются неизменными во времени и не искажаются вместе с материалом. В расчете используется конечно-элементная сетка, насчитывающая 165936 элементов с 183275 узлами для моделирования области вокруг лопатки и 176250 элементов с 61114 узлами для моделирования области внутри улитки.

Результаты. По результатам расчета получены распределение давлений (рис. 2, а) и скоростей среды по потоку (рис. 2, б) от входа к выходу. Здесь координата 0 соответствует входу, координата 1 – выходу.

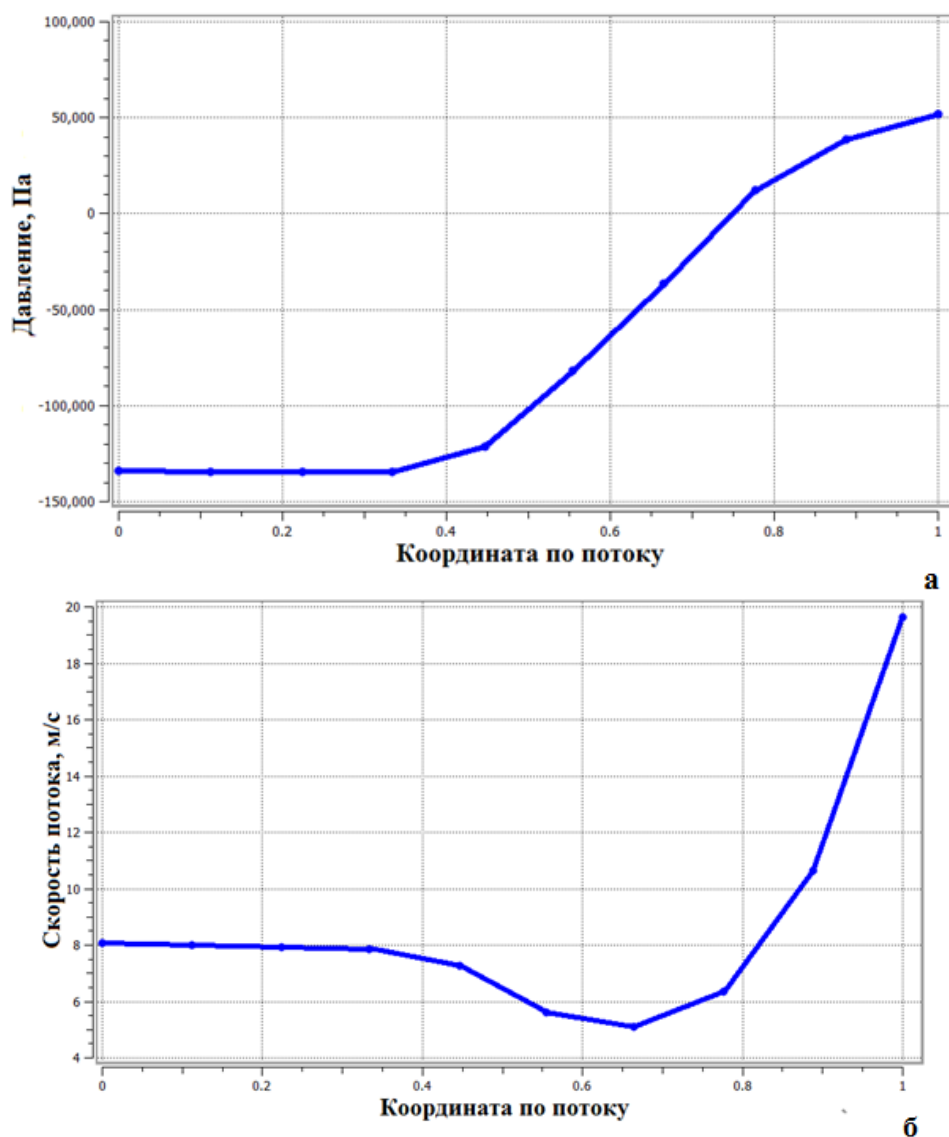


Рис. 2. Распределение давления (а) и скорости (б) по потоку жидкости

По результатам расчета получены следующие выходные параметры насоса:

- напор: 20,5 м;
- КПД: 86,2%;
- отношение давлений на выходе и входе: 4,55.

Полученные на выходе характеристики соответствуют таковым для центробежных насосов. Таким образом, можно сделать вывод о возможности и целесообразности проведения поверочных расчетов центробежных насосов с использованием пакета конечно-элементного анализа ANSYS.

Список литературы

[1] Ломакин А. А. Центробежные и осевые насосы. 2-е изд. перераб. и доп. – М.–Л.: Машиностроение, 1966. – 364 с.

[2] Еникеев Г.Г. Проектирование лопастных насосов Учебное пособие. – Уфа: УГАТУ, 2005. – 97 с.

[3] Полежаев В. И. Метод конечных элементов в задачах гидромеханики, тепло- и массообмена / В. И. Полежаев, А. И. Федосеев. – М., 1980. – 72 с. – Препринт/ АН СССР. Ин-т проблем механики; № 160.

[4] Мелашенко В. И., Зуев А. В. Методическое пособие по профилированию лопастей рабочих колес центробежных насосов в 2-ч частях – М.: МВТУ им. Н. Э. Баумана, 1980.

Пашенко Василий Васильевич – аспирант, ассистент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: vasiliy.pashchenko@gmail.com

Зиновьева Ольга Игоревна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: zinovevaolga15@gmail.com

А.А. Анкудинов, А.А. Зубов

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ОСЕВОЙ И ОСЕВИХРЕВОЙ СТУПЕНИ НАСОСОВ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Конструкция предвключенной осевой ступени насоса. Одним из эффективных способов повышения кавитационных качеств центробежных насосов является установка перед центробежным колесом первой ступени насоса специального осевого колеса (шнека), которое повышает энергию жидкости на входе в центробежное колесо и отодвигает кавитационный срыв напора центробежной ступени.[3]. Основная схема шнекоцентробежной ступени показана на рисунке 1. Шнек и центробежное колесо устанавливаются на одном валу и вращаются с одной угловой скоростью.

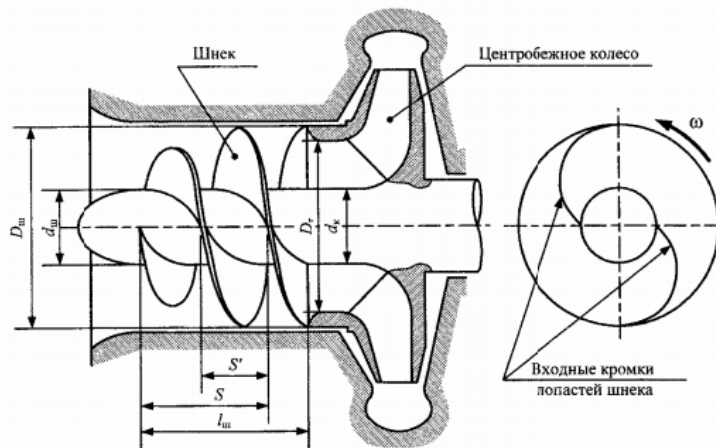


Рис. 1 Схема шнекоцентробежной ступени

Недостатками осевой предвключенной ступени является недостаточный напор и пульсации давления, обусловленные обратным током жидкости на входе, возникающим на подачах менее 50%, и нестационарным развитием каверны на кавитационных режимах.[3].

Конструкция осевихревой ступени насоса. Осевихревая ступень (ОВС) представляет собой насос, состоящий из осевого колеса и размещенной на его периферии неподвижной винтовой решетки, ход нарезки лопастей которой противоположен ходу лопастей шнека. Преимущества ОВС проявляются наиболее значительно при подачах, меньших оптимальной.[1].

Название осевихревая ступень отражает принцип ее работы, т.е. процесс увеличения давления происходит и как у обычного шнека, и за счет вихревого взаимодействия жидкости с подвижными и неподвижными каналами. Схема ОВС и течение жидкости в каналах представлены на рисунке 2.

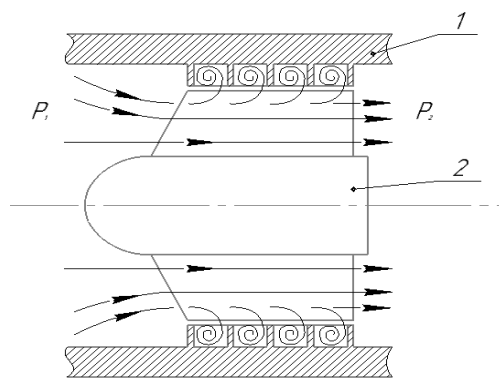


Рис. 2. Схема ОВС и течение жидкости в каналах
1-неподвижная решетка, 2-шнек

Основными геометрическими параметрами, от которых зависят энергетические параметры ОВС, являются осевая длина, геометрия лопастной решетки осевого колеса и неподвижных винтовых каналов: их высота, угол установки и другие геометрические параметры, а также частота вращения и плотность жидкости.

Сравнительный анализ двух предвключенных ступеней. Осевихревая ступень по сравнению со шнеком имеет следующие преимущества: более высокий коэффициент напора, лучшие кавитационные качества, низкие уровни пульсации и вибрации.[2]. В ОВС обратные токи жидкости дробятся в каналах неподвижной решетки, развиваются вихри, имеющие форму жгута в центральной части винтовых каналов. Развиваясь на периферии, вихревое течение не загромождает основной поток. Установка винтовой решетки позволила получить существенно больший напор, чем у шнека. Основные габариты и КПД насоса остались практически неизменными. [1].

Напорная характеристика и характеристика потребляемой мощности имеют монотонно падающий характер, что положительно сказывается на стабильности работы насоса во всем рабочем диапазоне подач. Снижается вероятность появления кавитационных автоколебаний из-за деления каверн большого объема на множество мелких. Благодаря демпфирующему эффекту парогазовых образований в центральной части вихрей, уменьшаются уровни пульсаций и вибраций в широком спектре частот. Расчетный режим работы шнека для создания необходимого напора выбирается на относительной подаче $Q = 0,5$, при которой на входе образуются интенсивные обратные токи жидкости, увеличивающиеся с уменьшением подачи.[3].

Список литературы

- [1] Зотов Б.Н., Анкудинов А.А. Осевихревой насос. Патент РФ 2014509
- [2] Анкудинов А.А., Куфтов А.Ф. Энергетические характеристики осевихревого насоса // Известия вузов. №2.- М.: Машиностроение, 1989.
- [3] Мелашенко В.И., Савельев А.И. Расчет шнекоцентробежной ступени насоса: учебное пособие. М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2010. 64 с.

Анкудинов Анатолий Александрович – канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ankudinov051@yandex.ru

Зубов Александр Александрович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: zubovshura@mail.ru

СЕКЦИЯ 10.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

А.В. Редько, Ю.С. Белов

ВОКСЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ТРЕХМЕРНЫХ СЦЕН ПО ИЗОБРАЖЕНИЯМ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Реконструкция трехмерных сцен – одна из задач компьютерного зрения и графики. В данной статье рассмотрены методы реконструкции на основе вокселей: алгоритм отсечения объемов, алгоритм раскрашивания пикселей.

Введение. Проблема реконструкции трехмерных сцен в последнее время привлекает большое внимание. Были предложены различные подходы к решению данной задачи. Для работы некоторых алгоритмов необходимо использование специальных типов камеры, определенных точек съемки. В самом общем случае алгоритмы не должны требовать особых условий для камеры и каких-то дополнительных действий от пользователя.

Существующие методы основаны на представлении сцены в виде облака точек, полигональных сеток, карты глубины, вокселей [1]. В данной статье рассмотрены алгоритмы, использующие воксельное представление. Основными методами, использующими воксельное представление, являются алгоритмы отсечения объема (Space Carving) и раскрашивания вокселей, а также их различные модификации.

Воксель (образовано от слов volumetric pixel) – объемный пиксель, элемент объемной сцены. В трехмерном пространстве воксель представляют собой аналог двумерного пикселя. Сцены, представленные в виде вокселей, часто используются для визуализации и анализа медицинской и научной информации.

Алгоритм отсечения объема. Алгоритм [2] основан на понятии фото-согласования (photo-consistent). Точка считается фото-согласованной, если

- она не проецируется на фон
- точка видима и цвет луча, отраженного от точки в направлении камеры, равен цвету проекции этой точки на изображении.

Задается начальное приближение сцены, обычно это куб или параллелепипед, состоящий из вокселей. Во время реконструкции сцены каждый воксель может быть либо полностью прозрачным, либо полностью непрозрачными. Вначале все воксели – непрозрачны. Затем определяются воксели, видимые из камеры. Все видимые воксели проверяются на фото-согласование. Если воксель не является фото-согласованным, то он отсекается (становится полностью прозрачным). Так как согласованность зависит от видимости, то каждый раз при изменении видимости вокселей, необходимо пересчитать их фото-согласованность. Алгоритм работает до тех пор, пока все видимые не отсеченные воксели не станут фото-согласованными (рис 1(а)).

Основная проблема, связанная с данным алгоритмом, заключается в вычислении согласованности цветов. Во-первых, фото-согласованность определяется для точки и соответствующего ей пикселя изображения. Но проекцией вокселя на изображение является не один, а некоторое множество пикселей. Во-вторых, лучи отраженного света могут иметь отличающиеся значения цветов в зависимости от направления. Тогда, цвета одних и тех же точек будут отличаться на изображениях с различных камер. Это затрудняет процесс вычисления согласованности цветов.

Алгоритм раскрашивания вокселей. Идея алгоритма раскрашивания вокселей [3] похожа на идею предыдущего алгоритма. Объем сцены также дискретизируется набором вокселей. В отличие от алгоритма отсечения объема, цвет вокселя может быть любым. Алгоритм присваивает каждому вокселю цвет таким образом, чтобы при рендере раскрашенных вокселей из каждого положения камеры получались результаты максимально близкие к первоначальным изображениям.

Воксельный объем разбивается на слои. Каждый слой содержит воксели, удаленные от камер на одинаковое расстояние d_i . Если воксель V не перекрывается полностью другими вокселями на изображении, то он проецируется на непустое множество пикселей изображения. Затем для данного вокселя проводится тест на согласованность. В идеальном случае согласованный воксель проецируется на множество, все пиксели которого имеют одинаковый цвет. Но в реальности такое условие выполняться не может, так как на изображениях всегда присутствует шум и эффекты квантования. Поэтому для оценки согласованности вокселя используется метод максимального правдоподобия. Вычисляется коэффициент правдоподобия λ_V , если он оказывается ниже некоторого заданного порога, то воксель V принадлежит сцене и раскрашивается в соответствующий цвет (рис. 1(б)).

Существует две основные проблемы, связанные с методом раскрашивания вокселей. Условие разбиения объема на слои, равноудаленные от камер, предъявляет особые требования к расположению камер (ограничение порядка видимости [2]). Для того, чтобы данное требование выполнялось, все камеры обычно устанавливают в одной плоскости.

Второй проблемой является выбор порога правдоподобия. Выбрав слишком малое значение порога, мы получим достаточно точную трехмерную сцену. Однако данная сцена будет неполной, так как из-за зашумленности изображений часть вокселей будет считаться несогласованными и алгоритм не посчитает их частью сцены. И наоборот, при выборе слишком большого значения порога реконструкция окажется полной, но будет включать в себя лишние воксели. Таким образом, выбор значения порога требует поиска компромисса между точностью и полнотой сцены.

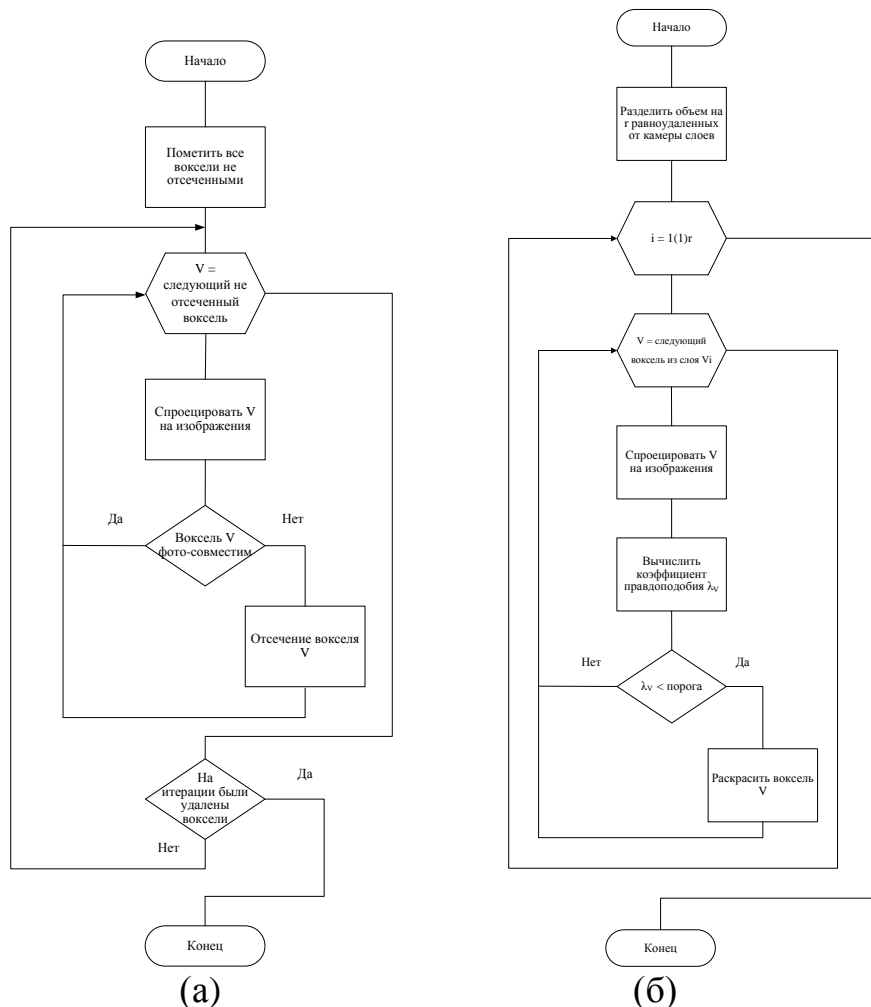


Рис. 1. Алгоритмы реконструкции трехмерной сцены
 (а) – алгоритм отсекающего объема, (б) – алгоритм раскрашивания вокселей

Вывод. С помощью рассмотренных алгоритмов можно реконструировать трехмерную сцену по набору изображений этой сцены, снятых с различных ракурсов. Оба метода имеют свои недостатки, влияющие на качество реконструкции. Существуют различные модификации данных методов, позволяющие снизить влияние недостатков.

Список литературы

- [1] *Seitz M., Curless B., Diebel J., Scharstein D., Szeliski R.* A Comparison and Evaluation of Multi-View Stereo Reconstruction Algorithms. // Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. – 2006. – Т.1. – с.519-526.
- [2] *Slabaugh G., Culbertson B., Malzbender T., Stevens M.* Methods for volumetric reconstruction of visual scenes. // IJCV. – 2004. – №3. – с. 179–199.
- [3] *Szeliski R.* Computer Vision: Algorithm and Applications. – London:Springer, 2011.

Редько Александр Витальевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: a.redko4@gmail.com

Белов Юрий Сергеевич - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ybs82@mail.ru

В.Р. Афанасьев, А.А. Карышев

ИНСТРУМЕНТЫ РАБОТЫ С УДАЛЕННЫМ API, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В КРОССПЛАТФОРМЕННЫХ .NET CORE ПРИЛОЖЕНИЯХ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

При разработке крупных программных систем нередко возникает потребность в использовании удаленного API, предоставляемого сторонними сервисами. Для решения такого рода задач необходимы инструменты, позволяющие отправлять http запросы к API и содержащие в себе функционал для обработки ответов на отправляемые запросы.

В кроссплатформенных .net core приложениях такие инструменты предоставляют классы, пространства имен System.Net.Http, входящего в NETStandard.Library [1], а именно:

- Класс HttpClient, предоставляющий интерфейс для отправки http запросов
- Класс HttpResponseMessage, представляющий собой модель ответа на http запрос
- Класс HttpContent – базовый класс, представляющий собой модель тела http запроса

При работе с данными классами необходимо учитывать то, что они реализуют интерфейс IDisposable, т.е. по окончании работы с объектами этих классов необходимо, либо вручную вызывать метод Dispose, для освобождения ресурсов, используемых данными объектами, либо производить все действия над данными объектами в блоках using [2]. Кроме того, методы, предоставляемые этими классами являются асинхронными.

Отличие синхронных операций от асинхронных состоит в том, что синхронная операция выполняет свою работу перед возвратом управления вызывающему коду, а асинхронная операция выполняет (большую часть или же всю) свою работу после возврата управления вызывающему коду [3].

Асинхронность методов позволяет избегать блокировки управляющего потока во время выполнения трудоемких операций, что особенно важно при работе с веб-ресурсами, т.к. доступ к ним может быть медленным или осуществляться с задержками. Это означает, что если работа с веб-ресурсом производится асинхронно, то после вызова метода приложение может продолжить выполнять другую работу, которая не зависит от веб-ресурса, пока потенциально блокирующая задача не завершится. Это, в конечном счете, существенно повышает производительность приложения.

Для отправки http запросов через HttpClient необходимо произвести следующие действия:

- Инициализировать объект класса `HttpClient`
- Задать для этого объекта свойство `BaseAddress` – базовый uri адрес ресурса, предоставляющего API
- Инициализировать объект класса `HttpContent` (необходимо только для POST и PUT запросов)
- Вызвать необходимый метод выполнения http запроса с помощью объекта класса `HttpClient`, передав необходимые параметры
- Извлечь данные из объекта класса `HttpResponseMessage`, полученного из ответа на http запрос.

На рисунке 1 приведен пример асинхронного метода, в котором происходит обращение к книжному сервису, имеющему uri адрес `http://127.0.0.1` и доступ к которому производится через порт 5000. Предположим, что данный сервис предоставляет API для поиска книг и возвращает результаты поиска в виде json массива.

```
public async Task<List<BookModel>> SearchBooks(string search)
{
    using (HttpClient httpClient = new HttpClient())
    {
        httpClient.BaseAddress = new Uri("http://127.0.0.1:5000/");
        using (
            HttpResponseMessage response =
                await httpClient.GetAsync($"BooksService/SearchBooks/?searchLine={search}"))
        {
            string content = await response.Content.ReadAsStringAsync();
            return JsonConvert.DeserializeObject<List<BookModel>>(content);
        }
    }
}
```

Рис.1. Пример метода

GET запрос в данном примере будет отправляться по адресу `http://127.0.0.1:5000/BooksService/SearchBooks/` и включать в себя параметр `searchLine`. После выполнения запроса происходит извлечение ответных данных из объекта `HttpResponseMessage` с помощью метода `ReadAsStringAsync`, возвращающего строку, которую можно десериализовать в необходимый объект. В данном примере ответные данные десериализуются в список `List<BookModel>`.

В качестве инструмента десериализации был использован класс `JsonConvert`, входящий в состав фреймверка `Json.NET`.

Подводя итог, можно сказать, что инструменты работы с протоколом `http`, предоставляемые `NETStandard.Library`, достаточно просты в использовании, а также благодаря возможности использования асинхронного кода, позволяют достигать высокой производительности в приложениях.

Список литературы

[1] Developing Libraries with Cross Platform Tools. URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/articles/core/tutorials/libraries> (дата обращения 10.10.2016)

[2] Рихтер Дж. *CLR via C#. Программирование на платформе Microsoft .NET Framework 4.5 на языке C#. 4-е изд.* СПб., Питер, 2013, 588 с.

[3] Албахари Дж., Албахари Б. *C# 6.0. Справочник. Полное описание языка 6-е издание.* Москва, Вильямс, 2016, 582 с.

Афанасьев Владислав Романович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ya.vladicl@ya.ru

Карышев Андрей Анатольевич - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ak9105252055@yandex.ru

Д.Н. Кольцов, Ф.А. Плотников

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕИМУЩЕСТВ И НЕДОСТАТКОВ ПОДХОДА СЕТЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ REST

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Конструкционные решения, стоящие за веб-архитектурой, могут быть описаны в виде определенного стиля, составляющего набор ограничений, применяемых к элементам, входящим в архитектуру. Исследуя влияние каждого ограничения, при его добавлении, на включаемые архитектурой стили, мы можем определить свойства, индуцируемые ограничениями веб-среды [1].

Данная статья дает общее понимание о подходе REST. Далее ограничения, составляющие данный подход, будут описаны более подробно.

REST (англ. REpresentational State Transfer - передача состояния представления) – архитектурный стиль и подход к коммуникации в распределенных системах, который распространен в среде разработки веб-сервисов. Использование REST зачастую является более предпочтительным, чем тяжеловесный подход SOAP (англ. Simple Object Access Protocol – Протокол простого доступа к данным), так как подход REST не требует высокого уровня пропускной способности среды, что делает его наиболее подходящим для использования в сети интернет [2].

Ключевой особенностью, отличающей архитектурный стиль подхода REST от других сетевых подходов, является акцент на едином интерфейсе между компонентами. Благодаря применению принципа общности компонентов, общая архитектура системы упрощается, а взаимодействия становятся более видимыми и прозрачными. Реализации отделяются от предоставляемых ими сервисов, что способствует их независимому развитию. Однако, стоит отметить, что компромиссный подход имеет и свои недостатки. Так, применение единого интерфейса снижает эффективность взаимодействия, когда потребности приложения являются специфическими, а информация передается в стандартизированной форме. Интерфейс REST разработан с целью применения для передачи большого объема гипермедиа-данных, то есть оптимизации наиболее общего случая сетевого взаимодействия, в то же время он не является оптимальным для других форм архитектурного взаимодействия.

С целью получения однородного интерфейса вводится множество архитектурных ограничений, чтобы определять поведение компонентов системы. REST устанавливает четыре ограничения интерфейса: идентификация ресурсов, манипулирование ресурсами через представления, самоопределяющиеся сообщения и гипермедиа-данные как двигатель для состояний приложения.

Многослойная организация системы позволяет ограничить поведение компонентов таким образом, что каждый компонент не располагает информацией о слоях, с которыми они не взаимодействуют непосредственно. Ограничивая знания системы о ее составе, можно задавать ограничение ее общей сложности, а также способствовать введению независимых промежуточных слоев. Такого рода слои могут быть использованы для инкапсуляции традиционных сервисов и для защиты новых сервисов от устаревших клиентов. Посредничество между слоями также может применяться для улучшения масштабируемости системы, позволяя сохранять баланс нагрузки сервисов через множество сетей и процессоров.

Главный недостаток многослойной архитектуры – увеличение накладных расходов и задержек при обработке данных следующее из этого видимое сокращение производительности. Компенсация такого рода недостатка производится за счет кэширования.

Все взаимодействия REST являются независимыми от состояния. Это значит, что каждый запрос содержит всю информацию, необходимую для подключения, корректного определения запроса, независимо от предшествовавших ему запросов. Это ограничение несет в себе выполнение четырех основных функций: 1) Полное избавление от потребности в звеньях, способных хранить состояние системы; 2) Возможность параллельных взаимодействий без потребности от механизма обработки понимать семантику взаимодействия 3) Возможность посреднику изолированно просматривать и понимать информацию запроса, что может быть необходимым, когда происходит динамическое перестроение сервисов; 4) Возможность информации, которая может использоваться повторно в кэшированном ответе, присутствовать в каждом запросе.

REST не ограничивает возможности взаимодействия конкретным протоколом, кроме того, он не накладывает ограничений на вид интерфейса между компонентами и, следовательно, на сферы взаимодействия и реализации допущений во взаимодействиях между отдельными компонентами. Для примера, приоритетным протоколом передачи является HTTP, но архитектура также включает в себя беспрепятственный доступ к ресурсам посредством существующих сетевых серверов, включающих FTP, Gopher, WAIS. Взаимодействие с этими сервисами ограничивается семантикой REST. Такое ограничение производится в ущерб некоторым преимуществам других архитектур, таких как взаимодействие с учетом состояния протокола обратной связи WAIS, с целью сохранения преимущества универсального интерфейса для всех составляющих частей архитектуры. В свою очередь, принцип общего интерфейса позволяет получить доступ к множеству сервисов по схожему принципу. Если приложению необходимо получить возможность применить другую архитектуру, такую возможность можно получить посредством отдельной, работающей параллельно системы [3].

Подход REST представляет собой набор архитектурных ограничений, которые, составляя единое целое, образуют механизм, дающий возможность масштабирования взаимодействующих компонентов, предоставляют общность интерфейсов взаимодействия, независимое развертывание компонентов, обеспечение требований безопасности, а также инкапсулируют унаследованные системы. Принципы программной инженерии, определяемые REST, и ограничения взаимодействия, отобраны с целью поддержания этих принципов, одновременно противопоставляя данный стиль другим архитектурным подходам.

Список литературы

[1] Fielding R.T. Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures. *Information and Computer Science*, 2000, pp.426-449.

[2] Webber J., et al., REST in Practice: Hypermedia and Systems Architecture, 2010, pp.20-37.

[3] Fredrich T. RESTful Service Best Practices. *Recommendations for Creating Web Services*, 2013, pp.5-22.

Кольцов Дмитрий Николаевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: koltsov1996@yandex.ru

Плотников Федор Алексеевич - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: blackdef@bk.ru

А.Н. Воронцов, Ю.С. Белов

МЕТОДЫ ВЫРАЩИВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛОВ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Белки являются высокомолекулярными органическими соединениями, которые строятся из аминокислот. Необходимо отметить тот факт, что белки играют очень важную роль в процессе жизнедеятельности организма. Данные молекулы, в зависимости от своего строения могут выполнять различные функции: структурные, каталитические (ферменты), защитные, регуляторные и пр. Имея знания о строении и функциях различных белков, можно разрабатывать новые, более эффективные лекарственные средства.

В современной медицине практикуется подход копирования и последующей модификации существующих в природе ферментов. Перед копированием белка, необходимо изучить его свойства, в наши дни белки изучаются с помощью рентгеноструктурного анализа.

Рентгеноструктурный анализ это метод, используемый для исследования строения тел, он заключается в использовании явления дифракции рентгеновских лучей.

Метод рентгеноструктурного анализа дает наибольшую результативность при исследовании кристаллов, поскольку кристаллы имеют строгую периодичность строения и являются дифракционной решеткой для рентгеновских лучей.

В связи с большой информативностью было решено использовать рентгеноструктурный анализ для получения данных о белковых структурах, поскольку наибольшее количество информации можно получить из кристаллов, то была поставлена задача по кристаллизации белков.

Молекулы одного белка идентичны, поэтому при особых условиях возможно образование монокристалла размером до 0,5 мм. Одной из ярких особенностей белковых кристаллов является то, что они на 50% состоят из воды и необходимым условием для их существования является наличие равновесного состояния с их маточным раствором. При этом, кристаллы дают картину дифракции рентгеновских лучей, которые дают десятки тысяч дифракционных отражений.

Выращивание кристалла состоит из двух этапов:

- 1) Образование зародыша;
- 2) Рост кристалла.

Для того, чтобы начался процесс кристаллизации, необходимо организовать условия перенасыщенности белкового раствора, чтобы привести его к началу агрегации белковых структур. Для достижения данной цели используют осадители (это вещества, которые уменьшают растворимость), такие, как сульфат аммония, полиэтиленгликоль, органические растворители.

Для повышения успеха кристаллизации требуется тщательное изучение условий, которые способствуют кристаллизации исследуемого белка, которые включают в себя: меру активности ионов водорода в растворе, концентрации буфера и осадителя, ионы металлов.

Среди наиболее распространенных методов выращивания белковых кристаллов можно выделить:

1) Равновесный диализ против осадителя.

Принцип действия данного метода основывается на эффекте изменения концентрации осадителя в растворе белка, при этом данный метод протекает в течение продолжительного времени, и использует диализ - процесс выделения частиц из раствора за счет разницы в скорости диффузии.

2) Диффузия паров летучих веществ (методы «висящей и «сидящей» капли).

А) Метод «Висящей» капли.

В данном методе осадитель помещается на дно стакана, в то время, как капля концентрированного раствора белка помещается на внутренней стороне крышки, закрывающей стакан. Концентрация осаждающего вещества в капле медленно возрастает за счет диффузии паров. Раствор белка также может содержать следы ионов некоторых металлов, к примеру, для того, чтобы провести успешный процесс кристаллизации инсулина необходимо иметь в растворе ионы цинка.

Б) Метод «Сидящей» капли.

Отличие данного метода от предыдущего заключается в том, что капля с раствором белка не висит над растворителем, а размещена на пьедестале над ним.

3) Метод свободной диффузии.

В данном методе проводится наслаивание концентрированных растворов белка и осадителя, проходит процесс диффузии. Отличие данного метода от метода, описанного во втором пункте, заключается в том, что пересыщение белкового раствора и образование зародышей происходит гораздо быстрее. После этого, во время дальнейшей диффузии отмечается понижение концентрации осадителя и белка.

Данные методы являются наиболее распространенными, однако кроме них есть еще другие. К примеру, в ФИК им. А.В. Шубникова РАН НИЦ «Космическое материаловедение», Калуга применяется метод, который позволяет проводить в автоматическом режиме эксперименты по росту кристаллов белков методом управляемой кристаллизации.

Суть данного метода заключается в следующем: в термостат помещается капилляр с раствором белка, в объеме данного термостата устанавливается температура, пригодную для роста кристаллов. В то же время в отдельной точке капилляра устанавливается другая температура, которая благоприятна для образования зародышей.

В земных условиях оптимальным положением капилляра является горизонтальное, что устраняет проблему с осаждением и минимизирует раз-

витие термогравитационной конвекции. После того, как появился один или несколько зародышей, то либо устанавливается одна и та же температура по всему капилляру, либо обе температуры могут плавно меняться для того, чтобы компенсировать истощение раствора, которое возникает во время роста кристалла.

Преимуществом данного метода является то, что зародыши возникают не на всем объеме капилляра, а на точке, где имеется температура, отличная от общей температуры по капилляру.

Экспериментально были получены кристаллы модельного белка лизоциума, которые показали совершенство своей структуры, что подтвердило эффективность данного метода.

От концентрации белка также зависит и скорость образования зародышей кристаллов. Имеется зависимость между количеством зародышей и размерами результирующих кристаллов: при меньшем количестве зародышей наблюдается больший размер кристаллов. Скорость роста зависит от растворимости белка, это значит, что она зависит от концентрации растворителя. Для увеличения размера результирующего кристалла периодически используют следующий прием: внесение в раствор затравки, т.е. малые кристаллы данного белка.

Срок хранения кристалла в специальном растворе, который не содержит белка, может составлять до полугода. Для данного раствора проводится подбор такой концентрации осадителя, при которой кристалл не растворяется и не трескается. Помимо осадителя, в раствор также добавляют азид натрия либо толуол, чтобы предотвратить бактериальное заражение.

Как эксперименты, так и сырье для их проведения обходятся дорого. Если учесть, что из множества заготовок, кристаллы белка появляются лишь в нескольких, притом, что эксперименты занимают от пары недель до нескольких месяцев, то становится ясно, что необходимо уменьшить количество опытов с отрицательным результатом.

К счастью, в распоряжении ученых имеются информационные технологии, с помощью которых можно разрабатывать модели, которые помогают в исследованиях.

К примеру, при моделировании процессов затвердевания двухкомпонентных расплавов было выяснено, что данные процессы имеют много общего с процессами выращивания монокристаллов. Разумеется, есть и отличия, однако общность процессов была доказана именно при применении модели.

Тщательное внимание уделяется установлению корреляции условий роста кристаллов и микроструктуры образующегося слитка. На данную корреляцию оказывает немалое влияние тепломассоперенос примеси при конвекции в кристаллизующем расплаве.

Для решения уравнений тепломассопереноса использовался алгоритм с неявной итерацией, в основе которого лежит использование метода не-

полной факторизации. Этот алгоритм широко известен и был использован во многих моделях.

В частности, данный алгоритм использовался в программе GIGAN, с его помощью производится расчет тепловой конвекции в трехмерной геометрии.

Программа была усовершенствована и на данный момент с ее помощью можно решать задачи с фазовым переносом, нестационарные задачи тепломассопереноса и гидродинамики. Программа имеет как одномерные, так и двумерные версии, с ее помощью можно выполнять многочисленные исследования и расчеты в многочисленных областях, которые связаны с ростом кристаллов.

Выращивание белковых кристаллов имеет большое значение для медицины, однако оно характеризуется низким процентом успешных результатов, дорогостоящей проведением. Для решения этих задач разрабатываются программные средства, способные численно моделировать процессы кристаллизации.

Список литературы

[1] Биологический энциклопедический словарь / Гл. ред. М. С. Гиляров; Редкол.: А. А. Бабаев, Г. Г. Винберг, Г. А. Заварзин и др.. — 2-е изд., исправл. — М.: Советская Энциклопедия, 1986.

[2] *Жигалова Ю.В.* Рентгеноструктурный анализ и его применение. // Материалы VII Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум» [электронный ресурс]- <http://www.scienceforum.ru/2015/882/13902>.

[3] *Мелик-Адамян В.Р., Арутюнян Э.Г., Поляков К.М.* Пространственная структура белков. // Вайнштейн, Б.К. Кристаллография и жизнь. [Электронный ресурс] — М.: Физматлит, 2012. — 376 с.: <http://e.lanbook.com/book/59634>.

[4] *Краевой С.А., Колтовой Н.А.* Диагностика по капле крови. Кристаллизация биожидкостей. Книга 3. Тезиография. Кристаллизация тестовых растворов [электронный ресурс]- http://15189.ru/BioBook3/o_8d7d25ab7c5115d0.html.

[5] Проведение биотехнологического эксперимента «Структура» в модуле СМ [электронный ресурс] - <http://gagarin.energia.ru/explain/277-provedenie-biotekhnologicheskogo-eksperimenta-struktura-v-module-sm.html>.

[6] Установка выращивания биокристаллов с активным управлением процессом кристаллизации /И.Ж. Безбах, Б.Г. Захаров, В.И. Стрелов и др. [электронный ресурс]- <http://engjournal.ru/articles/1249/1249.pdf>.

[7] Численное моделирование процессов кристаллизации расплавов и растворов/Владимир Гинкин [монография] – Palmarium Academic Publishing, 2016 – 200 стр.

Воронцов Антон Николаевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: anton.vorontsov1994@yandex.ru

Белов Юрий Сергеевич - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: fn1kf@mail.ru

Е.В. Короткова, Ю.С. Белов

ОБЗОР АЛГОРИТМОВ ГЕНЕРАЦИИ ТЕНИ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Согласно данным исследовательской компании Newzoo рынок компьютерных игр в России в 2016 году оценивается в 1,4 млрд долларов [1]. С каждым годом требования к качеству игр растут - это касается реалистичности графики и производительности.

В настоящее время существует большое количество алгоритмов генерации тени. В данной статье будут рассмотрены основные алгоритмы, их преимущества и недостатки.

Введение. Тени – это один из основных элементов, добавляющих игре реалистичности, и указывающих на относительное расположение объектов в трехмерном пространстве. Существует два типа теней: четкие и мягкие тени.

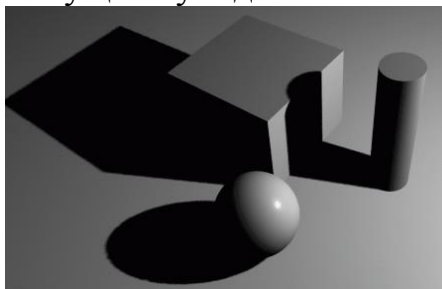


Рис. 2. Мягкие тени

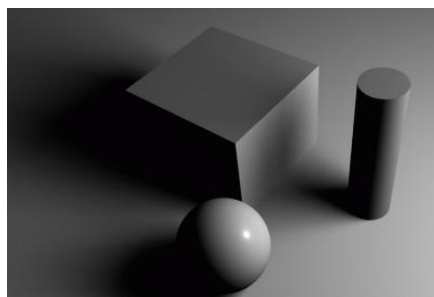


Рис. 1. Четкие тени

Четкие тени. Четкие тени получаются от точечных источников света или от источников направленного параллельного света. Однако в повседневной жизни таких источников очень мало, поэтому четкие тени придают картинке довольно нереалистичное изображение. Единственным плюсом точечных источников света и четких теней является то, что их легко моделировать в компьютерной графике.

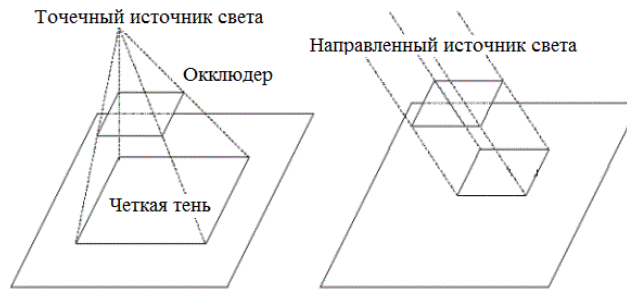


Рис. 3. Четкие тени (точечный и направленный источники света)

Расчет четких теней включает только определение того, находится точка со сцены в тени непрозрачного объекта или нет.

Мягкие тени. Четкие тени в компьютерной графике встречаются редко и часто выглядят неправдоподобно, точность и реалистичность мягких теней очевидно выше. Мягкие тени получаются от протяженных источников света. В этом случае от объекта получается не одна тень, а серия теней, которые накладываются друг на друга и образуют в разной степени затемненные области. Степень затемнения зависит от расстояния между источником света, окклюдером (объектом, стоящим на пути движения света) и затеняющейся областью. Фактически тень состоит из трех частей: области полной тени, в которой источник света полностью закрыт; области полутени, в которой источник света частично виден; и области, в которой объект сцены целиком содержится внутри диска источника света [2]. Область полутени предоставляет дополнительную информацию о размерах источника света и о расстоянии между окклюдером и затеняющейся областью.

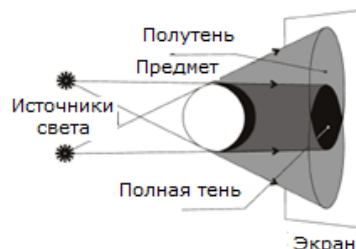


Рис. 4. Мягкие тени

В основе алгоритмов генерации мягких теней лежат алгоритмы генерации жестких теней, к которым применяются фильтры для сглаживания, например РСF или другие техники.

Некоторые алгоритмы генерации тени:

Ложные тени. Идея алгоритма состоит в том, чтобы выбрать только важные окклюдеры и спроецировать их на плоскость в виде простого полигона. Например, на Рисунке 5 изображен стол, тень которого сгенерирована в виде эллипса. Такие тени очень ограничены в своем применении: область, на которой рисуется тень должна быть плоской, объекты должны оставаться на фиксированной высоте над землей и вращаться только во-

круг оси Y , алгоритм не учитывает направление, в котором приходит свет [3]. Основные преимущества: скорость и простота.



Рис. 5. Ложные тени

Трассировка лучей. Алгоритм используется для генерации четких теней. Идея алгоритма состоит в том, чтобы опустить лучи из позиции наблюдателя на сцену. Как только луч пересечет какую-либо модель на сцене, из точки пересечения по направлению к источнику света отпускается так называемый теневой луч. Если этот луч перед тем как достигнуть источника света пересечет какую-либо поверхность на сцене, то на модель, с которой он был послан падает тень с этой поверхности [4].

Тени, сгенерированные по этой технике очень реалистичны, но они и очень вычислительно затратные, т.к. нужно просчитать большое количество отражений и преломлений лучей по всей сцене: если поверхность отражающая, то генерируется отраженный луч; если поверхность пропускает свет, то генерируется пропущенный луч, причем с учетом преломления света.

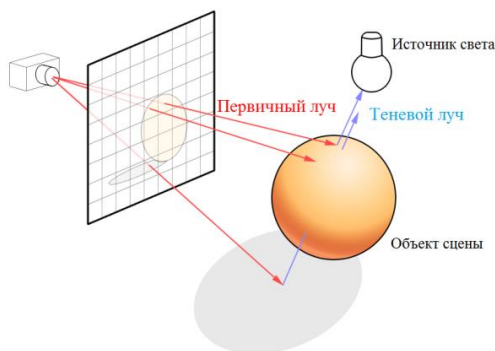


Рис. 6. Трассировка лучей

Распределенная трассировка лучей. Алгоритм аналогичен обычной трассировке лучей с одним исключением - при попадании луча на поверхность генерируется множество отраженных лучей. Так же существуют алгоритмы трассировки лучей, где прослеживание пути световых лучей ведется не из позиции наблюдателя, а из источника света, или с обеих сторон [5]. Это алгоритм для генерации мягких теней, на практике используется редко из-за большой вычислительной нагрузки.

Наивный алгоритм. Мягкие тени также можно получить с помощью алгоритма обратной рекурсивной лучевой трассировки, в котором нужно заменить объемный источник света множеством точечных источников [6]. Алго-

ритм обладает большой вычислительной сложностью, которая возрастает пропорционально количеству источников света, на практике используется редко.

Теневые объемы. Алгоритм генерации четких теней. Идея алгоритма состоит в том, чтобы найти силуэты окклюдеров по направлению от источника света, потом продлить их в том же направлении – и таким образом сформировать теневой объем. Объекты внутри объема находятся в тени, а объекты вне – освещены. Теневым объемом считается область, ограниченная лучами, идущими от источника света и пересекающими вершины затеняющего объекта (см рис. 7 слева). Определенные таким образом, теневые объемы – это полубесконечные пирамиды. Для того чтобы определить попадает ли точка в теневой объем или нет проверяется принадлежность этой точки многоугольнику: из точки выпускается луч и считаются пересечения этого луча с лицевыми и не лицевыми гранями теневого объема. Передние грани теневого объема (относительно позиции наблюдателя) увеличивают счетчик, а задние грани – уменьшают. Значения счетчиков хранятся в буфере шаблона. Если полученное число положительно, то точка находится внутри теневого объема [7]. Алгоритм производит качественные тени, но работает очень медленно при высоко детализированных сценах.

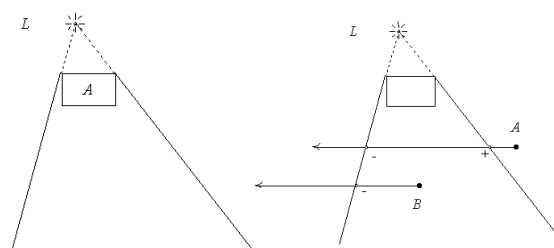


Рис. 7. Теневой объем

Метод излучательности. Алгоритм генерации мягких теней. Идея алгоритма состоит в том, чтобы разбить все объекты сцены на части (патчи), после этого интеграл в уравнении освещенности можно представить в виде суммы интегралов, которые называются форм-факторами. Каждый форм-фактор описывает взаимное влияние двух фрагментов друг на друга. Потом составляется и решается СЛАУ, связывающая исходящую энергию каждого патча с приходящей энергией, и происходит синтез нового изображения [5].

Буфер глубины. Идея алгоритма состоит в том, чтобы сначала отрисовать сцену относительно позиции источника света и сохранить в буфере глубину ближайших к источнику света точек; потом при отрисовке сцены уже относительно позиции наблюдателя выполнять для каждой точки следующую проверку: если глубина точки, переведенной в систему координат относительно источника света, больше аналогичного значения из буфера, то точка считается затененной и наоборот [3]. Алгоритм буфера глубины лежит в основе большинства алгоритмов теневых карт.

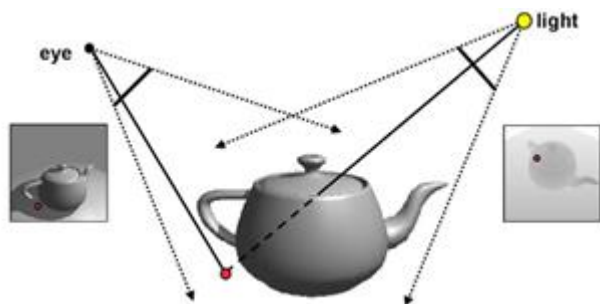


Рис. 8. Вид относительно позиции наблюдателя и источника света

Теневые карты. Большая часть алгоритмов генерации мягких теней основана на методе теневых карт. Идея алгоритма состоит в том, чтобы вначале отрисовать сцену относительно источника света и сформировать буфер глубины, а потом записать его в текстуру. При этом первые две компоненты текстурных координат определяют проекцию точки на экран, а третья компонента описывает глубину точки относительно источника света. Далее эту текстуру можно использовать для проверки видимости точек. Из-за перспективной проекции относительно наблюдателя применение этого алгоритма приводит к проблеме алиасинга [8].

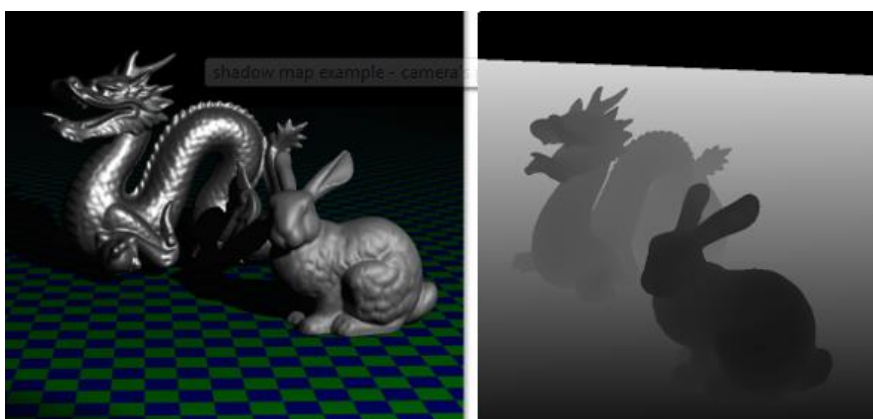


Рис. 9. Сцена и ее карта теней

Вывод. Мягкие тени выглядят реалистичней четких теней, но при этом требуют больших математических вычислений. Буквально 10 лет назад из-за невысокой производительности компьютеров популярностью пользовались четкие тени, но сегодня благодаря эволюции графического аппаратного обеспечения у разработчиков графических приложений появилась возможность работать с мягкими тенями. Практически все современные алгоритмы генерации теней основаны на теневых картах, например: ASM, VSM, PSSM, CSM, TSM, PSM, LiSPSM, XPSM и т.д. Таким образом, становится очевидно, что алгоритм теневых карт является самым перспективным алгоритмом и нуждается в подробном изучении.

Список литературы

- [1] The Russian Games Market 2016. URL: <https://newzoo.com/insights/countries/russia/> (дата обращения 03.10.2016)
- [2] Tucci L., Trainiti E., Siripun J. Rendering Shadows, 2014. URL: <http://creativcoding.evl.uic.edu/courses/cs488/reportsA/shadows.pdf> (дата обращения 30 сентября 2016).
- [3] Cruz D. Shadow maps: a survey. Universidade do Minho, 2008, vol. 1, no. 1, pp. 63-78.
- [4] Дегтярев В.М. Компьютерная геометрия и графика. Москва, Изд-во «Академия», 2011, 192 с.
- [5] Москвин Д.А. История развития алгоритмов глобального освещения. URL: http://dis-mos46.blogspot.ru/2012/01/blog-post_16.html (дата обращения 30 сентября 2016).
- [6] Дебелов В. А., Новиков И. Е. Генерация мягких теней при использовании алгоритма трассировки лучей. Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии, 2009, № 2, с. 18-41.
- [7] Боресков А.В. Построение теней при помощи теневых объемов. URL: <http://steps3d.narod.ru/tutorials/shadow-volumes-tutorial.html> (дата обращения 29 сентября 2016).
- [8] Белов Ю.С., Молчанов А.Н., Редько А.В. Современный подход использования перспективной матрицы в компьютерной графике. Электронный журнал: наука, техника и образование, 2016, вып. 1. URL: <http://nto-journal.ru/uploads/articles/4e846e2b1aeff5bf869d4ea9f39c44af.pdf> (дата обращения 03.10.2016).

Короткова Екатерина Владимировна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: e.korotkova.2013@yandex.ru

Белов Юрий Сергеевич - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: fn1kf@mail.ru

А.А. Биленко, С.В. Рыбкин, Ю.С. Белов

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ БИОИНФОРМАТИКИ И МЕТОДОВ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ САХАРНОГО ДИАБЕТА

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Сахарный диабет – это эндокринологическое заболевание, которое затрагивает миллионы людей и может вызвать множество осложнений со здоровьем. В исследовании диабета используются многочисленные инструменты биоинформатики.

В данной статье рассматриваются технологии биоинформатики, которые часто используются исследователями при работе с конкретными биоинформатическими методами.

Введение. Для изучения инструментов и методологий биоинформатики, которые используются для исследования диабета, был рассмотрен ряд статей и определены категории методов, на которых следует сфокусироваться. Несмотря на то, что существует множество возможных подходов к классификации в этой области, для простоты и возможности удачного проведения исследования было выделено три следующих категории методов биоинформатики, по которым статьи могут быть классифицированы:

- Метод выравнивания последовательностей – статьи в этой области приводят выравнивание последовательностей в качестве основного инструмента исследования. Он может включать в себя парные и множественные выравнивания последовательностей, а также осуществление поиска с помощью программы BLAST.
- Метод экспрессии генов – в статьях из этой области описываются различные способы измерения экспрессии генов в разных организмах и условиях. Анализ ДНК-микрочипов также часто упоминается в данных статьях.
- Технологии баз данных – в статьях из этой области приводятся различные базы данных, которые использовались для проведения исследований.

Выравнивание последовательностей. Выравнивание последовательностей часто используется исследователями для сравнения ДНК или аминокислотных последовательностей организмов, чтобы определить гомологию и сформировать филогенетические связи между ними. Существуют два основных типа выравнивания последовательностей, парное и множественное. Парное используется для нахождения сходных участков двух последовательностей, а множественное используется для сравнения трех или более последовательностей.

Примером использования методов парного и множественного выравнивания последовательностей может послужить исследование А.А. Рао [1], которое было основано на предпосылках того, что нейротрофический фактор мозга (BDNF) контролирует действия нескольких белков, включая инсулин, лептин и грелин, и имеет важное значение для патофизиологии сахарного диабета 2 типа и ожирения. Чтобы проверить свою гипотезу, А.А. Рао использовал множественную последовательность выравнивания для сравнения последовательностей генов и белков, характерных для человека и мыши. После выравнивания последовательностей (BDNF, MET66, CRP, Insulin, Leptin, и Ghrelin) от каждого организма, исследователи сгенерировали филогенетическое дерево с использованием программы CrustalW. Результаты с меньшим набором данных также указали на наличие сильной взаимосвязи между двумя организмами, которая позволяет предположить, что BDNF может быть использован в качестве биомаркера для исследования диабета.

Более подробное описание выравнивания последовательностей и использующихся технологий биоинформатики для анализа гена GLUT10 было найдено в статье Р.А. Dawson [2]. Исследователи отмечают важность баз данных NCBI, так как без центрального хранилища информации о последовательностях выполнение многих экспериментов за короткий срок стало бы невозможным. Отмечается, что с помощью исследования биомаркеров было найдено 10 генов-кандидатов, а полученные в результате последовательности были выровнены с помощью программы BOXSHADE.

Другой пример выравнивания генов приводится в статье [3], где L. Hornum и исследователи проводили анализ ДНК-микрочипов для определения экспрессии генов. Последовательности, полученные из экспериментов с ДНК-микрочипами, были выровнены с использованием программы BLAST.

Экспрессия генов. Большинство клеток в организме содержат полный набор хромосом и идентичные гены. Однако только определенные гены являются «включенными» для различных клеток и дают клеточному типу особые способности. Такие гены называются экспрессивными. Методы экспрессии генов разнообразны, от создания генетических карт сцепления до анализа ДНК-микрочипов.

Clara C. Elbers с группой ученых описывают осмотр генетических карт сцепления, чтобы сравнить перекрывающиеся области генов, которые влияют на ожирение и сахарный диабет 2 типа [4]. Инструменты, которые они использовали в своем исследовании включали: Prioritizer, Endeavour, DGP, Geneseeker, G2D, PandS. Эти инструменты работают по-разному, как правило, с использованием статистических методов, чтобы сравнить взаимосвязи между генами, но общая цель всех из них – определить, какие гены влияют на различные заболевания. В общей сложности они определили 27 генов-кандидатов. Для анализа микрочипов также используется несколько статистических методов, включая одновыборочный тест, коэффициенты бинарного логарифма, нормализацию и дисперсионный анализ ANOVA.

J.M. Mazzealli совместно с группой исследователей описывают использование алгоритма нормализации логистической регрессии для анализа клонов ткани поджелудочной железы [5].

В статье C.D. Collins отмечается, что использование нескольких маркеров, которые могут указывать на сахарный диабет 1 типа, даст более убедительные результаты [6]. Было использовано несколько дополнительных статистических инструментов в области дискриминантного анализа, в том числе параметрические и непараметрические тесты (на основе ядра и K ближайших соседей).

Базы данных. В то время как методы выравнивания последовательностей и анализ ДНК-микрочипов играют важную роль при исследовании диабета, хранение и поиск биологически связанных данных являются ключом к использованию данных во время хода исследования.

J.C. Zgibor с группой ученых провели исследование в Университете Питтсбургского Медицинского Центра, которое ориентировано на проверку достоверности гетерогенных данных о больных сахарным диабетом [7]. Для подтверждения правильности базы данных был произведен поиск, включающий 46,082,941 лабораторных отчетов, 233,292,544 медицинских записей и 9,351,415 медицинских карт около 2 миллионов пациентов. Сравнение наборов данных производилось с помощью одновыборочного и хи-квадрат статистического методов.

Подробные данные об экспрессии генов поджелудочной железы содержатся в базе EPConDB PancChip [8]. Она использует базу данных транскрипции последовательностей, а также обеспечивает доступ к BLAST, Genecard и Entrez.

Наиболее полной и охватывающей исследования диабета базой данных является T1Dbase [9]. Она собирает информацию из различных источников, включая Генетический банк бета-клеток, BLAST, и другие, а также обеспечивает инструменты анализа геномных данных. В число конкретных инструментов, которые включает T1Dbase входят: геномный браузер Gbrowse с открытым исходным кодом, технологию Gene Dossier, инструмент запроса для поиска биомаркеров и генотипированных данных T1Dmart, Microarray Viewer и Tissue Expression Viewer для экспрессии генов, а также инструмент визуализации для просмотра и анализа биологических сетей – Cytoscape.

Суммарные результаты. В таблицах 1 - 3 суммированы результаты исследования технологий биоинформатики, используемые различными учеными.

По данным таблицы 1 можно отметить, что многие диабетические исследования фокусируются на изучении экспрессии генов. Из таблицы видно, что 4 из перечисленных статей избрали анализ ДНК-микрочипов в качестве основного инструмента для анализа с использованием мощных баз данных.

Можно выдвинуть предположение о том, что после того, как для секвенирования генома уже многое сделано, исследователи переходят к следующему этапу, который включает в себя осмысление генов, расположенных в геноме человека и того, как они выражены в рамках различных условий и в разных организмах.

Таблица 1. Методы биоинформатики, использующиеся для исследования сахарного диабета

Статья	Выравнивание последовательностей	Кластерный анализ/ Построение филогенетических деревьев	Экспрессия генов и анализ ДНК-микрочипов	Поисковые базы данных
[1]	X	X		
[2]	X	X	X	X
[3]	X			X
[4]			X	X
[5]			X	X
[6]			X	
[7]				X
[8]				X
[9]				X
Итого	3	2	4	7

В таблице 2 приведено множество различных технологий биоинформатики, которые были упомянуты в рассмотренных статьях. Ни одна программа не была упомянута более 1 раза, за исключением ClustalW/X, которые являются связанными программами.

Из таблицы 3 видно, что в основном исследователи использовали простые инструменты для статистического анализа. Частое использование одновыборочного метода говорит о том, что большинство исследований анализов было проведено в отношении двух различных наборов данных.

Таблица 2. Технологии биоинформатики (ПО), использующиеся для исследования

Название программы	Число упоминаний
Align	1
BOXSHADE	1
ClustalW	1
ClustalX	1
Prioritizer	1
Endeavour	1
DGP	1
Geneseeker	1
G2D	1
PandS	1
CipherGen Express	1

Таблица 3. Статистические методы, использующиеся для исследования сахарного диабета

Статистический метод	Число упоминаний
Одновыборочный	5
К-ближайших соседей	1
Логистической регрессии	2
Компонентного анализа	1
Chi-квадрат	1

Из проведенного исследования совершенно ясно, что взаимодействие с базами данных является единственной общей нитью, которая проходит через большинство рассмотренных исследований сахарного диабета.

Вывод. Дальнейшие исследования в этой области могут включать в себя разработку набора технических средств, которые могли бы использовать ученые для того, чтобы иметь возможность легко сравнить результаты между исследованиями.

Список литературы

[1] A. A. Rao, G. R. Sridhar, B. Srinivas и U. N. Das, "Bioinformatics analysis of functional protein sequences reveals a role for brain-derived neurotrophic factor in obesity and type 2 diabetes mellitus," Medical Hypotheses, vol. In Press, Corrected Proof.

[2] P. A. Dawson, J. C. Mychaleckyj, S. C. Fossey, S. J. Mihic, A. L. Craddock и D. W. Bowden, "Sequence and Functional Analysis of GLUT10: A Glucose Transporter in the Type 2 Diabetes-Linked Region of Chromosome 20q12-13.1," Molecular Genetics and Metabolism. – 2010 – vol. 74 – с. 186-199.

[3] L. Hornum и H. Markholst, "A Sequence-Ready PAC Contig of a 550-kb Region on Rat Chromosome 4 Including the Diabetes Susceptibility Gene Lyp," Genomics. – 2010 – vol. 69 – с. 305-313.

[4] Clara C. Elbers, N. Charlotte Onland-Moret и Anne G. Niehoff, "A strategy to search for common obesity and type 2 diabetes genes," TRENDS in Endocrinology and Metabolism. – 2012 – Vol.18 No.1– с. 19-26.

[5] J. M. Mazzairelli, P. White, R. Gorski, J. Brestelli, D. F. Pinney, A. Arsenlis, A. Katokhin, P. Perelman, M. Puzakov, A. Shilov, V. Trifonoff, N. Vorobjeva, N. Kolchanov, K. H. Kaestner и J. C. J. Stoeckert, "Novel genes identified by manual annotation and microarray expression analysis in the pancreas," Genomics. – 2009 – vol.88– с. 752-761.

[6] C. D. Collins, D. Schatz, S. E. Eckenrode, P. Yang, D. Hopkins, R. A. McIndoe, M. Rewers и J. X. She, "The application of genomic and proteomic technologies in predictive, preventive and personalized medicine," Vascular Pharmacology. – 2009 – vol.45– с. 258-267.

[7] J. C. Zgibor, T. J. Orchard, M. Saul, G. Piatt, K. Ruppert, A. Stewart и L. M. Siminerio, "Developing and validating a diabetes database in a large health system," Diabetes Research and Clinical Practice. – 2007 – vol.75– с. 313-319.

[8] *J. M. Mazzairelli, R. K. Gorski, J. Liu, E. Manduchi, D. F. Pinney, J. Schug, P. White, K. H. Kaestner и C. J. S. Jr.*, "EPConDB: a web resource for gene expression related to pancreatic development, beta-cell function and diabetes," *Nucleic Acids Research*. – 2013 – vol.35– с. 751-755.

[9] *E.M. Hulbert, L.J. Smink, E.C. Adlem, J.E. Allen, D.B. Burdick, O.S. Burren, C.C. Cavnor, K.F. Friery, B.C. Healy, S.A. Killcoyne, B. Kutlu, H. Schuilenburg, N.M. Walker, J. Mychaleckyj, D.L. Eizirik, L.S. Wicker, J.A. Todd и N. Goodman*, "T1DBase: integration and presentation of complex data for type1 diabetes research," *Nucleic Acids Research*. – 2014 – vol.35– с. 742-746.

Биленко Анна Александровна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: anna.bilenko94@yandex.ru

Рыбкин Сергей Владимирович - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ribkinsv@kaluga.ru

Белов Юрий Сергеевич - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ybs82@mail.ru

К.А. Дроздов, А.Е. Потапов

ПРОБЛЕМА ИНТЕГРАЦИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Процесс интеграции программного обеспечения — далеко не новая проблема. В проекте, выполняемом одним человеком с немногими внешними зависимостями, интеграция программного обеспечения — не слишком существенная проблема, но при увеличении сложности проекта (даже если в него просто добавлен еще один человек) возникает насущная потребность в интеграции и проверке слаженной работы компонентов программного обеспечения, причем заранее и часто. Дождаться конца проекта для проведения интеграции и выявления всего спектра возможных ошибок — неразумно и к тому же не способствует качеству программного обеспечения, а зачастую даже приводит к удорожанию и задержке сдачи проекта. Непрерывная интеграция снижает подобные риски.

Непрерывная интеграция - практика разработки программного обеспечения, когда участники группы осуществляют частую интеграцию своих работ [1]. Обычно каждый человек проводит интеграцию по крайней мере ежедневно, что приводит к нескольким интеграциям в день. Для максимально быстрого обнаружения ошибок каждая интеграция осуществляется автоматизировано (вместе с проверкой). Многие группы разработчиков находят, что данный подход позволяет значительно уменьшить проблемы интеграции и способствует более быстрой разработке программного обеспечения. Это означает, что: 1) Все разработчики выполняют закрытое построение на собственных рабочих станциях перед передачей кода в хранилище с контролем версий, для гарантии того, что внесенные изменения не приведут к ошибке при интеграционном построении. 2) Разработчики обновляют свой код в хранилище с контролем версий по крайней мере один раз в день. 3) Интеграционное построение осуществляется несколько раз в день на выделенной для этого машине. 4) При каждом построении проводится 100 % проверок. 5) Создаваемый продукт (например, файл с расширением WAR, сборка, исполняемый файл и т.д.) пригоден для функциональной проверки. 6) Исправление ошибок имеет самый высокий приоритет. 7) Часть разработчиков просматривают отчеты, созданные в ходе построения, стандарты программирования и отчеты анализа зависимостей, в поисках областей для совершенствования.

Если необходимо выполнять частые интеграционные построения так, чтобы они перестали быть событием в проекте (включая компиляцию, рестроюку базы данных, автоматизированные проверки и инспекции, раз-

вертывание программного обеспечения и получение обратной связи), то непрерывная интеграция может в этом помочь.

Достоинства CI

На высоком уровне CI имеет следующие преимущества:

- Снижение риска.
- Уменьшение количества повторяемых процессов, выполняемых вручную.
- Построение развертываемого программного обеспечения в любой момент, в любом месте.
- Обеспечение лучшего контроля проекта.
- Повышение доверия к программному продукту со стороны группы разработки.

Снижение риска.

Осуществляя интеграцию по несколько раз в день, можно снизить риск в проекте. Это облегчает обнаружение дефектов и контроль состояния программного обеспечения, а также уменьшает количество предположений.

1. Дефекты обнаруживаются и устраняются быстрее. Поскольку CI интегрирует, а также выполняет проверки и инспекции по несколько раз в день, существует большая вероятность того, что дефекты обнаруживаются сразу (т.е. когда код проверяется в хранилище с контролем версий), а не при проверке на последнем этапе.

2. Контроль состояния проекта программного обеспечения. Применение непрерывной проверки и инспекции в автоматизированном процессе интеграции позволяет отслеживать атрибуты состояния программного продукта (например, сложность) через определенное время.

3. Снижение количества предположений. Перестраивая и проверяя программное обеспечение в соответствующей системе, а также используя тот же самый процесс и сценарии на постоянной основе, вы можете уменьшить количество предположений (например, стоит ли полагаться на библиотеки стороннего производителя или переменные окружения).

Непрерывная интеграция предоставляет страховочную сеть, уменьшающую риск проявления дефектов в базовом коде. Ниже перечислены некоторые из рисков, снизить которые позволяет CI.

- Недостаток связности развертываемого программного обеспечения.
- Позднее обнаружение дефектов.
- Низкое качество программного обеспечения.
- Недостаток контролируемости проекта.

Уменьшение количества повторяемых процессов

Уменьшение количества повторяемых процессов экономит время, деньги и силы. Повторяемые процессы могут встречаться во всех действиях проекта, включая компиляцию кода, интеграцию базы данных, провер-

ку, инспекцию, развертывание и обратную связь. Автоматизируя CI, можно получить возможность обеспечить:

- Процесс каждый раз выполняется одинаково.
- Поддерживается упорядоченность процесса. Например, в сценариях построения можно проводить инспекции (статический анализ) перед проверками.
- Процессы осуществляются каждый раз, когда в хранилище с контролем версий происходит изменение.

Это облегчает следующее:

- Снижение трудозатрат на повторяемые процессы высвобождает людей для более интеллектуальных и важных работ;
- Возможность преодолевать сопротивление (включая других участников группы), чтобы реализовать преимущества, используя автоматизированные механизмы для важных процессов, таких как проверка и интеграция базы данных.

Построение развертываемого программного обеспечения [2].

Непрерывная интеграция может обеспечить выпуск развертываемого программного обеспечения в любой момент. С другой стороны, это наиболее очевидное преимущество CI. Можно говорить об улучшении качества программного обеспечения и снижении риска, но для “посторонних” (клиентов и пользователей) реально развертываемое программное обеспечение значительно важнее. Трудно переоценить важность данного аргумента. Используя CI, вносятся незначительные изменения в исходный код, и он интегрируется с остальной частью кода на регулярном основании. Если возникнут какие-либо проблемы, участники проекта будут проинформированы об этом и немедленно их устранят. В проектах, где подобная практика не используется, проверка программного обеспечения происходит в самом конце и проблемы могут обнаружиться непосредственно перед передачей заказчику. Это может задержать выпуск на время устранения обнаруженных дефектов, затем на время проверки и устранения новых дефектов и т.д., поэтому, поторопившись, можно существенно затянуть конец проекта.

Обеспечение лучшего контроля проекта.

CI позволяет лучше замечать тенденции и принимать эффективные решения. Когда не получаешь реальных и своевременных данных, необходимых для принятия решений, каждый делает более или менее точные предположения, а проект страдает. Как правило, участники проекта собирают такую информацию вручную, прикладывая обременительные и запоздалые усилия. В результате необходимая информация зачастую не бывает собрана. Применение CI предоставляет следующие преимущества.

- Эффективные решения. Система CI может предоставить своевременную информацию о текущем состоянии и качественных показателях построения. Некоторые системы CI могут также отображать частоту дефектов и демонстрировать ход их устранения.

- Отслеживание тенденций. Поскольку в системе CI интеграция происходит часто, появляется возможность отслеживать тенденции успеха и отказа построения, общего качества и другой информации о проекте.

Повышение доверия к программному продукту.

В целом эффективное применение практик CI может обеспечить больше доверия к созданному программному продукту. При каждом построении ваша группа узнает, как прошли проверки программного обеспечения, каково его поведение, соблюдаются ли стандарты программирования и проектирования, а также какие функции получены в результате. Без частых интеграций некоторые участники группы могут чувствовать себя неуверенно, поскольку они не знают, повлияли ли их изменения на общий код. Так как система CI может оповестить вас, если что пойдет не так, разработчики и другие участники группы имеют больше доверия к вносимым изменениям. Кроме того, поскольку система CI предоставляет единое хранилище для всех составляющих программного обеспечения, доверия к его точности также будет больше.

Недостатки CI

1. Увеличение дополнительных затрат на поддержку системы CI. Как правило, это вовсе не так, поскольку необходимость интегрировать, проверять, инспектировать и развертывать существует независимо от того, используете вы CI или нет. Поддерживать надежную систему CI значительно проще, чем контролировать процессы, выполняемые вручную. Как ни странно, но участники сложных многоплатформенных проектов, где потребность в CI наибольшая, как правило, чаще всего сопротивляются ее внедрению.

2. Слишком много изменений [3]. Некоторые полагают, что внедрение CI в текущие проекты повлечет за собой изменения слишком многих процессов. Наиболее эффективен инкрементный способ перехода на CI: сначала построение и проверки проводятся реже (например, ежедневно), пока не привыкнут все, а затем их частота увеличивается.

3. Слишком много неудачных построений. Как правило, это происходит тогда, когда разработчики не выполняют закрытого построения до передачи кода в хранилище с контролем версий. Разработчик может также забыть проверить файл или передать файл, проверка которого не прошла успешно. При использовании CI, из-за частых изменений, быстрый ответ обязателен.

4. Дополнительные издержки на аппаратные средства и программное обеспечение. На самом деле при внедрении CI придется приобрести отдельную машину для интеграции, но это вполне оправданный расход по сравнению с последующими, более дорогими издержками на поиск и устранение проблем.

5. Эти действия должны будут выполнять разработчики. Иногда руководство считает, что CI только дублирует действия, которые разработчики

должны все равно выполнять. Да, разработчики должны выполнить некоторые из этих действий, но они должны это сделать более эффективно и надежно в отдельной среде. Применение автоматизированных инструментальных средств позволяет повысить эффективность и частоту таких действий. Кроме того, это гарантирует, что подобные действия осуществляются в чистой среде, что уменьшает количество предположений и способствует принятию лучших решений.

В итоге, процесс непрерывной интеграции помогает решить проблему интеграции программного обеспечения и повышает его качество. Однако, внедрение непрерывной интеграции является достаточно сложной задачей. В зависимости от области разработки, необходимо подобрать методологию и практики разработки программного обеспечения, а также выбрать инструменты обеспечения непрерывной интеграции. Правильно выбранные методологии и инструменты позволят наилучшим образом повысить интеграцию разрабатываемого продукта, а также позволят сократить время на его разработку и повысить его качество.

Список литературы

[1] Paul M. Duvall, Matyas S., Glover A. *Continuous Integration: Improving Software Quality and Reducing Risk*, Addison -Wesley 2007, 283 p.

[2] Humble J., Farley D. *Continuous Delivery: Reliable Software Releases through Build, Test, and Deployment Automation*, 2010, 421 p.

[3] Folwer M. *Continuous Integration*. URL: <http://martinfowler.com/articles/continuousIntegration.html> (дата обращения: 18.09.2016)

Дроздов Константин Александрович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: konstantindrozdov63@gmail.com

Потапов Андрей Евгеньевич - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: potapov-ae@mail.ru

М.Л. Прокофьев, А.Е. Потапов

ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ АНАЛИЗА «БОЛЬШИХ ДАННЫХ»

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

В последние годы все большую популярность в различных отраслях науки и бизнеса набирают подходы, основанные на анализе «больших данных». Основные характеристики «больших данных» – «три V», к которым относятся: 1) объем информации – Volume; 2) скорость прироста информации – Velocity; 3) многообразие информации – Variety. Большие данные позволяют строить модели более высокой точности и принимать более эффективные решения, как в науке, так и в бизнесе. Однако для того, чтобы анализ данных стал возможным, их необходимо подготовить. Это связано с тем, что в реальности данные, которые необходимо проанализировать, приходят из разных источников, разнородны, содержат ошибки и в большинстве случаев плохо нормализованы. В архитектуре «больших данных» процесс подготовки данных относят к этапу интеграции, на котором необходимо извлечь данные из источников, преобразовать (очистить) данные в соответствии с правилами и загрузить полученный результат в систему для последующего анализа.

В процессе интеграции данные проходят жизненный цикл, состоящий из нескольких стадий: 1) «Сырые» данные. К этому типу данных относятся непосредственно источники данных, в которых могут быть пропущены заголовки, отсутствовать значения; могут быть присвоены неверные категории; данные могут содержать проблемы, связанные с кодировкой; частой проблемой является несоответствие типов и значений (например, числа хранятся, как строки) и т.д. 2) Технически-корректные данные. На данном этапе уже устранены проблемы с несоответствием типов и значений, проблемы кодировки и т.п. 3) «Непрерывные» данные. «Непрерывность» подразумевает под собой, что в данных устранены проблемы с отсутствием значений, пропущенные заголовки восстановлены, а полям присвоены корректные категории и т.д. 4) «Чистые» данные. Чистые данные не содержат составных значений (т.е. каждый атрибут содержит свое значение), данные обладают ясной и четкой структурой и нормализованы. 5) Агрегированные или сжатые данные. Большой объем исторических данных может быть сокращен в соответствии с целями анализа и степенью важности, приписанной тем или иным данным. 6) Отформатированные данные. Последний этап, на котором очищенные данные проверены и считаются пригодными для последующего анализа.

Однако приведенный жизненный цикл данных, описывает проблемы на уровне одного источника данных. В действительности, для полного и

точного анализа требуется использовать несколько источников данных, которые должны взаимодействовать между собой. Проблемы данного уровня называют проблемами «многих источников» данных. Каждый источник может содержать «грязные» («сырые») данные, которые в разных источниках могут быть представлены по-разному. Кроме того, источники могут конфликтовать или противоречить друг другу. На уровне схемы и ее модели данных различия между сущностями и атрибутами решаются с помощью правильного проектирования, определения общих правил именования, ограничений целостности и т.п. Однако при взаимодействии разных схем могут возникать: 1) конфликты имен, среди которых выделяют омонимы (например, когда одно и то же имя используется для различных объектов) и синонимы (когда различные имена используются для того же объекта); 2) структурные конфликты (различные представления одного и того же объекта в разных базах; различная структура компонентов; различные типы данных; различные ограничения целостности и т.п.). В дополнение к конфликтам на уровне схемы, могут появиться конфликты на уровне экземпляра (конфликты данных). К подобным конфликтам можно отнести дублирование записей и противоречащие записи. И даже, когда сущности содержат одни и те же имена атрибутов и типы данных, значения могут иметь различные представления или разные интерпретации значения в разных источниках. Кроме того, информация в источниках может быть представлена на различных уровнях агрегации (например, продажи отдельного продукта в сравнении с продажами группы продуктов) или обращаться к разным моментам времени. Одной из основных проблем очистки данных «множества источников» является выявление перекрывающихся данных, в частности, когда соответствующие записи, относящиеся к одной и той же реальной сущности представлены по-разному в разных источниках (например, «клиент», «посетитель» и «покупатель»). Эта проблема также называется проблемой «идентичности объекта».

Все перечисленные проблемы, как одного, так и многих источников, могут быть решены с помощью следующих подготовительных шагов: 1) Просмотр и анализ «сырых» данных. Данный этап необходим для того, чтобы понять, какие именно ошибки и несоответствия в данных нужно устранить. 2) Определение правил преобразования и правил соответствий. Для большого объема данных требуется большое число преобразований и ступеней очистки. Ранние этапы очистки могут исправить проблемы экземпляра одного источника и подготовить данные для интеграции. На более поздних этапах выполняются шаги для подготовки схемы интеграции данных и устранения проблем экземпляра нескольких источников (например, дублирования записей). Данный этап позволяет определить единые правила, в соответствии с которыми будут взаимодействовать источники. 3) Верификация данных. Корректность и эффективность процесса определения правил преобразования данных должна быть протестирована и оценена. Здесь нужно отметить, что может потребоваться несколько итераций анализа, проек-

тирования и верификации, поскольку некоторые ошибки становятся очевидными лишь после применения нескольких преобразований. 4) Непосредственное преобразование данных. Выполнение шагов преобразования данных, определенных на втором шаге, в рамках рабочего процесса. Включает в себя обновление и выгрузку данных в хранилище данных. 5) После того, как ошибки источника устранены, «грязные» данные в источниках необходимо заменить «чистыми» преобразованными данными.

Существует два взаимосвязанных подхода к просмотру и анализу данных: профилирование данных и интеллектуальный анализ данных. Профилирование данных фокусируется на анализе атрибутов отдельных экземпляров, в то время как интеллектуальный анализ данных позволяет обнаруживать специфические скрытые паттерны, оперируя при этом большими наборами данных. Процесс преобразования данных обычно состоит из нескольких последовательных стадий, каждая из которых уточняет результат предыдущей. Разрешение возникающих при этом конфликтов проходит по следующему алгоритму: извлечение конфликтующих значений, валидация и корректировка, стандартизация на уровне всех источников данных. Необходимо отметить, что проблемы на уровне экземпляров обычно решают в последнюю очередь, после устранения всех конфликтов на уровне схемы. Это связано с тем, что устранение конфликтов на уровне экземпляров до устранения конфликтов на уровне схемы может только увеличить число несоответствий и ухудшить достоверность и целостность данных.

В целом, процесс подготовки данных является неотъемлемой частью любой системы анализа данных и оказывает огромное влияние на качество и точность результата анализа. И, хотя большинство проблем, связанных с подготовкой данных, уже выявлено, сложность автоматизации данного процесса все еще достаточно велика. При недостаточной определенности схем баз данных (некорректно спроектированная модель, неправильно заданные ограничения целостности, недостаточная нормализованность и т.п.) компьютерной системе не удастся точно определить правила взаимодействия, а значит, корректно подготовить данные. Именно поэтому данная проблема требует большого внимания.

Список литературы

[1] Batini C., Lenzerini M., Navathe S.B. A Comparative Analysis of Methodologies for Database Schema Integration. *In Computing Surveys*, 1986, vol.18(4), pp.323-364.

[2] H. Galhardas H., Florescu D., Shasha D., Simon E. *Declaratively cleaning your data using AJAX*. In Journees Bases de Donnees, 2000, ResearchGate URL: https://www.researchgate.net/profile/Daniela_Florescu/publication/2642294_Declaratively_cleaning_your_data_using_AJAX/links/00b495202195c77a54000000.pdf (дата обращения: 10.09.2016)

Прокофьев Михаил Львович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: mp.prokofyev@gmail.com

Потапов Андрей Евгеньевич - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: potapov-ae@mail.ru

А.С. Нилов, А.С. Нилова, А.Е. Потапов

РАЗРАБОТКА КРОСПЛАТФОРМЕННЫХ ASP.NET CORE ПРИЛОЖЕНИЙ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

ASP.NET Core это открытый кроссплатформенный Фреймворк для разработки современных интернет приложений. .NET Core является модульной средой, то есть .NET Core предоставляется в виде небольших пакетов с компонентами, а не в одной большой сборке, которая содержит большинство основных функций. Это делает Фреймворк гибким, позволяя выбирать только необходимые функции для приложений и библиотек. Разработанные приложения можно запускать на операционных системах Windows, Mac и Linux[1].

Структура приложения. ASP.NET Core приложение – это обычное консольное приложение, которое создает веб-сервер в методе Main, синтаксис которого показан на рисунке 1.

```
using System;
using Microsoft.AspNetCore.Hosting;

namespace aspnetcoreapp
{
    0 references
    public class Program
    {
        0 references
        public static void Main(string[] args)
        {
            var host = new WebHostBuilder()
                .UseKestrel()
                .UseStartup<Startup>()
                .Build();

            host.Run();
        }
    }
}
```

Рис. 1. Синтаксис метода Main

Метод Main использует WebHostBuilder для создания хоста приложения. У WebHostBuilder есть методы для создания веб сервера (например UseKestrel), задания стартового класса приложения (UseStartup), а также другие дополнительные методы (например UseIISIntegration, UseContentRoot).

Методы Build и Run соберут и запускают IWebHost, который будет хостом приложения и будет принимать входящие HTTP запросы[2].

Как уже было сказано, метод UseStartup определяет стартовый класс приложения. Стартовый класс – это класс, где настраивается конфигурация всех необходимых сервисов. Этот класс должен быть помечен модификатором доступности public и содержать в себе два метода: ConfigureServices (в котором настраиваются сервисы, используемые в приложении) и Configure (в котором настраиваются компоненты для обработки запросов). Пример стартового класса приведен на рисунке 2.

```
0 references
public void ConfigureServices(IServiceCollection services)
{
}
0 references
public void Configure(IApplicationBuilder app)
{
}
```

Рис. 2. Пример стартового класса

Во входные параметры конструктора стартового класса можно передать объект типа IHostingEnvironment (определяет веб-хостинг приложения) и ILoggerFactory (определяет логгер приложения). Во входные параметры метода ConfigureServices необходимо передать объект типа IServiceCollection (определяет коллекцию сервисов приложения). Во входные параметры метода Configure необходимо передать объект типа IApplicationBuilder (определяет класс, который предоставляет механизм для конфигурации приложения), а также можно передавать объекты следующих типов: IHostingEnvironment и ILoggerFactory.

Настройка проекта. Для определения метаданных проекта в .Net Core приложениях используется файл project.json. Пример такого файла представлен на рисунке 3. Project.json файл состоит из блоков, в которых указываются настройки приложения.

В блоке "version" указывается версия проекта (которая также будет использоваться для NuGet пакетов). В блоке "dependencies" определяются зависимости проекта. В этом блоке в качестве ключа указывается название пакета, в качестве значения – версия. В блоке "buildOptions" указывается информация о компиляции проекта. В блоке "framework" указываются платформы, для которых будет компилироваться приложение. В этом блоке можно указать зависимости для каждой платформы отдельно.

Также project.json файл может содержать и другие блоки, в которых содержится следующая информация: название проекта, описание проекта, авторские права, заголовок, входная точка, авторы, язык проекта, скрипты, название компилятора, файлы, которые необходимо включать (или не включать) в сборку.

```

{
  "version": "1.0.0-*",
  "dependencies": {
    "Npgsql": "3.1.6",
    "System.Linq.Expressions": "4.1.0"
  },
  "frameworks": {
    "netstandard1.5": {
      "imports": "dnxcore50"
    }
  }
}

```

Рис. 3. Пример файла project.json

Таким образом, для разработки приложения с помощью ASP.NET Core достаточно выполнить следующие шаги:

1. Создать новый проект .NET Core (сперва установив .NET Core).
2. Настроить приложение с помощью файла project.json.
3. Обновить пакеты (выбрав пункт Restore packages).
4. Добавить стартовый класс приложения (Startup.cs).
5. Разработать метод Main в классе Program.cs.[3].

В сравнение с прежним подходом к разработке web приложений на платформе asp.net новая технология имеет следующие преимущества:

1. Полностью открытый код компилятора и всех стандартных модулей, включая веб сервер.
2. Модульный принцип построения, конфигурация структуры проекта выполняется в json формате.
3. Возможность публикации проекта под множество операционных систем, включая Linux.

В силу молодости технологии, существуют и недостатки, главный из которых – отсутствие некоторого числа широко распространенных в прошлых версиях модулей. Также существует проблема перекрестных зависимостей между подключаемыми модулями и их версиями.

Список литературы

[1] Ядро .NET и открытый исходный код // Официальный сайт Microsoft URL: [https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/dn878908\(v=vs.110\).aspx](https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/dn878908(v=vs.110).aspx) (Дата обращения: 11.10.2016).

[2] ASP.NET Core Documentation // ASP.NET URL: <https://docs.asp.net/en/latest/> (Дата обращения: 10.10.2016).

[3] .NET: Dockerize your first .NET Core application // Официальный сайт Microsoft TechNet URL: <http://social.technet.microsoft.com/wiki/contents/articles/34084.net-dockerize-your-first-net-core-application.aspx> (Дата обращения: 20.09.2016).

Нилов Антон Сергеевич – студент, Национальный исследовательский университет «МИЭТ». E-mail: toshanilov@mail.ru

Нилова Анастасия Сергеевна - ассистент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: nilovaAS@yandex.ru

Потапов Андрей Евгеньевич - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: potapov-ae@mail.ru

И.С. Шустов, Ю.С. Белов

СПОСОБЫ ГЕНЕРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ ПОМОЩИ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Искусственные нейронные сети с момента своего появления во второй половине двадцатого века прошли в своем развитии долгий путь от изначально теоретических работ и несложных классификаций с большим количеством возникающих проблем до высоко эффективных алгоритмов распознавания образов и прогнозирования. Области их применения постоянно множатся, однако в данный момент одним из самых популярных направлений развития нейросетевых технологий является генерация изображений.

В отличие от обычной классификации изображений, генерация решает диаметрально противоположную задачу: не выделить семантически важные свойства из изображения и классифицировать объект, а на основе предопределенного класса, или классов, объектов, с использованием выделенных ранее семантических свойств создать из них необходимый объект. Это сложная задача, решаемая в основном глубокими сетями с применением технологий свертки и обратного распространения ошибки.

Одним из развитых направлений генерации изображений является стилизация изображений. Эта технология заключена в выделении стилей из одного изображения и применение данных стилей к другому изображению. В 2015 году вышла работа группы разработчиков [1], в которой авторы применяют глубокую нейронную сеть для смешивания стилей.

Наиболее пригодной разновидностью глубоких сетей является сверточная нейронная сеть. Она состоит из нескольких слоев, каждый из которых можно представить как набор небольших элементов, содержащих аналог фильтра, извлекающего какую-либо особенность изображения. Выход каждого слоя, называемый картой особенностей или свойств, передается вглубь сети. Чем глубже, тем более высокоуровневые абстракции выделяет сеть. (Рис. 1, нижний ряд)

Для выделения стиля изображения используется подход, сходный с распознаванием текста. Пространство свойств строится на основании ответов фильтров каждого из слоев сети, скоррелированных между собой. В итоге получается независящее от масштаба представление входного изображения в виде информации о текстуре, но без высокоуровневых абстракций. (Рис. 1, верхний ряд)

Ключевой особенностью работы [1] является именно разделение представлений смыслового содержания изображения и его стиля. Таким образом, ими можно манипулировать по отдельности.

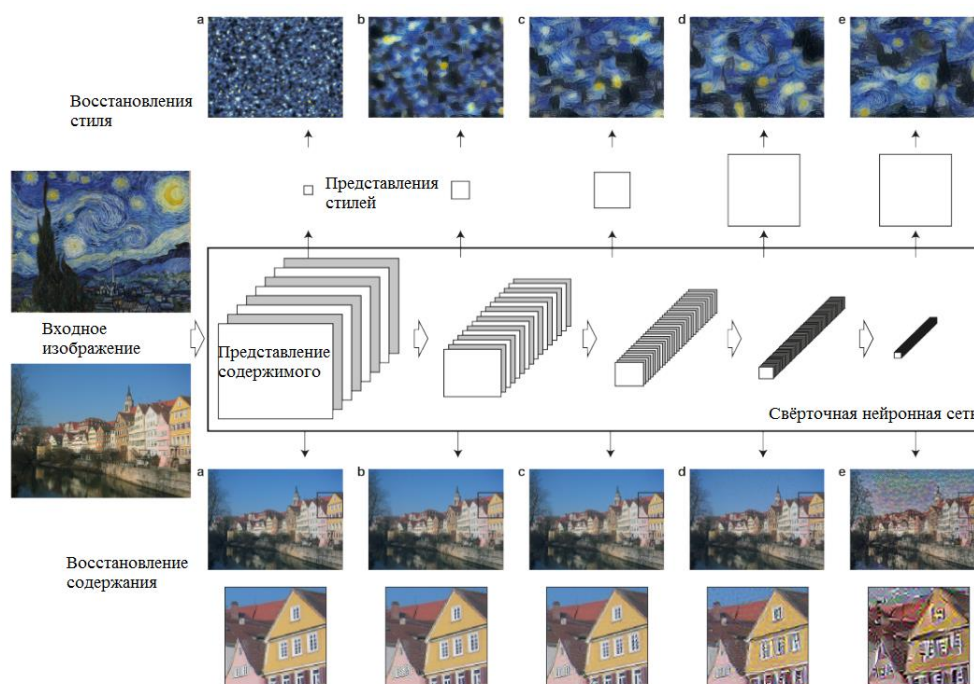


Рис. 1. Стилизация изображения

Кроме того, невозможно сгенерировать картинку, идеально передающую и содержимое, и стиль. Тем не менее, в определенной пропорции удастся их смешать, одновременно и отобразив содержимое, и изобразив его при помощи определенного стиля благодаря пространству свойств.

Дальнейшим развитием данной технологии является работа [2], представленная на конференции *neurIPS* в июле 2016 года. Основной идеей нового подхода является добавление к изображению со стилем так называемой семантической карты, которая, попадая в специальную аугментационную сеть, сопряженную с классической сверточной сетью из 19 слоев с фильтрами 3×3 , обозначает для сети принадлежность каждого пикселя стилизованного изображения к определенному классу.

Сеть выделяет из изображения стили и связывает их с определенным классом. Далее для генерации изображения на вход нейронной сети подается набросок, выполненный в тех же цветах, что и семантическая карта. Нейронная сеть распознает вводимые классы и связывает их с определенными для них стилями. Таким образом, на выходе сети имеется сгенерированная из наброска картина в определенном стиле.

У данного подхода есть некоторые особенности. Например, если неправильно подобрать пару стилизованное изображение – набросок, то достигнуть хорошего результата не удастся. Это происходит вследствие того, что на исходном, стилизованном изображении попросту нет необходимых стилей для качественной прорисовки изображения. Однако положительной чертой данного подхода является гармоничная проработка переходов от одного класса к другому.

Эту особенность можно увидеть на Рис. 2. В верхнем ряду представлена изначальное, стилевое изображение, справа – его семантическая карта. В нижнем ряду слева представлен набросок, выполненный в тех же цветах, что и семантическая карта для того, чтобы сеть верно интерпретировала классы. Справа внизу расположено сгенерированное изображение. Можно заметить, что переходы между классами выполнены плавно, с соблюдением светотени.



Рис. 2. Генерация изображений из наброска

Одним из самых передовых направлений является предсказание следующего изображения по предыдущей последовательности, что изложено в работе [3]. Авторы данной работы решили провести эксперимент по обучению нейронной сети без учителя для генерации предсказания поворота головы человека в следующем кадре визуальной последовательности. Для этого была применена архитектура, представленная на Рис. 3.

Слева представлена архитектура основной части сети, где CNN – сверточная сеть, LSTM – большая кратковременная память, deCNN – сеть, противоположная по действию сверточной. На вход подается последовательность кадров, в которых голова человека вращается. Проходя через CNN, изображение расщепляется до карты свойств, и обрабатывается в памяти, в которой уже хранятся предыдущие результаты. Вследствие этого наибольшее возбуждение получают те участки памяти, в которых хранятся свойства предсказываемого изображения. Выход памяти подается на вход deCNN, которая преобразует свойства в изображение.

Справа на Рис. 3 изображен так называемый состязательный дискриминатор, где FC – полносвязный слой, MLP – многослойный перцептрон, р

– вероятность того, что изображение, подаваемое на правый вход и приходящее от основной сети, сгенерировано самой сетью. Чем больше вероятность, что это изображение сгенерировано сетью, тем меньше p . Основная задача дискриминатора состоит в выделении различий между сгенерированным и действительным изображением посредством вероятности p . Основная сеть тренируется так, чтобы обмануть дискриминатор.

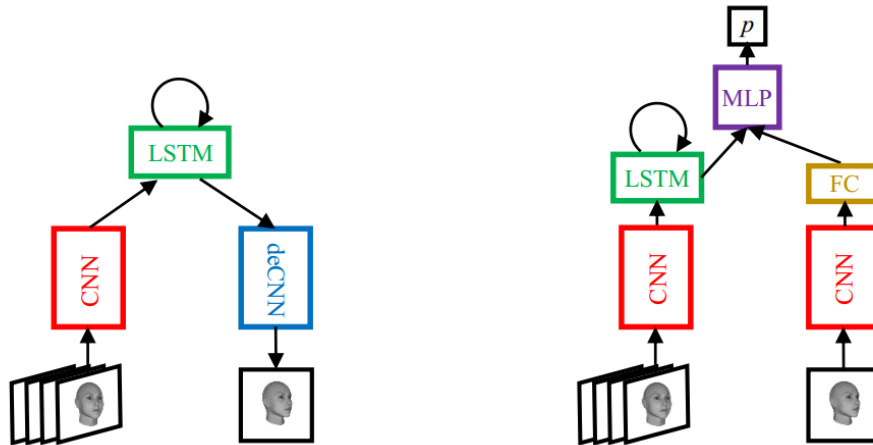


Рис. 3. Архитектура генеративной сети для предсказания

На Рис.4 приводится сравнение действительных изображений, а также изображений, сгенерированных с использованием разных подходов к обучению: MSE – посредством среднеквадратических ошибок, AL/MSE – посредством среднеквадратических ошибок с учетом потерь при применении состязательного дискриминатора. Очевидно, что за вычетом некоторых недостатков, генерируемые изображения можно считать в определенной мере реалистичными.

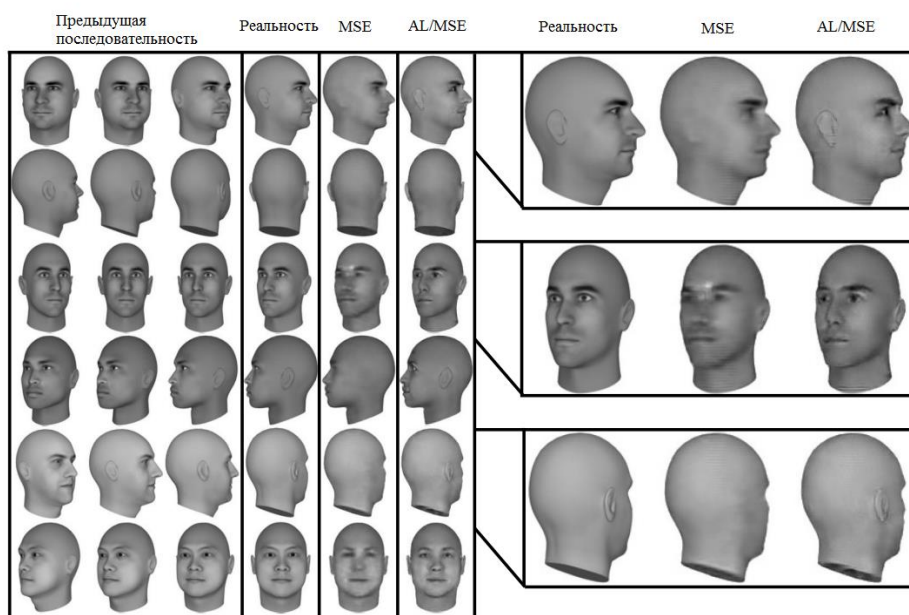


Рис. 4. Генерация предсказанного изображения

Таким образом, направление генерации изображений с использованием нейронных сетей является актуальным и интенсивно развивается. В нем имеется множество интересных тем и идей, и еще больше того, что требует детальных исследований и практической реализации.

Список литературы

[1] Leon A. Gatys, Alexander S. Ecker, Matthias Bethge. A Neural Algorithm of Artistic Style, 2015, URL: <https://arxiv.org/pdf/1508.06576v2.pdf>

[2] Alex J. Champandard. Semantic Style Transfer and Turning Two-Bit Doodles into Fine Artwork, 2016, URL: <https://arxiv.org/pdf/1603.01768v1.pdf>

[3] William Lotter, Gabriel Kreiman & David Cox, Harvard University, Cambridge, Unsupervised learning of visual structure using predictive generative networks, 2016, URL: <https://arxiv.org/pdf/1511.06380.pdf>

Шустов Илья Сергеевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.
E-mail: ilyagrafskiy@gmail.com

Белов Юрий Сергеевич - канд. физ.-мат. наук, Доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ybs82@mail.ru

А.О. Дадукин, Н.И. Пчелинцева

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ПОРТАТИВНЫХ УСТРОЙСТВ МЕДИЦИНСКОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

В настоящее время перспективными становятся области, находящиеся на стыке наук. Современная медицина использует большое количество методик физического воздействия на организм человека в целях коррекции его состояния. Каждая из методик имеет собственные физические особенности, которые на собственном, специфическом уровне реализуются при взаимодействии с клеточными системами. Отличной площадкой для реализации подобного рода проектов стала сфера информационных технологий.

В большинстве своем одной из самых перспективных и наиболее выгодных сфер для исследования была и остается медицина. Многомиллионные корпорации вкладывают несчетное количество ресурсов в исследования человеческого здоровья. В связи с интенсивным развитием мобильных технологий, медицинские технологии становятся доступны для широкого круга пользователей. Например, такие корпорации как Google и Apple уже несколько лет развивают Health-площадку на своих мобильных системах [1].

Apple HealthKit – это прежде всего служба агрегации приложений со всего AppStore, призванных повысить качество отслеживания уровня здоровья [2]. На этой площадке есть, как и приложения самой компании, так и приложения сторонних разработчиков.

Не отстают от данной тенденции и развивающиеся компании, например, Xiaomi, которые всячески пытаются конкурировать на перспективном молодом рынке. Были сделаны довольно большие шаги в сторону носимой медицины – умные фитнес трекеры, браслеты, кольца.

Однако данный рынок начал формироваться совсем недавно и еще не обладает достаточной аудиторией, поэтому все предпринятые в этой области разработки хоть и обладают очень большим потенциалом, далеки от концепции законченного продукта.

Со временем люди все больше начинают задумываться о своем здоровье, и, как следствие, о покупке дорогостоящих аппаратов, которые не подведут в трудной ситуации, вовремя подскажут какую таблетку принять. Так же проблема современного массового медицинского обеспечения стоит остро в профилированных средах, где покупка нового тонометра может стать проблемой – многие спортсмены-любители не хотят тратить много денег на покупку аппарата, по причине того, что это все-таки дорого и в некоторых случаях не позволяет брать устройство с собой, например, во

время пробежки [3]. Очевидно, что покупка медицинского оборудования должна быть более доступна широким массам.

Человеку, ведущему активный образ жизни, важно контролировать собственный сердечный ритм. На текущий момент в интернете нет подходящих программ, которые могли бы оповестить человека, например, во время бега о превышении допустимой нагрузки, или точность их измерений недостаточно высока.

Еще одним важным фактором, является цена устройства. К сожалению, нынешние фитнес-браслеты стоят довольно дорого и сочетают в себе огромное количество ненужных функций, что создает дополнительную нагрузку на аккумулятор устройства.

Подробно изучив аналоги, выделим основные их недостатки:

- Неспособность четко отследить пульс. Это связано прежде всего с местом крепления – на запястье кожа более плотная, чем на кончиках фаланг пальцев, и просвечивать нужно не капиллярную сеть, а вену или артерию.
- Дорогая стоимость. Связано это прежде всего с трудоемкостью метода сборки устройства, или с тем, что устройство представляет из себя не строго специфичную установку, а многофункциональное смарт-устройство, направленное на более обширный рынок конечных потребителей.
- Небольшое время автономной работы.

С учетом всех недостатком подобное устройство может выглядеть следующим образом (рис. 1):

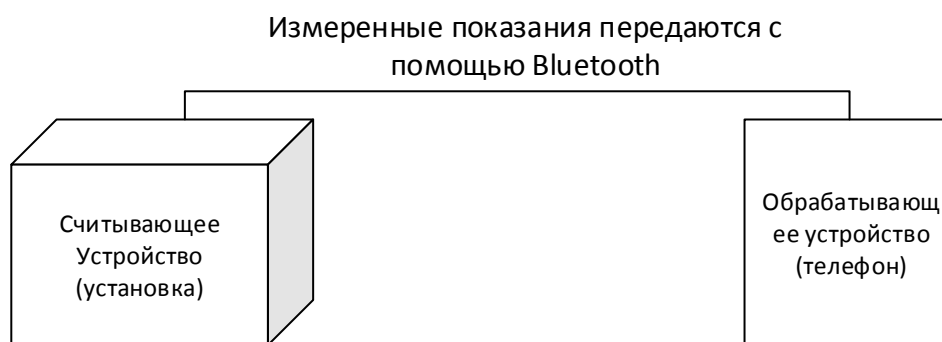


Рис. 1. Общая схема портативного устройства

Необходима установка, позволяющая считывать биометрические показатели человека (частота сердечных сокращений, длительность наполнения, индекс восходящей волны) и отсылать полученные данные на обрабатывающее устройство. Данные с устройства считывания передаются при помощи спецификации Bluetooth Health Profile, подразумевающей наличие клиент-серверной архитектуры системы во время передачи данных. Одно из устройств – считывающая установка – будет являться сервером, под-

держивающим постоянное соединение через Bluetooth-сокет, другое – телефон – Bluetooth -клиентом.

В роли обрабатывающих устройств будут выступать аппараты, работающие под управлением операционной системы Android OS или iOS. Их цель – вычислить необходимые данные на основе первичных, полученных от устройства считывания. После обработки данные выводятся в формате, удобным для чтения человеком, например, в виде графика.

Так же мобильные телефоны выступают в роли координирующего центра, производящего необходимые настройки аппарата (например, чтобы учесть индивидуальные параметры пользователя).

В перспективе возможна разработка сервера для более точечного анализа данных, сбора и анализа предоставляемых сведений, возможности прогнозирования заболеваний (с указанием погрешности прогноза).

Минимальная стоимость подобного аппарата по грубым расчетам должна составить 5\$ – минимально необходимая стоимость отдельной установки. Приложение, реализующую функциональность по обработке, будет доступна бесплатно.

Список литературы

[1] The Google Fit SDK. URL: <https://developers.google.com/fit/> (Дата обращения: 13.10.2016)

[2] Develop health and fitness apps that work together. URL: <https://developer.apple.com/healthkit/> (Дата обращения: 13.10.2016)

[3] Морган, Михаил, Марри. Клиническая анестезиология. Объединенный том. Изд-во: Бином. 2014. 1216 с.

Дадукин Александр Олегович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: alexanderdadukin@gmail.com

Пчелинцева Наталья Ибрагимовна - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: pchelintseva.n@yandex.ru

Ю.С. Белов, Д.Р. Серегин

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АКТИВНОЙ ВИБРОЗАЩИТЫ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Измерительные приборы и технологическое оборудование, как правило, размещены в зданиях, которые подвергаются воздействию вибраций. Вибрации в здании могут стать причиной возникновения колебаний недопустимо высокого уровня, приводящих к нарушению или срыву технологических процессов. При этом амплитуды колебаний находятся в диапазоне частот (1 – 100) Гц и могут достигать значений десятки микрон.

Снижение влияния вибраций на защищаемый объект может быть достигнуто оптимальным размещением технологического оборудования в здании. Оборудование, создающее значительные динамические нагрузки, обычно, устанавливается в подвальных этажах или на отдельных фундаментах, не связанных с каркасом здания.

Однако размещение оборудования в таких местах не гарантирует его изоляции от вибраций, которые так или иначе будут присутствовать в той или иной мере.

Поэтому, если невозможно обеспечить достаточное снижение вибрации, возникающих при работе механизмов, следует предусмотреть их виброизоляцию.

Виброизоляция приборов и технологического оборудования достигается за счет установки их на специальные виброизоляторы. Различают два вида виброизоляции: активная и пассивная. При пассивной виброизоляции для уменьшения действия вибраций, передающихся на несущую конструкцию, используют пружинные или резиновые виброизоляторы. Однако следует отметить, что для многих применений пассивные виброзащитные устройства непригодны из-за небольшого коэффициента подавления колебаний и неэффективности в области низких (≤ 10 Гц) частот. Кроме того, срок работы этих виброизоляторов не превышает 3-х лет.

В таких случаях решение задачи гашения низкочастотных вибраций обеспечивается применением активных систем гашения вибраций. В последние десятилетия на основе хорошо развитой теории управления были разработаны активные виброзащитные устройства, лишенные недостатков пассивных устройств. В такой системе имеется контур обратной связи, состоящий из пьезоэлектрического акселерометра, аналогового управляющего контроллера и электромагнитного преобразователя. При работе системы пружинящие элементы поддерживают массу стола и прибора, который размещен на его поверхности. Перемещение стола фиксируется посредством высокочувствительного пьезоэлектрического акселерометра. Сигнал от акселерометра обрабатывается в аналоговом управляющем контроллере

и усиливается. От контроллера управляющий сигнал поступает к электромагнитному приводу, который действует на стол, компенсируя возникшее колебание. В результате применения контура обратной связи системы активного гашения вибраций являются значительно более эффективными, чем системы пассивного гашения вибраций. Схема функционирования одномодовой конструкции активной защиты изображена на рисунке 1.

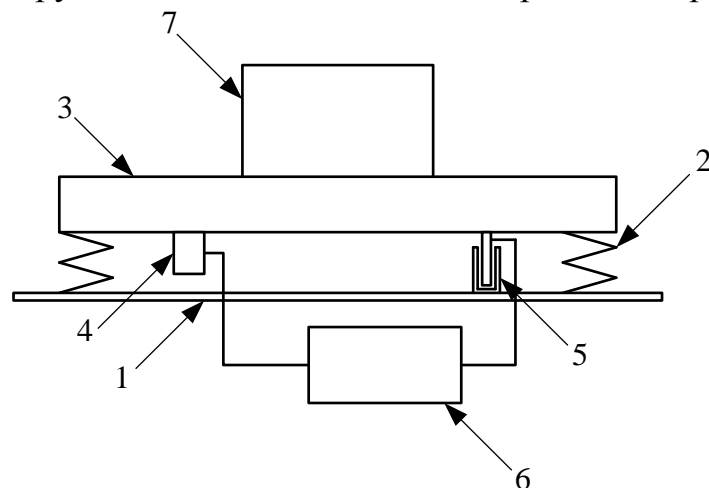


Рис 1. Одномерная схема виброзащитного устройства: 1 – вибрирующая поверхность; 2 – пружины; 3 – несущая плита; 4 – акселерометр; 5 - магнитоэлектрический движитель; 6 – электронные цепи авторегулирования; 7 - защищаемый объект

Большинство разработок представляло собой устройства, адаптированные к определенным защищаемым объектам. В отличие от них коммерческие виброзащитные устройства имеют вид универсальных панелей или столов, на которые устанавливается защищаемая аппаратура. Коммерческие устройства находят широкое применение, однако их возможности ограничены из-за невысокого подавления вибраций (≈ 40 дБ) и неэффективности в том диапазоне частот (< 6 Гц), в котором присутствуют резонансные колебания некоторых зданий.

Теоретические исследования активных виброзащитных устройств. Активные виброзащитные устройства представляют собой классические системы с авторегулированием, состоящие из: 1) самого устройства, которое должно быть изолировано от внешних вибраций, 2) измерителей вибраций, 3) управляющих цепей, 4) сервисных движителей. Все разнообразие существующих активных виброзащитных устройств состоит в использовании акселерометров (или других измерителей вибрации) различной чувствительности, сервисных движителей с различной функцией передачи и несущих поверхностей. Теория систем управления в настоящее время развита настолько полно, что для любой конструкции виброзащитного устройства могут быть созданы подходящие по параметрам электронные цепи авторегуляторов.

Недостатки активных виброзащитных устройств. Для создания высокоэффективной системы защиты от вибраций необходимо, чтобы не-

сущая плита системы активной защиты от вибраций не имела собственных резонансов в диапазоне подавления. Это условие обосновано тем, что система авторегулирования не сможет погасить собственные резонансные частоты несущей плиты, что приведет к увеличению амплитуды вибраций в диапазоне регулирования и снижению эффективности активной системы защиты от вибраций.

Для обеспечения наиболее эффективных параметров подавления вибраций были определены критерии, позволяющие разработать несущую плиту: 1) Собственные резонансные частоты исследуемой плиты должны находиться за пределами утроенного диапазона регулирования в свободном и нагруженном состоянии; 2) Первая собственная резонансная частота должна характеризоваться наименьшей амплитудой колебаний.

Для обеспечения наименьшей амплитуды колебаний первой собственной резонансной частоты несущей плиты можно провести компьютерное моделирование по расчету амплитудно-частотных характеристик, которое поможет в выборе подходящего материала. При этом адаптация системы под различные параметры защищаемого от вибраций объекта в настоящее время имеет существенные трудности.

Дело в том, что конструкции активной защиты от вибраций представляют собой стационарную систему, в которой защищаемый объект остается постоянной массы и формы и не меняет своего местоположения на поверхности несущей плиты.

Возможное решение адаптации системы. При изменении параметров объекта, необходимо механическим путем перенастраивать передаточную функцию (которая описывает связь между входом и выходом) системы.

Для того, чтобы конструкции активной виброзащиты имели возможность адаптации к различным габаритам объекта без механического вмешательства, необходимо включить в них электронные компенсаторы. Остается лишь найти способ получения передаточной функции компенсатора.

Одним из вариантов решения данной проблемы является использование нейросетевых технологий для самообучения системы и адаптации ее к различным параметрам защищаемого объекта.

Список литературы

[1] Колосов Ю.В., Барановский В.В. Защита от вибраций и шума на производстве. Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. – 38 с.

[2] Мелик-Шахназаров В.А., Нагаев Е.М., Захаров Б.Г. Система активной защиты от микроускорений и вибраций для международной космической станции, ГМИК им. К.Э. Циолковского, 2004.

Белов Юрий Сергеевич - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ybs82@mail.ru

Серегин Денис Романович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: sederom94@yandex.ru

СЕКЦИЯ 11.

**ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ
ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ**

Е.В. Белоусова, В.В. Парамонов

ИЗУЧЕНИЕ ДЕФЕКТООБРАЗОВАНИЯ В КРЕМНИИ ПРИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРОЦЕССАХ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Проблема влияния дефектов, зарождающихся в процессе изготовления полупроводниковых приборов, на электрические, электрофизические параметры и выход годных приборов возникла с разработкой и началом производства первых полупроводниковых приборов (ППП) и актуальна и в настоящее время. Поэтому появилась необходимость изучения природы и механизмов образования дефектов структуры компонентов ППП.

Целью данной работы является выявление определенных типов дефектов в кремнии, возникающие при высокотемпературных процессах. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

- ознакомиться с видами дефектов, возникающие в кремнии при изготовлении ИМС;
- выявить типы дефектов, возникающие на операциях с повышенной температурой;
- рассмотреть и определить наиболее оптимальные методы устранения дефектов.

Дефекты в кремнии при высокотемпературных процессах. Все дефекты кристаллической структуры в кремнии, которые возникают в кремнии в процессах планарной технологии можно разделить на две основные группы: «ростовые», возникающие на стадии роста слитка и «технологически вносимые», которые подразделяются:

- на «первичные» дефекты обработки, появляющиеся при механической обработке кристалла за счет воздействия зерна абразива и хрупкого разрушения и пластической деформации материала;
- «вторичные» дефекты обработки, возникающие на «ростовых» и «первичных» дефектах при последующих высокотемпературных технологических процессах в результате воздействия температурных градиентов, внешних и внутренних напряжений.

К «ростовым» дефектам относятся дислокации и дислокационные петли, линии скольжения, двойники, полигонизованные структуры, дефекты упаковки, кластеры (скопление вакансий, микропреципитаты примесей, микровключения легирующих примесей) [1].

«Технологически вносимые» можно разделить на три группы.

Дефекты, возникающие при механической обработке кремния, такие как точечные микровыколы, микроямки, холмики, периферийные сколы, поверхностные сколы и линейные трещины, царапины. Воздействие зерна абразива при шлифовке, полировке и финишных этапах обработки приво-

дит к возникновению в приповерхностном слое материала таких дефектов. Поэтому проведение химико-механической полировки, химической обработки устраняет основную массу дефектов подобного типа.

Дефекты, возникающие при термическом окислении, нанесении пленок диэлектриков диоксида и нитрида кремния приводят к внутренним напряжениям на границе раздела и образованию дефектов упаковки, включений быстродиффундирующих примесей из газовой фазы, кластеров точечных дефектов.

Дефекты, образующиеся при диффузии, инициируются скачком напряжений на границе раздела диффузионная область – внедиффузионная область, возникающими напряжениями при несоответствии атомных радиусов диффузанта и основного полупроводника. Это ведет к образованию сетки дислокаций несоответствия, дефектов упаковки, граничных дислокаций. Исходные дефекты материала дислокации, линии скольжения влияют на скорость движения атомов примесей, обеспечивают восходящую диффузию и появлению дефектных кластеров [1].

Процесс ионного внедрения проводится при низких температурах для формирования источников примеси для последующей их разгонки. Процесс сопровождается интенсивным дефектообразованием, т.к. энергия падающего иона на несколько порядков превышает энергию смещения атомов мишени. Возникающие при этом дефекты являются неравновесными, их часто называют радиационными [2].

Одним из самых массовых дефектов при последующих термических процессах отжига радиационных дефектов являются линии скольжения. Причина появления линий скольжения - термические упругие напряжения, возникающие вследствие неоднородного распределения температуры по толщине и площади пластины. При температурах наращивания упругие напряжения оказываются достаточными для генерации дислокаций и их миграции, которая сопровождается пластическим течением кристалла и образованием линий скольжения. Если при пластической деформации на поверхности подложки возникают ступеньки, то при наращивании эпитаксиального слоя на них могут образовываться дефекты упаковки. При достаточно высоких термических напряжениях генерация и движение дислокаций, образование линий скольжения и дефектов упаковки происходят в течение всего процесса наращивания.

Отсутствие хорошего теплового контакта с поверхностью нагревателя вызывает неоднородное распределение температуры в подложке. Даже плоская, абсолютно ровная подложка, лежащая на нагревателе, будет искривляться при нагреве, так как ее наружная (верхняя) сторона оказывается менее нагретой, чем нижняя. Перепад температур по толщине подложки составляет 20—50 К. Напряжения, возникающие в изогнутой и неоднородно нагретой подложке, достаточны для образования и перемещения дислокаций и сдвига плоскостей (111) в направлениях [110] при скольжении. От-

дельные линии представляют собой ступеньки, возникшие в результате действия сжимающих напряжений на центральную область пластины.

Методы исследования дефектов. Исследование дефектообразования проводится методами металлографического анализа, электронной микроскопии.

Подготовка образцов для исследования проводится с помощью методов селективного избирательного травления поверхности. Исследованию подвергают как планарную поверхность, сколы материала и различные, специально подготовленные поверхности косого шлифа или шар-шлифа.

Дефекты упаковки и дислокации можно наблюдать с помощью фазово-контрастного микроскопа.

Фазово-контрастная микроскопия является оптическим методом усиления контраста для формирования высококонтрастных изображений прозрачных образцов. Микроскопическое исследование травленной поверхности образца позволяет определить природу и количество присутствующих несовершенств.

Суть метода заключается в применении оптического механизма преобразования незначительных изменений в фазе в соответствующие изменения в амплитуде, которые могут быть визуализированы как изменение контраста изображения. В фазово-контрастных системах отраженного света изображение освещающего кольца проецируется в заднюю фокальную плоскость объектива, где обычно помещается фазовая пластина. Сама фазовая пластина располагается вне объектива, а изображение задней фокальной плоскости формируется вспомогательной системой линз, которая устраняет все отражения и рассеяния, производимые фазовой пластинкой.

Определение плотности упаковки и дислокации производится *химическим травлением*. Химическое травление основано на растворении поверхности пластин соответствующими жидкими химическими реактивами (щелочами, кислотами и их солями) и состоит из нескольких этапов: диффузии реагента к поверхности и адсорбции его; поверхностных химических реакций; десорбции продуктов реакции и диффузии их от поверхности [3].

Предотвращению появления линий скольжения способствует уменьшение температуры процесса ниже того уровня, при котором происходит пластическое течение (для кремния это 1000°C), а также использование бездислокационных подложек и тщательная химическая обработка[4].

Заключение. Таким образом, во время высокотемпературных операций в кремнии возникают дефекты, влияющие на работоспособность полупроводниковых приборов и интегральных схем (радиационные дефекты, линии скольжения, дефекты упаковки). Оптимальным методом определения дефектов является селективное избирательное травление и последующий металлографический анализ.

Список литературы

[1] Рубцов А.Е. Структурные дефекты компонентов БИС.//Обзоры по электронной технике. — 1982.— №4. — 49 с.

[2] Х. Риссел, И. Руге. Ионная имплантация. — М.: Наука, 1983. — 362 с.

[3] Козырь И.Я., Горбунов Ю.И., Чернозубов Ю.С., Пономарев А.С. Общая технология. — М.: Высшая школа, 1989.— 219 с.

[4] Курносов А.И., Юдин В.В. Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. — М.: Высшая школа, 1986. — 365 с.

Белоусова Екатерина Викторовна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: Ekaterinabellousova@gmail.com

Парамонов Виктор Васильевич – доцент КФ МГТУ им. Н. Э. Баумана. E-mail: Victorparamonov@yandex.ru

Д.А. Романов, И.А. Прохоров, А.Э. Волошин

КРИТИЧЕСКИЕ ТОЛЩИНЫ ПСЕВДОМОРФНЫХ CVD-ПЛЕНОК АЛМАЗА

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Введение. Получение совершенных по структуре эпитаксиальных пленок различных материалов сопряжено с известными трудностями, причина которых заключается, прежде всего, в многообразии факторов, влияющих как на рост, так и на структуру пленок. Наряду со структурным совершенством, чистотой и качеством подготовки поверхности подложек, существенное влияние на структуру пленок оказывают процессы, проходящие в системе пленка – подложка в процессе эпитаксии. В частности, деформации и напряжения, возникающие в эпитаксиальных структурах, главным образом, из-за несоответствия периодов кристаллических решеток сопрягаемых материалов непосредственно влияют на рост, структуру, основные параметры эпитаксиальных пленок и в значительной степени определяют деградационные процессы в структурах при их эксплуатации [1]. Это определяет интерес к изучению механизмов формирования и взаимодействия дефектов в эпитаксиальных структурах.

В гомоэпитаксиальных нелегированных пленках алмаза природного изотопного состава, выращенных на подложках из алмаза типа Ib, несоответствие периодов ($\Delta a/a \sim 4.8 \cdot 10^{-5}$ [2]) связано, преимущественно, с различием в концентрации основной примеси – азота, в пленке (более чистый материал) и подложке, где содержание азота может достигать 0.5 ат % ($\sim 10^{21} \text{ см}^{-3}$). Значительного повышения уровня упругих напряжений можно ожидать в изотопически модифицированных пленках алмаза ^{13}C , для которых несоответствие периодов решеток составляет $\Delta a/a \sim 1.5 \cdot 10^{-4}$ [3].

Релаксация упругих напряжений в эпитаксиальных структурах посредством пластической деформации начинается при толщинах пленок, превышающих критические [4], и сопровождается образованием вблизи межфазной границы (в нейтральных системах) дислокаций несоответствия (ДН). Это приводит к значительному повышению плотности дислокаций в пленках, а при определенных условиях к формированию деформационных микродвойников и дефектов упаковки. Релаксационные процессы могут оказывать существенное влияние на дополнительную генерацию дислокаций и ухудшение структурных параметров CVD пленок алмаза, особенно при выращивании толстых пленок. Тем более, что в эпитаксиальных структурах германия и кремния (кристаллографических аналогов алмаза) эти процессы играют решающую роль в формировании реальной структуры.

Методика эксперимента.

Исследовали изотопически модифицированные эпитаксиальной пленки алмаза ^{13}C толщиной ~ 2 мкм (образец ТШ-3) и 80 мкм (образец ПЗА-1), полученные в реакторе ARDIS-100 осаждением на грани $\{100\}$ НРПТ-подложек в плазме СВЧ-разряда (частота 2.45 ГГц) в смесях метан–водород при температуре $T \sim 950^\circ\text{C}$ с использованием обогащенного изотопом ^{13}C до 99.96% метана ($^{13}\text{CH}_4$) [5] (образцы для исследования предоставлены сотрудниками ИОФ им. А.М. Прохорова РАН В.Г. Ральченко и А.П. Большаковым).

Исследования методами двухкristальной рентгеновской дифрактометрии и топографии проводили на двухкristальном рентгеновском дифрактометре в $\text{CuK}\alpha_1$ излучении. Исследования пластин алмаза проводили в отражении 113 (угол Брэгга $\theta \sim 46.0^\circ$), хорошо согласующемся по межплоскостному расстоянию с отражением 511 от германия.

Однокristальные рентгеновские топографические исследования в геометрии Лауэ (на просвет) с выявлением особенностей распределения дефектов в объеме кристаллов проводили методом Ланга с использованием $\text{MoK}\alpha_1$ -излучения.

Результаты и их обсуждение. Для оценки критической толщины псевдоморфной пленки алмаза воспользуемся уравнением Мэтьюза [4], определяющим условия образования ДН на границе пленка–подложка из дислокаций, прорастающих из подложки:

$$f = \frac{b(1 - \nu \cos^2 \alpha)}{8\pi(1 + \nu)t \cos \lambda} \ln \left(\frac{\beta t}{b} \right),$$

где $f = \Delta a/a$ – модуль несоответствия периодов кристаллических решеток подложки и пленки, ν – коэффициент Пуассона, α – угол между вектором Бюргерса и линией ДН, β – параметр ядра дислокации, t – критическая толщина псевдоморфной пленки, b – модуль вектора Бюргерса, λ – угол между вектором Бюргерса и лежащей в плоскости границы раздела нормалью к линии ДН (Рис. 1).

Для гомоэпитаксиальных структур алмаза период кристаллической решетки составляет $a = 3.5671 \text{ \AA}$, модуль вектора Бюргерса 60° -ных ДН $b \sim 2.5 \text{ \AA}$ (предполагаем, что в эпитаксиальных структурах алмаза по аналогии со структурами германия, кристаллографического аналога алмаза, релаксация сопровождается образованием 60° -ных ДН с вектором Бюргерса $\mathbf{b} = a/2[110]$), коэффициент Пуассона $\nu = 0.1$, $\cos \alpha = \cos 60^\circ = 0.5$, $\cos \lambda = 1/\sqrt{2}$; 0.5 и $1/\sqrt{12}$ для ориентаций подложек (110), (100) и (111) соответственно, параметр ядра дислокации $\beta = 4$ [6].

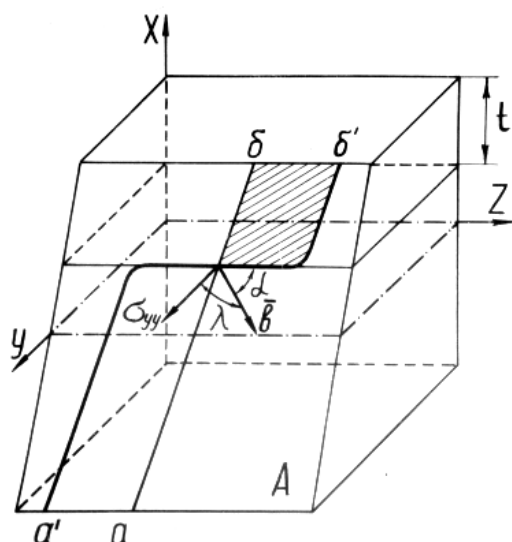


Рис. 1. Схема образования дислокаций несоответствия в эпитаксиальных структурах из дислокаций, прорастающих из подложки.
 А – плоскость скольжения

На рис. 2 представлены зависимости критических толщин псевдоморфных пленок t_c от величины несоответствия f для эпитаксиальных структур алмаза ориентации (110), (100) и (111). Для относительного изменения периода кристаллической решетки $(\Delta a/a)_{relax} \sim 1.5 \times 10^{-4}$, определенной в [3] для практически чистого алмаза ^{13}C , критическая толщина для ориентации подложки (100) составляет $t_c \sim 1.1$ мкм (пунктир на рис. 2). Поскольку толщина исследуемой пленки 2 мкм (образец ТШ-3) почти в 2 раза превышает критическое значение, то возможно протекание релаксационных процессов.

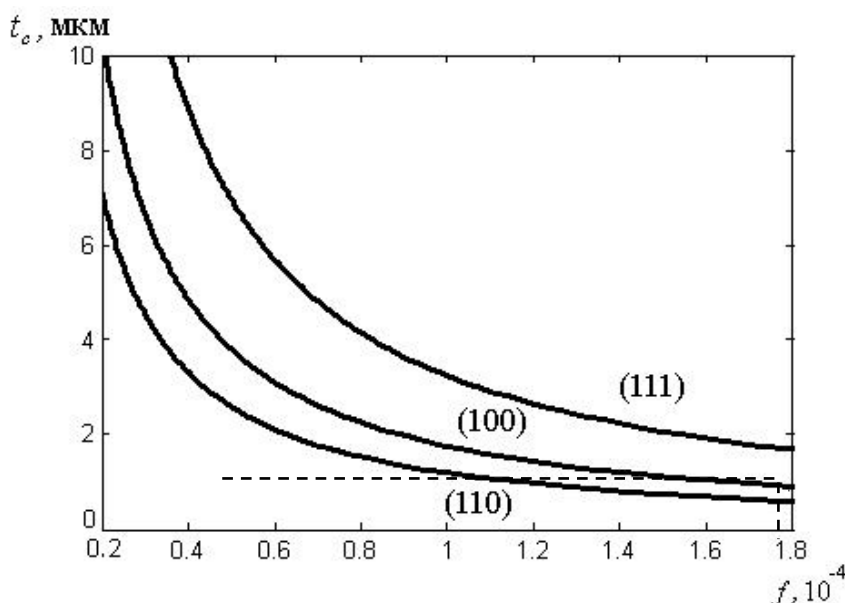


Рис. 2. Зависимости критической толщины псевдоморфной пленки t_c от величины несоответствия периодов кристаллических решеток подложки и пленки f для эпитаксиальных структур алмаза ориентации (110), (100) и (111)

Однако рентгеновские топографические исследования на просвет методом Ланга (рис. 3а) не выявили образования ДН в этой структуре. Это свидетельствует о задержке релаксационных процессов и о метастабильном, псевдоморфном состоянии пленки. Такая задержка обусловлена кинетикой образования и скольжения дислокаций [4, 7]. На топограмме выявляются лишь особенности распределения структурных дефектов, главным образом дислокаций, в различных секторах роста монокристаллической подложки, свидетельствующие о высокой степени неоднородности подложек из алмаза типа Ib.

С ростом толщины напряженных пленок релаксационные процессы в них интенсифицируются [7]. На рис. 3б представлена рентгеновская топограмма образца ПЗА-1 с пленкой алмаза ^{13}C толщиной ~ 80 мкм (примерно в 70 раз превышающей критическое значение), выращенной на подложке алмаза типа Ib природного изотопного состава толщиной 525 мкм. Видны следы интенсивной пластической деформации пленки, приводящей к образованию ДН, существенному повышению плотности дислокаций и формированию ярко выраженной структурной неоднородности эпитаксиальной пленки.

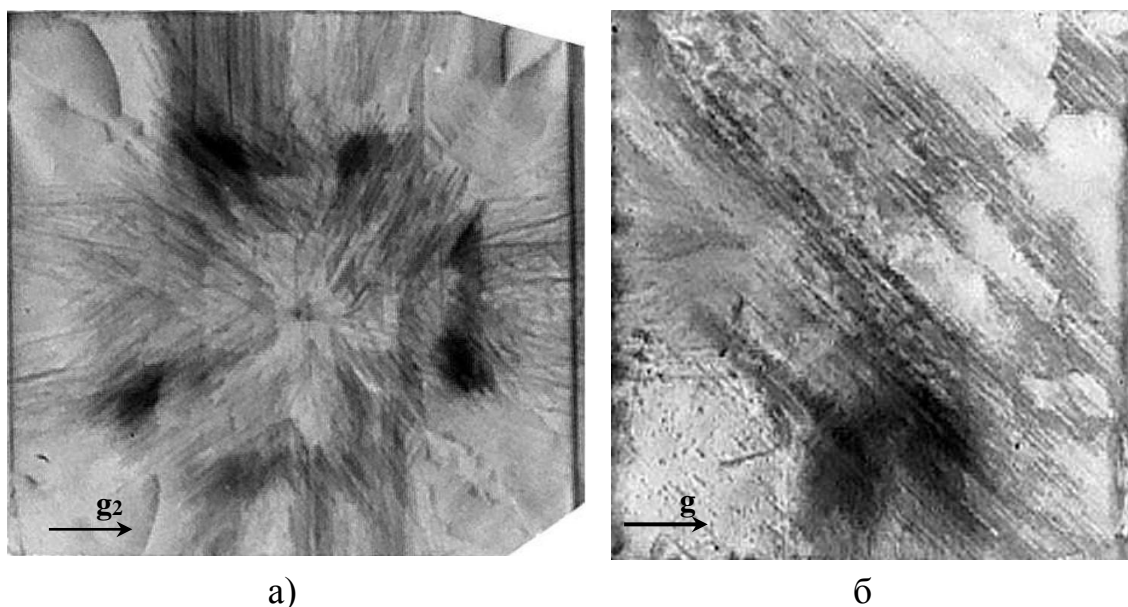


Рис. 3. Рентгеновские топограммы эпитаксиальных CVD-пленок $^{13}\text{C}/^{nat}\text{C}$ Ib, метод Ланга, $\text{MoK}_{\alpha 1}$ излучение, отражение 220. Размер образцов 5×5 мм.
 (а) Образец ТШ-3, толщина пленки 2 мкм. Дислокации несоответствия отсутствуют
 (б) Образец ПЗА-1, толщина эпитаксиальной пленки ^{13}C 80 мкм. Видны следы интенсивной пластической деформации пленки, приводящей к образованию ДН

Выводы. Рассчитаны критические толщины псевдоморфных пленок алмаза при выращивании на подложках различных ориентаций. Значения критических толщин возрастают в последовательности ориентаций (110), (100) и (111). Установлена задержка начала пластической деформации пле-

нок, обусловленная кинетикой образования и скольжения дислокаций. Методами рентгеновской топографии выявлено значительное повышение плотности дислокаций в толстых пленках алмаза, обусловленное релаксацией упругих напряжений. Для повышения структурного совершенства эпитаксиальных слоев толщина пленки не должна превышать критическое значение, чтобы не допустить начала пластической релаксации и образования ДН.

Список литературы.

[1] Мильвидский М. Г., Освенский В. Б. Структурные дефекты в эпитаксиальных слоях полупроводников. М.: Металлургия, 1985. 159 с.

[2] Prokhorov I.A., Ralchenko V.G., Bolshakov A.P., Polskiy A.V., Vlasov A.V., Subbotin I.A., Podurets K.M., Pashaev E.M., Sozontov E.A. Analysis of Synthetic Diamond Single Crystals by X-Ray Topography and Double-Crystal Diffractometry. // Crystallogr. Rep. 2013. V. 58. № 7. P. 1010-1016.

[3] Holloway H.A., Hess R.A., Tamor M.K., Anthony T.A. and. Banholzer W. F. Isotopic dependence of the lattice constant of diamond. // Phys. Rev. B, 1991. V. 44. P. 7123-7126.

[4] Matthews J.W., Mader S., Light T.B. Accommodation of misfit across the Interface between Crystals of semiconducting Elements or compounds. // J. Appl. Phys. 1970. V. 41. P. 3800-3804.

[5] Большаков А.П., Ральченко В.Г., Польский А.В., Конов В.И., Ашкинази Е.Е., Хомич А.А., Шаронов Г.В., Хмельницкий Р.А., Заведеев Е.В., Хомич А.В., Сovyк Д.Н. Синтез монокристаллов алмаза в СВЧ плазме. // Прикладная физика. 2011. Т. 6. С. 104-110.

[6] Хирт Дж., Лоте И. Теория дислокаций. М.: Атомиздат, 1972. 600 с.

[7] Burle N., Pichaud B., Guelton N., Saint-Jacques R.G. X-Ray study of relaxation process of strained GaAs layers grown on (100) Ge substrates. // Thin Solid Films. 1995. V. 260. P. 65-74.

Романов Даниил Алексеевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: Oxly13@mail.ru

Прохоров Игорь Алексеевич - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: igor.prokhorov@mail.ru

Волошин Алексей Эдуардович - д-р физ.-мат. наук, заместитель директора, Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова ФНИЦ «Кристаллография и фотоника». E-mail: labsol@yandex.ru

А.И. Афоникова, С.А. Адарчин

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ИС В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОНИКАЮЩЕЙ РАДИАЦИИ, В ЧАСТНОСТИ ГАММА-КВАНТОВ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Радиационная стойкость интегральных схем является важным условием при проектировании систем военного назначения. В системах военного назначения приборы должны обладать способностью выдерживать облучение нейтронами, гамма-излучением и рентгеновским излучением, а также выдерживать воздействие электромагнитного импульса, создаваемых ядерным взрывом.

Современные интегральные микросхемы находят все более широкое применение в радиоэлектронной аппаратуре различного рода технических объектов, работающих в условиях воздействия проникающей радиации. Эти условия могут возникать при попадании объекта в зону действия источников ионизирующего излучения техногенного происхождения или при расположении радиоэлектронной аппаратуры вблизи ядерных силовых и энергетических установок. Высокая стоимость подобных объектов обуславливает особо жесткие требования безотказности элементной базы радиоэлектронной аппаратуры и в первую очередь микросхемам различного функционального назначения. Поэтому задача гарантированного обеспечения радиационной стойкости интегральных микросхем и аппаратуры на их основе является исключительно актуальной [1].

Актуальность восстановления производства радиационно-стойких изделий электронной техники и разработки новых изделий электронной техники обусловлена тем обстоятельством, что и финансовые и материальные затраты на эти работы оказываются значительно ниже издержек и потерь, которые возникают при разработке и эксплуатации изделий военной техники, эксплуатация которых проходит в условиях повышенной радиации.

Если при изготовлении микросхемы ее единичные элементы, такие как транзисторы и изолирующие их области, слабо подвергаются деградации при ионизирующем воздействии, то схема, построенная на таких элементах, будет также слабо подвергаться деградации.

Космическое ионизирующее излучение имеет две глобальные составляющие, каждая из которых характеризуется своим механизмом протекания физических процессов и соответственно своими методами защиты от них. Одна составляющая – это статическое излучение, состоящее из электронного, протонного и гамма-излучения, вторая – воздействие отдельных ядерных частиц. Для первой составляющей характерны процессы деградации электропараметров и постепенное увеличение числа функциональных

отказов, для второй – временные кратковременные отказы, возможны и катастрофические отказы [2].

Основными радиационными эффектами в КМОП ИС при воздействии факторов космического пространства является ухудшение электрических и функциональных параметров по причине накопления в диэлектрических структурах радиационно-индуцированного заряда.

При разработке и производстве бортовой аппаратуры космического применения одним из основных требований является стойкость к длительному воздействию космического ионизирующего излучения малой интенсивности.

Воздействие электронов, протонов, гамма-квантов на ИС, изготовленные по КМОП технологии приводит к эквивалентным изменениям параметров при одинаковых значениях ионизационной составляющей поглощенной дозы космического ионизирующего излучения.

На основании этого, а также в связи с трудностями получения электронного и протонного излучения при испытаниях на стойкость к воздействию ионизирующего излучения космического пространства получило широкое распространение замена облучения протонами и электронами на облучение эквивалентной по воздействию дозе гамма-излучения [3].

Изготовление КМОП интегральных схем с целью повышения стойкости к ионизирующим облучениям. При разработке технологии и конструкции интегральных микросхем на основе КМОП элементной базы, устойчивых к воздействию излучения, следует учитывать, что для этого класса схем наибольшее влияние на работоспособность схем в условиях ионизирующей радиации оказывает не объемные эффекты в кремнии, а поверхностные эффекты, связанные с границей раздела кремний - диэлектрик. Под действием ионизирующего излучения в кремнии и диэлектрике генерируются электронно-дырочные пары. При проектировании и разработке КМОП микросхем, устойчивых к ионизирующему облучению возникают две основные проблемы: разработка блока изоляции и разработка конструкции и технологии рабочих транзисторов, обеспечивающих высокую стабильность характеристик при воздействии ионизирующего излучения.

Под действием ионизирующего излучения в окисле кремния и на границе окисел - кремний захватывается положительный заряд. Рост плотности положительного заряда на границе кремний - окисел приводит к уменьшению порогового напряжения паразитных n-канальных транзисторов и увеличению пороговых напряжений паразитных p-канальных транзисторов. Таким образом, проблема состоит в том, чтобы после облучения пороговые напряжения паразитных n-канальных транзисторов не уменьшились ниже напряжения питания схемы. Для повышения пороговых напряжений паразитных n-канальных транзисторов КМОП схем под слоем локального окисла формируется охранный кольцо p-типа (рис.1). Так как область охранный кольца p-типа располагается встык с областями истока и стока n-типа, концентрация примеси в области p-охранного кольца не может быть выбрана большей чем 10^{17} см^{-3} . При больших концентрациях примеси пробивные напряжения стока уменьшаются до 8-10В [4].

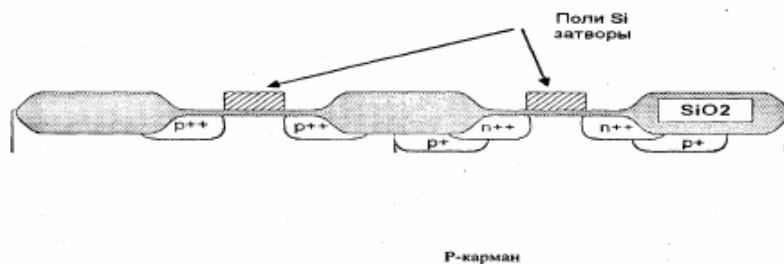


Рис. 1. Охранное кольцо р- типа

Описанная структура позволяет получать пороговые напряжения паразитных n-канальных транзисторов $>50\text{В}$, при толщине локального окисла порядка $0.6\text{-}0.8\text{мкм}$. Такая структура обеспечивает работоспособность КМОП схем при дозах облучения до 10^3 рад.

Список литературы

- [1] Агаханян Т.М., Аствацатурьян Е.Р., Скоробогатов П.К. *Радиационные эффекты в интегральных схемах*. – М.: Энерго- атомиздат, 2001;
- [2] Антимиров В.М., Ачкасов В.Н., Машевич П.Р. *Современные вычислительные комплексы для бортовых систем управления/ Полет*, 2005.
- [3] *Радиационная стойкость органических материалов*. Справочник, под ред. В. К. Милинчука, В. И. Туликова, М., 1999;
- [4] *Реферат, Методы повышения радиационной стойкости интегральных микросхем НПО «Интеграл», предназначенных для условий работы в космических летательных аппаратах*.

Афоникина Анастасия Игоревна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: nasstushkaa@gmail.com

Адарчин Сергей Александрович - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: adarchin@rambler.ru

С.С. Стрельченко, Н.И. Шумакин

ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ СЛАБОЛЕГИРОВАННЫХ СЛОЕВ ALGAAS ДЛЯ ФОТОПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

В настоящее время наиболее привлекательным материалом для создания высокоэффективных селективных фотодиодов, работающих в диапазоне длин волн 700-880 нм, являются гетероструктуры в системе Al-Ga-As.

В фотодиодах, в качестве поглощающей (узкозонной) части, используется прямозонный слаболегированный полупроводник, в слое объемного пространственного заряда (ОПЗ) которого происходит генерация электронно-дырочных пар. Для достижения максимальной эффективности, ширина области пространственного заряда должна превышать ширину области, в которой происходит первичное поглощение излучения. Для указанного диапазона длин волн поглощение происходит на толщине 1-3 мкм. Селективный фотодиод во многих приложениях работает при нулевом смещении. Соответствующая ширина области пространственного заряда, при нулевом смещении, достигается при уровнях легирования $2 \cdot 10^{14}$ - $1 \cdot 10^{15}$ см⁻³ [1].

Сложность получения чистых слоев в структурах AlGaAs методом жидкофазной эпитаксии (ЖФЭ) обусловлена присутствием в компонентах шихты таких фоновых примесей как кремний, углерод, кислород, сера [2,3]. В связи с этим и возникают трудности в получении эпитаксиальных слоев с уровнем легирования в пределах 10^{14} – 10^{15} см⁻³.

Исследование электрофизических параметров слоев GaAs, легированных одновременно изовалентными и редкоземельными элементами (РЗЭ) (комплексное легирование), полученных методом ЖФЭ в интервале температур 900 – 700°С [4], показало, что эта методика позволяет существенно уменьшить фоновую концентрацию примесей в эпитаксиальных слоях. При этом уменьшение концентрации сопровождалось существенным ростом подвижности основных носителей, что приводит к повышению проводимости и скорости отклика.

Сам механизм работы РЗЭ в структурах GaAs заключается в связывании фоновых примесей в растворах-расплавах и предотвращении их попадания в эпитаксиальный слой. Такой характер взаимодействия РЗЭ подтверждался в ряде работ [3,5] с применением фотолюминисцентных и холловских измерений.

Основываясь на результатах работы [4] можно говорить, что комплексное легирование галлиевых растворов-расплавов иттербием и алюминием при кристаллизации слоев GaAs в интервале температур 650–700°С позволяет достигать значений концентрации электронов в слоях 10^{12} см⁻³ (300 К) и подвижности 50000 см²/В·с (77 К).

Полученные результаты могут быть использованы при получении эпитаксиальных структур для фотоприемников, фотопреобразователей солнечной энергии, датчиков температуры, датчиков ионизирующих излучений.

Целью работы являлось исследование возможности получения слаболегированных слоев AlGaAs путем легирования РЗЭ, для применения в фотоприемных устройствах, в частности в селективных фотодиодах.

Для решения поставленных задач были проведены экспериментальные исследования по выращиванию слоев AlGaAs из расплава Ga, легированного скандием (Sc) или иттербием (Yb). Выращивание эпитаксиальных слоев осуществлялось методом ЖФЭ на установке с горизонтальным реактором в кассете поршневого типа. В качестве подложки использовался n-тип Ga-As марки АГЧТ, с ориентацией (100). Для формирования шихты использовался галлий 99,9999, алюминий 99,99999, иттербий 99,99, скандий 99,1.

В процессе работы особое внимание было уделено чистоте исходных веществ и оснастки, которые, в основном, и определяют концентрацию неконтролируемых примесей. В эпитаксиальных процессах используются материалы особой чистоты, прошедшие цикл предэпитаксиальной обработки. Кассеты, изготовленные из графита марки МПГ-7, отжигали в вакууме при 960 °С и давлении в рабочей камере 10^{-5} мм.рт.ст. в течении 6-7 часов, а также отжигу в атмосфере водорода на установках «Аргал-2М». Процесс роста проводили в атмосфере высокочистого водорода с точкой росы -80°С. Растворы-расплавы предварительно не отжигались. Температура и время гомогенизации расплавов составляли соответственно 700°С и 1,5 ч.

Наращивание слоев $Al_xGa_{1-x}As$ состава $x=0,12$ который соответствует краю поглощения 780 нм, проводилось в интервале температур 750-700°С, а скорость кристаллизации составляла 0,5 °С/мин. Толщина эпитаксиальных слоев находилась в пределах 5-10 мкм.

Концентрация носителей определялась методом измерения вольт-фарадных характеристик.

В ходе работы были получены 2 серии образцов. В первой серии растворы-расплавы галлия легировали Sc, исходная концентрация которого составляла 0-0,02 ат.%. Во второй серии экспериментов растворы-расплавы галлия легировали Yb исходная концентрация которого составляла 0-0,04 ат.%. Дополнительно растворы-расплавы легировали оловом в концентрации 0,06 ат.%.

Полученные результаты эксперимента (рис. 1), позволяют увидеть, что требуемая концентрация носителей $10^{14} - 10^{15} \text{ см}^{-3}$ может быть достигнута как с применением примеси Sc, так и с применением примеси Yb. При этом концентрация носителей порядка 10^{15} см^{-3} достигается при концентрации: Sc ~ 0,016 ат.%, Yb ~ 0,033 ат.%.

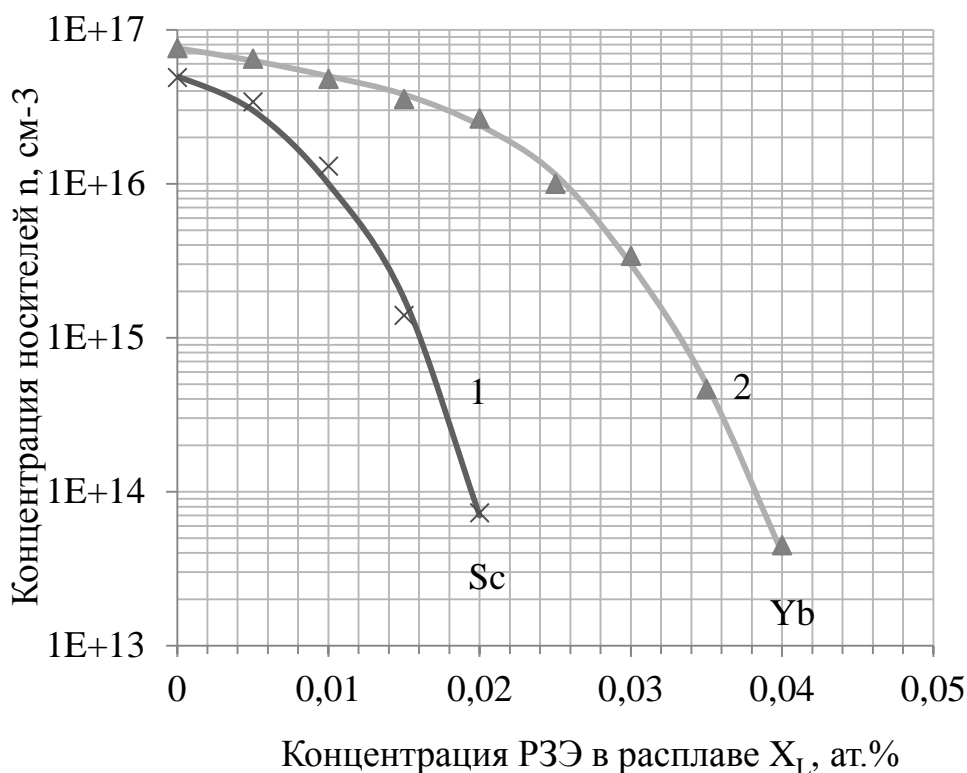


Рис. 1. Концентрация носителей n в эпитаксиальных слоях AlGaAs, полученных из галлиевых расплавов, легированных Sc (1) и Yb (2)

Однако, при концентрации Sc $\sim 0,01$ ат.%, наблюдалось образование дефектов (рис. 2), а Yb позволяет получать бездефектную поверхность вплоть до концентрации $\sim 0,04$ ат.% (рис. 3).

Проведенные эксперименты позволили выявить непригодность Sc для получения слаболегированного слоя AlGaAs, из-за появления большого количества дефектов на поверхности пластин (рис. 2). В отличие от Sc, легирование Yb позволило получить бездефектную поверхность (рис. 3), пригодную для получения фотоприемников большой площади.

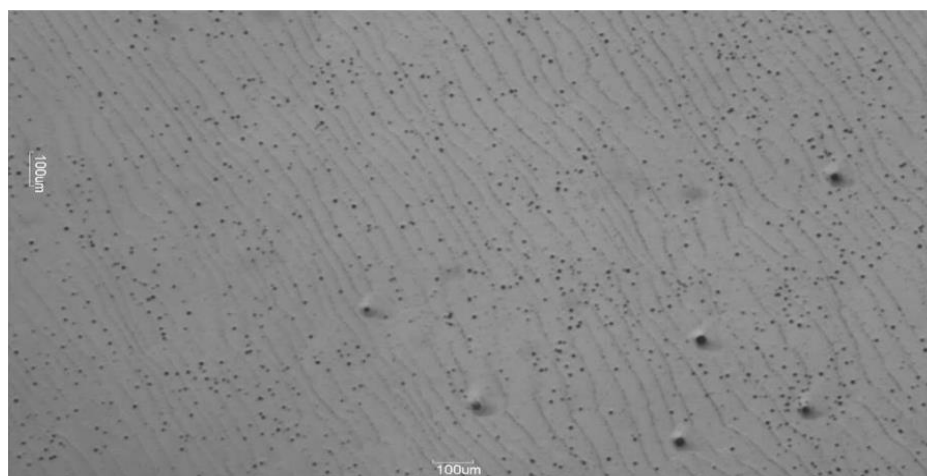


Рис. 2. Изображение поверхности гетероструктуры легированной Sc, при концентрации 0,01 ат.%

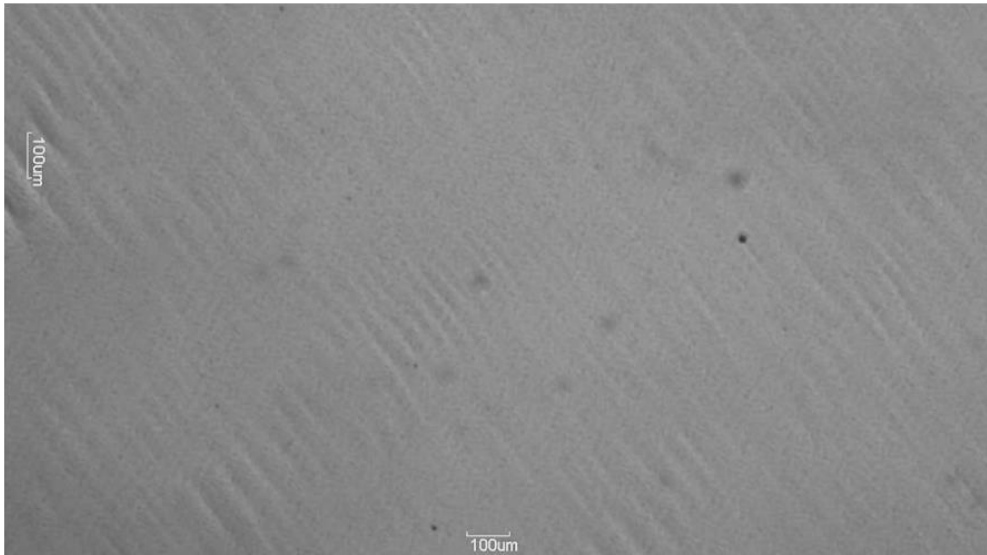


Рис. 3. Изображение поверхности гетероструктуры легированной Yb, при концентрации 0,04 ат.%

Выводы. Проведенные эксперименты по выращиванию слоев $\text{Al}_{0.12}\text{Ga}_{0.88}\text{As}$, которые в дальнейшем смогут применяться при производстве селективных фотодиодов в составе рубидиевых стандартов частоты, показали эффективность применения легирования РЗЭ для получения требуемых концентраций носителей. Также была определена эффективность использования РЗЭ для получения слаболегированных слоев AlGaAs . Эксперименты показали преимущества легирования слоев иттербием.

Список литературы

- [1] Зи С. М. Физика полупроводниковых приборов // В 2-х книгах. Кн. 1. Пер. с англ. -2-е перераб. и доп. изд.- М.: Мир.-1984.
- [2] Grym J., Prochazkova O. Role of rare-earth elements in the technology of III-V semiconductors prepared by liquid phase epitaxy // Semiconductor Technologies. – InTech – 2010. – S. 297-320.
- [3] Беспалов В. А., Елкин А. Г., Журкин Б. Г. и др. Механизм влияния редкоземельных элементов на свойства слоев GaAs, выращенных жидкофазной эпитаксией // Краткие сообщения по физике. -1987.-№9.-С. 32-34.
- [4] Курковский С. И., Сыворотка Н. Я. Свойства эпитаксиальных слоев GaAs, легированных редкоземельными элементами // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. -2007.-№2.-Львов-С. 47-51.
- [5] Мастеров В. Ф., Захаренков Л. Ф. Редкоземельные элементы в A^3B^5 // ФТП.-1990.-Т. 24.-С. 610-629.

Стрельченко Станислав Сергеевич - д-р техн. наук, профессор КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: stas40@kaluga.ru

Шумакин Никита Игоревич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: nikita019kvo@gmail.com

К.В. Попова, С.А. Адарчин, В.Г. Косушкин

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ БАЗЫ ТРАНЗИСТОРОВ ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Диффузия легирующих примесей в полупроводниковых кристаллах, применяемая еще с 60х годов 20 века, до сих пор является одним из основных технологических методов получения легированных слоев различного типа проводимости при изготовлении полупроводниковых приборов и интегральных микросхем (ИМС).

Диффузионные процессы легирования полупроводниковых пластин уже достаточно хорошо изучены и на многих предприятиях широко используются, однако в ряде специфических случаев улучшение характеристик ИМС невозможно без их совершенствования.

Специфика производства операционных усилителей – одного из наиболее массовых изделий ОАО «Восход» - КРЛЗ заставляет постоянно отслеживать влияние технологических режимов на функциональные свойства изделий. Так, при прохождении интегральных схем определенных усилителей, по операции формирования области базы (ФОБ), казалось бы, типовому процессу, было замечено увеличение количества брака при контроле электрических параметров. Статистический анализ показал, что такой брак мог иметь несколько причин, и скорее всего не связанных друг с другом.

Целью работы являлось выявление причин возникновения брака и разработка рекомендаций повышения надежности технологии производства операционных усилителей.

Для решения поставленной цели было необходимо решить ряд задач:

- провести дисперсионный анализ брака как по функциональным параметрам, так и по технологическим;
- выявить причины его возникновения;
- разработать мероприятия по повышению выхода годных изделий.

При создании таких слаболегированных областей как базы транзисторов, элементы резисторов и др. наилучший эффект дает применение ионного легирования (имплантации). Но для повышения их функциональных параметров в современной технологии одним из наиболее распространенных методов является сочетание имплантации с последующей диффузией. Ионная имплантация используется для предварительной загонки строго фиксированного количества примеси с отличной воспроизводимостью от процесса к процессу и высокой однородностью распределения по поверхности облучаемых пластин [1]. Диффузия служит для последующей разгонки внедренной примеси с целью обеспечения нужного профиля распре-

деления атомов с требуемой глубиной залегания р-n-перехода и концентрацией носителей заряда [1]. В окончательном формировании диффузионной области базы и заключается операция ФОБ.

В общем случае закономерности легирования описываются известным законом Фика [2]. Расчетные кривые, приведенные на рисунке 1 в областях биполярного транзистора [3] позволяют хорошо определить желаемые параметры. Однако на практике в каждом конкретном случае эти параметры требуют уточнения.

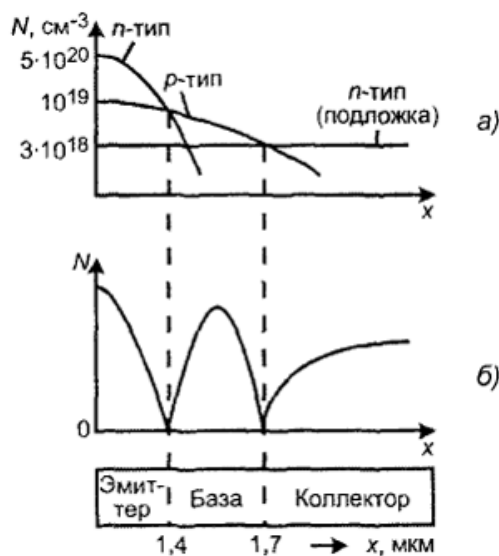


Рис. 1. Формирование методом высокотемпературной диффузии областей транзисторной биполярной структуры: а – расчетные кривые; б – профиль распределения примесей

Особенностями используемого метода изготовления структур биполярных транзисторов было создание области пассивной базы с помощью диффузии бора. Для этого после фотолитографии под базовой областью протравливалась пленка SiO_2 . В этом случае имплантация выступала в качестве стадии загонки примеси для последующей диффузионной разгонки, которая в свою очередь необходима для реализации требуемой структуры полупроводникового прибора.

Важнейшим свойством бора, применяемым в этой технологии, было его свойство, обеспечивающее непроницаемость через окисел. Поэтому на следующем этапе производилась разгонка примеси на установке диффузии, при которой не увеличивалась толщина базовой области, а концентрация примеси бора выравнивалась за счет перераспределения в объеме.

С применением такой технологии, для выявления причин брака, было проведено изготовление нескольких партий интегральных микросхем трех типов: А, Б и С. Эти типы ИМС имеют общий техпроцесс и схожую принципиальную схему. Результаты представлены в таблице 1. Процесс ФОБ реализовывался с использованием различного оборудования.

Таблица 1. Прохождение ИС по операции формирования области базы

Номер партии	Тип ИМС	Диффузионная печь, №	Количество годных ИМС, шт.	Доля годных ИМС, %
1	А	1	4645	49,10%
2	А	1	4708	33,20%
3	А	1	29084	51,30%
4	А	1	25661	29,40%
5	Б	2	-	БРАК
6	Б	1	59092	68,40%
7	А	2	-	БРАК
8	С	2	-	БРАК

Полученный результат свидетельствовал о сбое технологии в печи №2. Технологические установки для реализации диффузионных процессов играют важную роль, так как от точности и стабильности их работы во многом зависит надежность создаваемых структур [4]. В ходе анализа было выявлено, что на пластинах с положительным выходом годных операция ФОБ проводилась в печи №1, а пластины, полностью ушедшие в брак, прошли через печь №2.

Для выявления механизма возникновения брака была проведена проба из семи пластин. На трех пластинах ФОБ проводилась в печи №2, а остальные в печи №1 при одинаковых установленных режимах. Дополнительно в ходе реализации технологического процесса осуществлялась фиксация температурного временного профиля при процессе ФОБ. Полученные результаты сведены в таблицу 2.

Таблица 2. Проба ИС типа А

Тип ИМС	№ печи	Количество пластин	Доля годных ИС
А	2	1,4,5	5%
А	1	2,3,6,7	60%

Выход годных в печи №2 составил 5%, что недопустимо мало. В свою очередь в печи №1 он составил 60 %, что является хорошим показателем для операции ФОБ.

При анализе температурного профиля печей было выявлено, что печь №2 имеет меньший временной градиент температуры, чем печь №1. Разница во времени выхода на рабочую температуру составляла 12 минут. С учетом того, что, нагрев печей происходит в загруженном состоянии с пластинами ИС можно сделать предположение о том, что база n-p-n- тран-

зисторов операционных усилителей, изготовленных в печи №2 имела профиль распределения примеси, не обеспечивающий эффективность р-п переходов. В частности, можно предположить о недостаточной резкости коллекторного перехода. Это, в свою очередь, и приводит к многочисленным бракам изделий.

Для подтверждения этого предположения была проведена оценка электрофизических параметров полученных транзисторов. Для этого были проведены измерения вольтамперных характеристик полученных транзисторов. Измерения подтвердили факт недостаточной эффективности коллекторного перехода.

Таким образом, можно констатировать, что цель работы достигнута. Была установлена причина возникновения брака ИС операционных усилителей. Установленный механизм возникновения брака обусловлен узким технологическим окном процесса ФОБ. Необходимо отметить, что этот механизм может являться одной из причин временной деградации операционных усилителей, особенно работающих в условиях высоких температур и больших коэффициентов электрической нагрузки.

Список литературы

[1] Курносое А.И., Юдин В.В. Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем: Учеб. пособие. -3-е изд. – М.: Высшая школа, 1986. – 368 с.

[2] Парфенов О.Д. Технология микросхем: Учеб. Пособие. – М.: Высшая школа, 1977. – 256 с.

[3] Шука А.А. Электроника: Учеб. Пособие. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 800 с.

[4]. Черняев В.Н. Технология производства интегральных микросхем и микропроцессоров: Учебник для вузов. -2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1987. – 464 с.

[5] Готра З.Ю. Технология микроэлектронных устройств: Справочник. – М.: Радио и связь, 1991. – 528 с.

Попова Кристина Владимировна - студент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: krispo1994@yandex.ru

Адарчин Сергей Александрович - канд.техн.наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: adarchin@rambler.ru

Косушкин Виктор Григорьевич — д-р. техн.наук, профессор КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: kosushkin@gmail.com

Д.П. Островский, С.А. Адарчин, В.Г. Косушкин

ПРИМЕНЕНИЕ ТОЛСТОПЛЕНОЧНЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ НА БАЗЕ МЕДИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

По оценкам, основанным на исследовании 2016 года, объем российского рынка силовых полупроводниковых компонентов составил в 2015 году около 120 млн долларов. Из них примерно половина приходится на силовые интеллектуальные модули, а другая половина — на рынок силовых дискретных компонентов и сборок.

Компания Infineon после поглощения International Rectifier занимает на этом рынке около 40%. Другие крупные игроки — STMicroelectronics, Semikron, Fuji Electric, Mitsubishi Electric, IXYS — имеют рыночные доли в пределах 10%.

Достойную конкуренцию зарубежным поставщикам на рынке силовых полупроводниковых компонентов составляют российские производители «Электровыпрямитель» и «Протон электротекс». Обе компании работают преимущественно на гражданских рынках, обе успешно развивают экспортные поставки, что является хорошим подтверждением конкурентоспособности их продукции.

Объем отечественного рынка преобразователей электроэнергии (конечного оборудования силовой электроники) в 2015 году превысил 2 млрд долларов. Доля российского оборудования здесь составляет около 30%. В основном российские компании выпускают преобразователи большой мощности для нефтегазовой промышленности, транспорта, электроэнергетики, базовых станций сотовой связи. До 2015 года конкурировать с китайской продукцией на рынке преобразователей малой мощности было очень сложно. Однако после девальвации рубля российское производство получило ценовое преимущество, и это дает толчок проектам по разработке и производству массовой продукции для рынков ЖКХ, промышленных, офисных и даже бытовых применений [1].

Поэтому необходима разработка конкурентоспособных способов производства подложек, получивших название Direct Copper Bonding (DCB) в условиях отечественных предприятий. Применение толсто пленочной технологии, стандартной для целого ряда отечественных предприятий позволит достигнуть технических параметров, соизмеримых с параметрами подложек, предлагаемых сегодня на международном рынке и значительно снизить цену [2]. Не мало важным при этом остается и вопрос обеспечения импортозамещения, который одновременно решается.

Силовая электроника широко распространена в различных областях народного хозяйства. От бытовой и автомобильной техники до авионики необходимы высокоэффективные интеллектуальные системы энергообеспечения, показывающие высокую экономическую эффективность. Целью нашей работы была разработка технологии производства подложек для силовой электроники с параметрами, сравнимыми с DСВ на базе толсто пленочной технологии.

Для достижения поставленной задачи было необходимо подобрать дешевый толсто пленочный материал, способный обеспечить высокую электропроводность и надежность при условии низкой цены, разработать технологию его применения и определить параметры получаемых подложек. Перспективы этого метода обусловлены наличием в России производственного оборудования и специалистов, способных обеспечить весь комплекс требований, предъявляемых к предлагаемой технологии.

В качестве материалов для подложек силовой электроники была выбрана алюмонитридная керамика и толсто пленочная проводниковая паста на базе меди. Пасты, в зависимости от назначения, делятся на проводящие, резистивные и диэлектрические. Для контактных площадок применяются дополнительные покрытия припойными пастами, неподлежащими вжиганию. Пасты состоят из наполнителя, определяющего свойства данной пасты, связующего и растворителя, обеспечивающего нужную консистенцию. На очищенные подложки был нанесен слой медной пасты, произведенной фирмой HERAEUS, трафаретным методом и толщиной 34 микрона.

Выбор этих материалов обусловлен тем, что алюмонитридная керамика обладает высокой теплопроводностью и сравнительно хорошими механическими свойствами по сравнению с другими керамиками [3]. В классической толсто пленочной технологии применяются проводниковые пасты на базе драгоценных металлов. Этот факт обуславливает и основные параметры получаемых отпечатков по классической технологии. Основными требованиями к проводникам, получаемым по классической технологии была величина адгезии отпечатка и минимальная толщина, что обусловлено высокой стоимостью исходных материалов. Предложенный в ходе выполнения работы вариант толсто пленочной пасты на базе меди позволит решить проблему обеспечения высокой электропроводности за счет использования отпечатков большой толщины. Вместе с тем, применение такого материала может внести ряд затруднений в классическую толсто пленочную технологию. Медь в отличие от драгоценных металлов подвержена окислению при температурах вжигания паст, которые могут достигать 900 °С. Решение проблем окисления и определения максимально допустимой концентрации кислорода так же стали одними из задач настоящей работы.

Разработка технологии изготовления подложек. В качестве базовой технологии была взята классическая толсто пленочная технология, приве-

денная в работе [4]. Для устранения эффекта окисления было предложено в лабораторных условиях проводить вжигание толсто пленочной пасты в кварцевой капсуле, заполненной инертным газом. В настоящее время за счет дешевых способов получения азота этот газ стал применяться во многих технологических процессах. По этой причине в качестве инертного газа был выбран азот.

Предварительная подготовка алюмонитридных подложек включала в себя очистку поверхности от загрязнений и термообработку.

Качество подготовленной поверхности контролировалось визуально с помощью микроскопа. Толсто пленочная технология позволяет многократное нанесение отпечатков для получения необходимых толщин проводников, обеспечивающих требуемую теплопроводность. Кроме того, нанесение слоев допускается с двух сторон подложки, что позволит изготавливать теплоотводящие слои.

Классические толсто пленочные пасты имеют незначительную вязкость, что обеспечивает малую толщину отпечатков [4]. В случае силовой электроники это требование является противоречивым. Было предложено применение паст с высокой вязкостью [2]. Обычно метод трафаретной печати позволяет получать проводящие линии и промежутки между ними 125... 150 мкм при использовании сетчатых трафаретов.

По методике, приведенной в нашей предыдущей работе [5] была изготовлена партия подложек трех типов. Полученные данные по типам подложек представлены в таблицах 1-3.

Таблица 1. Пробы по вжиганию медной пасты в алюмооксидную керамику

№п/п	Т° С вжигания	Время вжигания (мин)	Расход азота л/мин	Адгезия (н)
1	850	20	5	0-2
2	950	12	5	10-12

Таблица 2. Пробы по вжиганию медной пасты в алюмонитридную керамику

№п/п	Т° С вжигания	Время вжигания (мин)	Расход азота л/мин	Адгезия (н)
1	950	15	5	0
2а	950	Термообработка керамики 2 часа на воздухе		
2в	950	12	5	0

Таблица 3. Пробы по вжиганию специальной пасты с соответствующими адгезионными присадками в алюмонитридную керамику

№п/п	Т ⁰ С вжигания	Время вжигания (мин)	Расход азота л/мин	Адгезия (н)
1	950	12	5	17-19

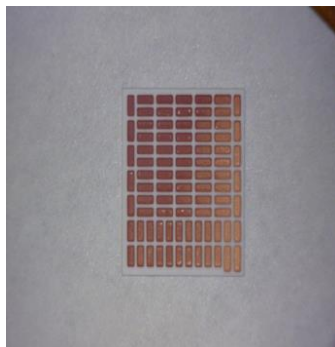


Рис. 1. Полученные образцы

Исследования образца проводились при ускоряющем напряжении первичного электронного пучка 5 кВ, токе 25 нА и наклоне плоскости образца на 30 ° относительно нормального положения к первичному пучку для возможности использования ионной пушки для очистки поверхности от загрязнений и профильного анализа. Параметры ионной пушки: ускоряющее напряжение – 2 кВ, ток пучка ~1,5 мкА, диаметр пучка ~250 мкм.

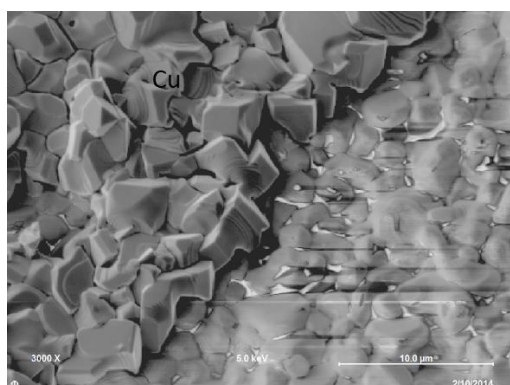


Рис. 2. Граница отпечатка под микроскопом

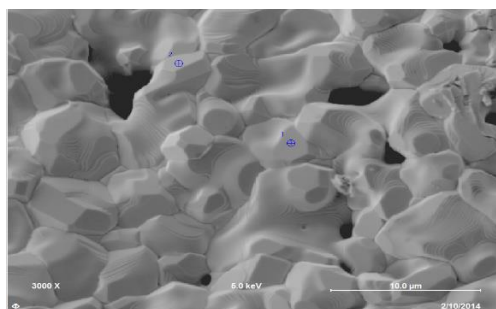


Рис. 3. Изображение во вторичных электронах исходной пленки меди (без очистки поверхности ионным пучком) в центре элемента

Список литературы:

[1] Иван Покровский. *Обзор рынка компонентов силовой электроники*. Вестник электроники, 2016 г., №2, 6-7 с.

[2] *Разработка способа получения металлокерамических подложек для приборов силовой электроники. Молодежная конференция ИННО-СТАРТ - 2014. Тезисы итогового мероприятия по Программе "Участник молодежного научно - инновационного конкурса 2014"*. Обнинск, 13 - 14 ноября 2014 г., 80 с.

[3] Медведев А. М. *Печатные платы. Конструкции и материалы*. Москва, Техносфера, 2005, 304 с.

[4] Коледов Л. А. *Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок: Учебник для вузов*. Москва, Радио и связь, 1989. 400 с.

[5] *Толстопленочная технология, как инструмент создания силовой электроники. Научные технологии в приборо- и машиностроении и развитие инновационной деятельности в вузе: материалы Региональной научно-технической конференции. 22-25 апреля 2014 г. Т. 2. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014 г., 254 с.*

Островский Дмитрий Петрович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: blackswan.94.klg@gmail.com

Адарчин Сергей Александрович - канд.техн.наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: adarchin@rambler.ru

Косушкин Виктор Григорьевич — д-р. техн.наук, профессор КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: kosushkin@gmail.com

И.А. Швецов, В.Г. Косушкин, С.А. Адарчин

ПРИМЕНЕНИЕ ТОЛСТЫХ ПЛЕНОК МОНОСУЛЬФИДА САМАРИЯ В СЕНСОРНОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

Обеспечение высокого и стабильного качества промышленной продукции является в настоящее время одной из основных проблем, на решение которой направлены усилия коллективов ученых, конструкторов и технологов. В рамках этой проблемы важное место занимают прочностные испытания образцов техники. Для измерения напряжений или величин деформаций в деталях машин и элементах конструкций используют резистивные, струнные и индуктивные первичные преобразователи в сочетании с измерительными схемами включения и преобразования информации. Из названных выше первичных преобразователей в практике наиболее часто находят применение тензорезисторы. Простота конструкции, малые масса и габариты позволяют использовать тензорезисторы для измерения сил, давлений, вращающих моментов, ускорений и других величин, преобразуемых в упругую деформацию в труднодоступных местах различных машин и механизмов без изменения конструкций. [2]

Тензорезисторы на основе сульфида самария представляют собой новую альтернативу для разработчиков и конструкторов датчиков и систем измерения механических величин. Полученные результаты исследований механических свойств сульфида самария способны сыграть огромную роль в таком важном вопросе, как преобразование побочных видов механических напряжений в электрическую энергию, а новые данные по чувствительности пленок сульфида самария к изменениям упругого состояния показывают их конкурентоспособность с существующими тонкопленочными датчиками. [1]

Тензоэффект и тензорезисторы. Тензорезисторами называют преобразователи, осуществляющие преобразование механических деформаций в изменение электрического сопротивления, т.е. преобразователи, основанные на тензоэффекте. [3] Тензоэффектом называется свойство проводниковых и полупроводниковых материалов изменять электропроводность (электрическое сопротивление) при изменении объема или напряженного состояния. У полупроводниковых материалов тензоэффект связан со значительным изменением удельного сопротивления; знак тензоэффекта зависит от типа проводимости полупроводникового материала, а величина – от кристаллографического направления.

В последние годы появился способ изготовления приклеиваемых тензосопротивлений, заключающийся в вакуумной возгонке тензочувствительного материала и последующей конденсации его на подложку, напы-

ляемую непосредственно на деталь. Такие тензорезисторы получили название **пленочных**. Малая толщина таких тензорезисторов (15-30 мкм) дает существенное преимущество при измерениях деформаций в динамическом режиме в области высоких температур, где измерения деформации представляют собой специализированную область исследований. [3] Целый ряд пленочных тензорезисторов на основе висмута, титана, кремния или германия выполняется в виде одной проводящей полоски. Такие преобразователи не имеют недостатка, заключающегося в уменьшении относительной чувствительности преобразователя по сравнению с чувствительностью материала, из которого выполнен преобразователь.

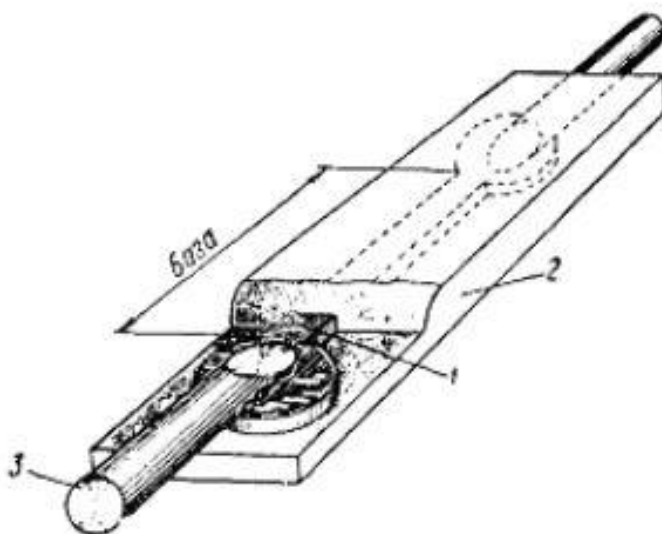


Рис. 1 - Пленочный тензопреобразователь: 1- тензочувствительная пленка; 2- пленка лака; 3- выводной проводник

Для получения наклеиваемых тензорезисторов используются диффузная или эпитаксиальная технология. В обоих случаях электрическая изоляция тензорезистора обеспечивается большим сопротивлением р-п перехода. [2]

Тензорезисторы образуются за счет локальной диффузии примесей в подложку. При этом тип электрической проводимости тензорезистивных пленок должен быть противоположен типу электрической проводимости подложки. Обычно маской является оксидная пленка, в которой методом фотолитографии вытравливаются окна соответствующих размеров. Температура и длительность процесса диффузии определяют толщину и сопротивление получаемых тензорезисторов.[2] В качестве подложек применяется сапфир или шпинель. Подложка из монокристаллического сапфира обладает исключительными упругими свойствами. Сапфир весьма прочен, имеет высокую стойкость к агрессивным средам. В вакууме сапфир хорошо спаивается с металлами твердыми припоями.

Область применения тензорезисторов. Тензорезисторы используются для:

- Измерения силы.
- Измерение вибрации/ускорения.
- Измерение перемещения.
- Измерение крутящего момента.
- Измерение давления.

Такой большой выбор измеряемых физических величин делает датчики на тензорезисторах необходимым контрольно-измерительным инструментом во многих областях промышленности, производства и просто в повседневной жизни.

Таблица 1. Материалы, используемые в качестве чувствительного элемента тензорезистора

Материал	Состав, %	К в области упругой деформации
Константан	45Ni55Cu	2,1
Карма	74Ni20Cr3Al3Fe	2
Изоэластик	36Ni8Cr0,5Mo55,5Fe	3,6
Нихром V	80Ni20Cr	2,1
Платиновольфрам	92Pt8W	4
Армюр Д	70Fe20Cr10Al	2
Сульфид самария (монокристалл)	SmS	~100
Кремний (монокристалл)	Si	~150

Одним из основных параметров тензорезисторов является коэффициент тензочувствительности (К) — величина, которая характеризует относительное изменение его выходного сигнала к изменению относительной деформации.

Коэффициент тензочувствительности металлических тензорезисторов определяется главным образом изменением их геометрии под действием деформации. Коэффициент тензочувствительности полупроводниковых тензорезисторов определяется изменением электрических свойств полупроводника (электропроводности) под действием деформации. [1]

Основным полупроводниковым материалом является кремний, широко используемый в тензометрии, однако он обладает рядом недостатков, которые делают применение тензорезисторов на его основе невозможным для решения целого ряда задач. Главный недостаток — нелинейность характеристик, основанная на особенностях зонной структуры кремния. Специфичность зонной структуры кремния приводит к ухудшению таких метрологических характеристик, как точность, линейность сигнала, температурная и временная стабильность. Кроме того, кремний достаточно хрупок. А между

тем возможность изгибать тензодатчик является одним из важнейших преимуществ проволочных и фольговых тензорезисторов. Именно это свойство делает возможным исследование деформаций в деталях сложной формы. В основе преимуществ SmS в сфере эксплуатации датчиков и их производства лежит уникальная электронная зонная структура этого полупроводника, позволяющая совмещать стабильность работы металлических тензорезисторов и высокую чувствительность полупроводниковых. SmS-тензорезисторы в сравнении с существующими аналогами имеют:

- высокий линейный выходной сигнал — коэффициент тензочувствительности (K) от 30 до 100 (у полупроводниковых сигнал не линейный — K от 80 до 225, у металлических сигнал слабый — K около 2);
- широкий диапазон выходных сопротивлений от 0,2 до 20 кОм (полупроводниковые до 10 кОм, металлические от 0,12 до 1 кОм);
- рабочий температурный диапазон от -70 до $+200$ °С для всех моделей (полупроводниковые: от -50 до $+125$ °С, металлические: от -200 до $+200$ °С);
- возможность монтажа на изогнутую поверхность (у полупроводниковых такая возможность отсутствует);
- стойкость к воздействию радиации и магнитных полей. [1]

Конечно же, существуют материалы с более высоким коэффициентом тензочувствительности, чем у кремния и SmS, но эти материалы весьма хрупки и потому их использование невозможно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Разработка технологии производства толсто пленочных тензорезисторов на основе SmS. Молодежная конференция ИННОСТАРТ - 2015. Тезисы итогового мероприятия по Программе "Участник молодежного научно - инновационного конкурса 2015". Обнинск, 17 - 18 ноября 2015 г., 80 с.

[2] Каминский В. В., Молодых А. А., Степанов Н. Н., Соловьев С. М., Володин Н. М., Иванов В. А. "Особенности применения полупроводниковых тензо- и барорезисторов на основе сульфида самария // Научное приборостроение." Т. 21. 2011. № 2.

[3] Соловьев С. М. Особенности электрических и термоэлектрических свойств моносульфида самария, связанные с переменной валентностью ионов самария. Автореферат диссертации и диссертация на соискание ученой степени к. ф.-м. н. Санкт-Петербург, 2007.

Швецов Илья Александрович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: arklay.core@gmail.com

Косушкин Виктор Григорьевич — д-р. техн. наук, профессор КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: kosushkin@gmail.com

Адарчин Сергей Александрович - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана. E-mail: adarchin@rambler.ru

И.Р. Бережанский, С.А. Адарчин, А.О. Кузьмичева,
О.Ю. Егорова

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ УПРУГИХ НАПРЯЖЕНИЙ В ДАТЧИКАХ ФАЗЫ

КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана, Калуга, 248000, Россия

В современной радиоэлектронной аппаратуре широко применяется герметизация деталей, узлов и блоков компаундами на основе синтетических полимерных смол. Герметизация является эффективным средством защиты от влаги, химически агрессивных веществ и других вредных влияний окружающей среды. Как правило, герметизация улучшает электроизоляционные, механические и другие эксплуатационные характеристики аппаратуры, повышает ее надежность. В то же время герметизация имеет и недостатки. Например, одним из самых важных недостатков, существенно влияющих на работоспособность деталей и целостность компаунда, является образование внутренних напряжений, что в следствии приводит к появлению дислокаций.

Внутренние напряжения оказывают дополнительное воздействие на компаунд и герметизированные элементы, и в результате могут измениться параметры элементов, а также может быть нарушена целостность компаундов.

В случае корпусной герметизации внутренние напряжения и термические деформации проявляются в виде трещин в компаунде и отслоений его от стенок корпуса.

Для оценки влияния упругих напряжений на надежность автомобильных датчиков фазы была предложена следующая методика. В ходе эксперимента использовался кристалл с тонкой мембраной 25-30 мкм. На мембране тензорезистивный мост. Кристалл устанавливается в герметичный корпус и заливается компаундом (рис. 1). После чего помещается в печь, заранее нагретую до 125 градусов (рис. 2).

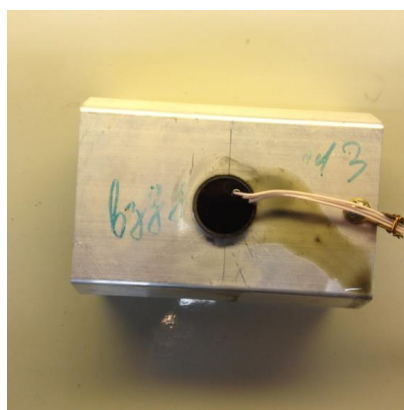


Рис. 1. Испытываемый кристалл в герметичном корпусе, залитый компаундом



Рис. 2. Кристалл, помещенный в печь

На рисунке 3 изображена экспериментальная установка по определению выходного напряжения на кристалле, включающая в себя печь, источник питания и мультиметр.

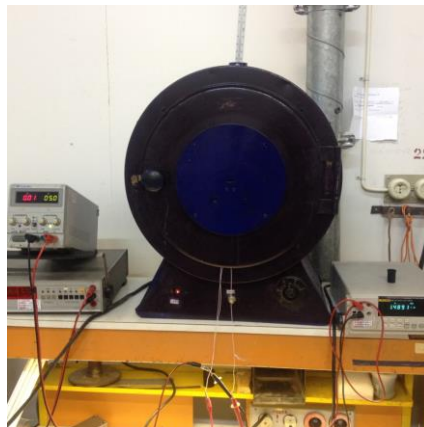


Рис. 3. Экспериментальная установка по определению выходного напряжения на кристалле

В ходе проведения исследования показания мультиметра фиксировались через каждые 4-5 минут. На рис. 4 показано как изменялось выходное напряжение кристалла на протяжении всего эксперимента.

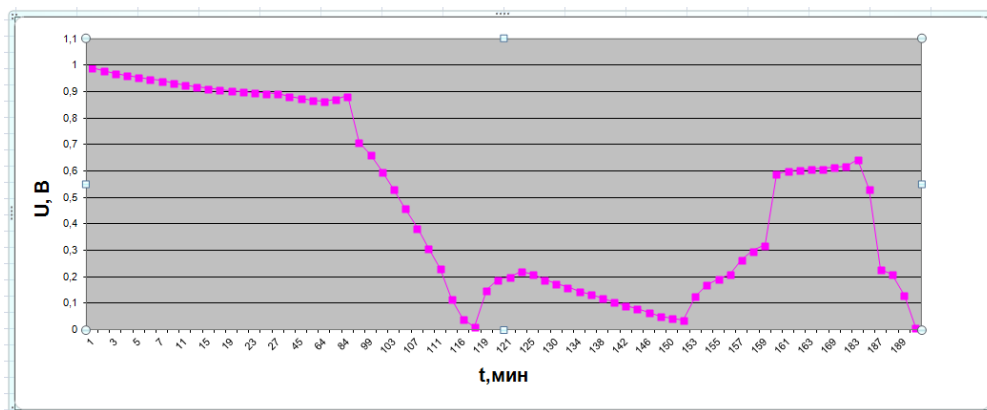


Рис. 4. Изменение выходного напряжения по отношению ко времени

По завершению эксперимента был построен график зависимости выходного напряжения от времени, который показал, что предложенная методика позволяет оценивать величину упругих напряжений в автомобильных датчиках фазы.

Список литературы

[1] Соснин Д.А. Электрическое, электронное и автотранспортное оборудование легковых автомобилей (автотроника-3); Учебник для вузов М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2010, 394с.

[2] Д. Каплан, К. Уайт. Практические основы аналоговых и цифровых схем. Москва: Техносфера, 2006, 176с.

Бережанский Иван Романович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: berezhanskiy.ivan@mail.ru

Адарчин Сергей Александрович - канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: adarchin@rambler.ru

Кузьмичева Анастасия Олеговна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: КАО1996@rambler.ru

Егорова Оксана Юрьевна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: oksana.egorova95@yandex.ru

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 5.

КЛАССИЧЕСКИЕ И СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ; АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВОМ 3

Корнюшин П.Ю.

Модель центробежного насоса как элемента турбонасоса 4

Макаренков А.М., Якушев А.А., Филиппов Д.В.

Опыт применения усредненных проекционных моделей
для решения задач идентификации и синтеза стохастических систем 8

Корлякова М.О., Аунг Мьо Кхаинг, Мьят Мин Ай

Подход к обработке видеопотока на основе обучаемых
классификаторов 13

Брынза А.А., Корлякова М.О.

Подход к построению системы визуального анализа поверхности
с целью определения направления движения 16

Абдурахманов А.Ш., Масюк В.М.

Подход к построению системы распознавания лиц в толпе 21

Корлякова М.О., Корлякова Е.Ю.

Подход к разработке самообучающегося алгоритма игры в «Сапер» 23

Зюзин А.А., Долгов Я.А., Финошин А.В., Мышляев Ю.И.

Управление энергией диссипативных систем на примере маятника,
управляемого приводом 25

СЕКЦИЯ 6.

ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ 30

Котосова Я.В., Белоусова К.С., Жукова Ю.М.

Анализ влияния СВЧ-излучения на сточные воды гальванического
производства 31

Короткова В.Е., Черняев С.И.

Анализ промышленных методов очистки воздуха от радиоактивных
аэрозолей 35

Челенко А.В., Федоров В.О.

Модель устойчивого развития предприятия радиоэлектронного
профиля в условиях импортозамещения 39

<i>Лаврентьева Г.В., Ланцова Е.В., Ланцов С.И.</i> О проблеме утилизации медицинских отходов	42
<i>Семенова Е.И., Горбачева М.С., Жукова Ю.М.</i> Оценка влияния полигона твердых коммунальных отходов города Калуги на загрязнение почв	47
<i>Никулина С.Н., Федулов И.Е.</i> Оценка техногенного воздействия деятельности человека на загрязнение природных вод	50
<i>Христофорова М.И., Хролынцев А.А., Яковлева О.В.</i> Разработка методики расчета структуры фильтрующего элемента для повышения его грязеемкости	54
<i>Маркелова Н.П.</i> Статистический анализ результатов исследования образцов фильтровальной бумаги для высокоэффективных фильтров	59
<i>Попова Е.В., Карева Е.О.</i> Утилизация твердых коммунальных отходов в плазмохимическом реакторе	64
СЕКЦИЯ 7. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНО – ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ И КОМПЛЕКСАХ	68
<i>Андросов А.Ю., Садковский Б.П.</i> Бесконтактные способы восстановления электроэнергии	69
<i>Кодинцев Н.П., Серов А.Д., Богов В.А.</i> Использование эффекта мяча для гольфа для улучшения аэродинамических свойств автомобиля	74
<i>Пономарев А.И., Попадъко С.В.</i> К вопросу о применении сотово-радиальных безвоздушных шин в колесных наземных транспортных средствах	77
<i>Плахов С.А., Селькин С.А., Мусимова И.А.</i> К вопросу об установке самоблокирующегося межколесного дифференциала на автомобиль Volkswagen Golf 7	79
<i>Сидоров В.Н., Подлесных С.В., Паршукова А.А.</i> К вопросу установки роботизированной коробки передач с двойным сцеплением и механическим приводом на автомобиль Lada Priora	85
<i>Семизоров А.В., Плахов С.А.</i> Обеспечение возможности изменения дорожного просвета и повышение комфорта подвески автомобиля Hyundai Ix35	90

<i>Попков В.В., Пономарев А.И.</i> Оценка риска для здоровья работников автотранспортной отрасли	94
<i>Семизоров А.В., Пономарев А.И.</i> Повышение управляемости автомобиля за счет внедрения активного стабилизатора поперечной устойчивости	96
<i>Матвеев С.В., Максимов О.В.</i> Применение датчиков давления на основе линейных дифференциальных трансформаторов в автомобилях	100
<i>Жидких Ю.С., Алакин В.М., Кузьмин Д.С.</i> Разработка адаптивной гидравлической подвески для легковых транспортных средств	103
<i>Пономарев А.И., Мишин Е.А., Крылов М.В.</i> Разработка клапанных механизмов газораспределения без пружин	106
<i>Пономарев А.И., Крылов М.В., Мишин Е.А.</i> Разработка электрогидравлического усилителя рулевого управления на автомобиле Шевроле Нива	109
<i>Голубина С.А., Матвеев А.В.</i> Система экстренного торможения Brake Assist	113
<i>Кузьмин Д.С., Козинцев Н.П., Жидких Ю.С.</i> Установка пневматической задней подвески на автомобиль Газель NEXT	116
СЕКЦИЯ 8. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ	119
<i>Обрубков Ю.В., Влайков Н.Д., Соломатин А.А.</i> Астероиды группы Атона с близкими орбитами	120
<i>Захаров В.Ю., Чернова Т.Г.</i> К вопросу об устойчивости однородного состояния магнитоактивной пылевой плазмы с учетом эффекта Холла и неподвижных пылевых частиц	123
<i>Влайков Н.Д., Кошель А.Г.</i> Поиск астероидов, возможно связанных с 250458 (2004 ВО41)	126
<i>Дубинина М.С., Крестя В.И.</i> Расчет характеристик катодного слоя разряда в смеси аргона с парами ртути	129
<i>Супельняк М.И.</i> Теплопередача через стенку при пространственно неоднородной интенсивности теплообмена	133

СЕКЦИЯ 9.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ,

ГИДРОПНЕВМОАВТОМАТЫ..... 135

Анкудинов А.А., Мисягина Ю.Ю.

Зависимость кавитационных качеств осевихревой ступени от геометрических параметров 136

Васильчук Н.Ю., Чубаров Ф.Л.

Клапан обратный, поворотный с гидроприводом и гидравлическим демпфером для паротурбинной установки 139

Панаиотти С.С., Липин Е.С.

Нефтяной центробежный консольный насос 142

Зиновьева О.И., Шитохина О.Г.

Обзор конструкций вихревых насосов..... 145

Регеда А.В., Чубаров Ф.Л.

Пневматическая система пылевлагозащитного чехла телескопа Т-170М..... 148

Ильдияров Е.Н., Сизов А.Н.

Применение технологии линейных перемещений для регулирования частоты вращения и давления пара блочной паротурбинной установки 150

Пащенко В.В., Зиновьева О.И.

Проведение поверочного расчета центробежного насоса с применением метода конечных элементов..... 155

Анкудинов А.А., Зубов А.А.

Сравнительный анализ характеристик осевой и осевихревой ступени насосов 159

СЕКЦИЯ 10.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ 161

Редько А.В., Белов Ю.С.

Воксельные методы реконструкции трехмерных сцен по изображениям 162

Афанасьев В.Р., Карышев А.А.

Инструменты работы с удаленным API, применяемые в кроссплатформенных .Net Core приложениях 165

Кольцов Д.Н., Плотников Ф.А.

Исследование преимуществ и недостатков подхода сетевого взаимодействия REST 168

<i>Воронцов А.Н., Белов Ю.С.</i> Методы выращивания органических кристаллов	171
<i>Короткова Е.В., Белов Ю.С.</i> Обзор алгоритмов генерации тени	175
<i>Биленко А.А, Рыбкин С.В., Белов Ю.С.</i> Применение технологий биоинформатики и методов статистического анализа для исследования сахарного диабета	181
<i>Дроздов К.А., Потапов А.Е.</i> Проблема интеграции программного обеспечения	187
<i>Прокофьев М.Л., Потапов А.Е.</i> Проблемы подготовки данных в системах анализа «больших данных» ..	192
<i>Нилов А.С., Нилова А.С., Потапов А.Е.</i> Разработка кроссплатформенных ASP.NET CORE приложений	195
<i>Шустов И.С., Белов Ю.С.</i> Способы генерации изображений при помощи искусственных нейронных сетей.....	198
<i>Дадукин А.О., Пчелинцева Н.И.</i> Сравнительный анализ современных портативных устройств медицинской направленности.....	203
<i>Белов Ю.С., Серегин Д.Р.</i> Функционирование системы активной виброзащиты	206
СЕКЦИЯ 11. ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ	209
<i>Белоусова Е.В., Парамонов В.В.</i> Изучение дефектообразования в кремнии при высокотемпературных процессах.....	210
<i>Романов Д.А, Прохоров И.А., Волошин А.Э.</i> Критические толщины псевдоморфных CVD-пленок алмаза.....	214
<i>Афоникова А.И., Адарчин С.А.</i> Обеспечение работоспособности ИС в условиях воздействия проникающей радиации, в частности гамма-квантов	219
<i>Стрельченко С.С., Шумакин Н.И.</i> Особенности получения слабелегированных слоев AlGaAs для фотоприемных устройств	222
<i>Попова К.В., Адарчин С.А., Косушкин В.Г.</i> Повышение надежности технологической операции формирования базы транзисторов операционных усилителей	226

<i>Островский Д.П., Адарчин С.А., Косушкин В.Г.</i> Применение толстопленочных печатных плат на базе меди для изготовления преобразовательной техники	230
<i>Швецов И.А., Косушкин В.Г., Адарчин С.А.</i> Применение толстых пленок моносulfида самария в сенсорной электронике.....	235
<i>Бережанский И.Р., Адарчин С.А, Кузьмичева А.О., Егорова О.Ю.</i> Разработка методики измерения упругих напряжений в датчиках фазы	239
СОДЕРЖАНИЕ	242

**НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ПРИБОРО - И МАШИНОСТРОЕНИИ
И РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ВУЗЕ**

**Материалы
Всероссийской научно-технической конференции**

Том 2

Научное издание

Все работы публикуются в авторской редакции. Авторы несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат, статистических данных и прочих сведений

Подписано в печать 10.11.2016.

Формат 60x90/16. Печать офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Печ. л. 15,5. Усл. п. л. 14,42. Тираж 50 экз. Заказ № 173

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана
107005, Москва, 2-я Бауманская, 5

Оригинал-макет подготовлен и отпечатан в Редакционно-издательском отделе
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана
248000, г. Калуга, ул. Баженова, 2, тел. 57-31-87