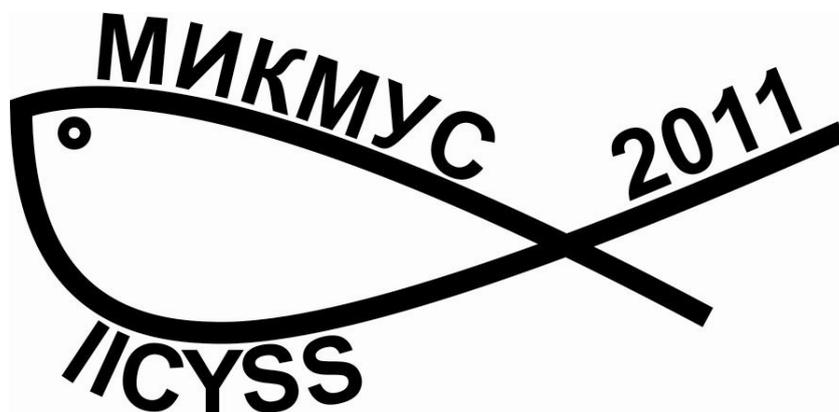


Российская Академия Наук
Институт машиноведения им.А.А.Благонравова

XXIII Международная
Инновационно-ориентированная
конференция молодых
учёных и студентов

МИКМУС-2011

14-17 декабря 2011



Москва

Russian Academy of Sciences
Institute of Machines Science named by A.A. Blagonravov

**XXIII International Innovation Conference
of Young Scientists and Students**

ICYSS-2011

УДК 62

XXIII Международная инновационно-ориентированная конференция молодых ученых и студентов (МИКМУС - 2011): материалы конференции (Москва, 14-17 декабря 2011 г.). / М: Изд-во ИМАШ РАН, 2011. – 289 с.

В сборнике представлены материалы Международной инновационно-ориентированной конференции молодых ученых и студентов (МИКМУС- 2011), содержание которых соответствует приоритетным направлениям развития машиноведения – науки о машинах:

- *транспортные авиационные и космические системы,*
- *индустрия наносистем и материалы,*
- *энергетика и энергосбережение*

Интересы молодых ученых, отраженные в статьях, связаны с проблемами техногенной безопасности; конструкционным материаловедением; нелинейной волновой механикой; трибологией и поверхностной обработкой; механикой машин и управлением машинами; биомеханикой и медицинскими технологиями; вычислительными моделями технологических процессов и информационными технологиями; вибрационными процессами и системами, вибрационной диагностикой; энергетикой и транспортом.

Сборник отражает современные научно-технические тенденции и представляет интерес для научных работников, инженеров, аспирантов и студентов, специализирующихся в широкой области технических наук, а также представителей промышленного комплекса.

©ИМАШ РАН, 2011

Hi, youngs! Dear colleagues!

«Проросшие на асфальте» - так можно было бы неформально озаглавить этот сборник.

Удивительное дело. Несмотря на все усилия отечественных и зарубежных разрушителей российской Науки, активность научной молодёжи не ослабевает. Напротив – растёт. Что видно наглядно по возрастающему числу заявок и докладов на нашу конференцию:

2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
95	135	212	153	313	329	186	240	224	310

У ученых трудности не только в финансировании, не только сверху: разрыв в возрасте max 70-25, min 60-30 лет, требует других требований (каламбур-с) к маститым ученым. Каждый должен оставить после себя книгу и ученика (написать и подготовить). Кроме нас это сделать некому. За нами разрыв – в поколение. Собственно, на это и рассчитывали уничтожители СССР – России. Восстановить такой разрыв почти невозможно. Как если бы запретить женщинам рожать всего на 30 лет, а потом – пожалуйста, но некому. И народ исчез или (как в нашем случае) вернулся на 100 лет назад в содружество африканских государств с населением в ярких нейлоновых рубашках с кольцами в носу...

« Пошутили – и будет,
Страна, извиваясь, зависла.
Эти новые люди –
Ведь им начинать с коромысла.
Накатил волна новых судеб,
Религий, народов,
Но ведь жизнь как война –
На ней не прощают уродов...»

Именно в связи с такими массовыми пессимистическими прогнозами и ощущениями, особенно отрадно видеть особый механизм самозащиты Страны – рост активности молодёжи. Это как в 41 году. Когда благодаря «мудрому» руководству армия была разбита, пленена, немец – под Москвой. Но встали мальчишки 21 года рождения. Все погибли, но защитили – и теперь мы все имеем единственный праздник – день Победы Народа над фашизмом.

Будем надеяться, что в нашей конференции, как в капле воды, отразится особое свойство молодёжи: брать на себя ответственность в трудное для Страны время и вытаскивать из болота научного бегемота, несмотря на пристальную «помощь» ненасытных властолюбцев.

Добро пожаловать и удачи!

Welcome! Good luck!

Merry Christmas! Happy New Year!

А.Н.Полилов

Пленарные доклады

ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АВИАКОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

LASER TECHNOLOGIES APPLICATION IN THE AEROSPACE INDUSTRY

В.П.Бирюков – к.т.н., с.н.с.

Институт машиноведения им.А.А.Благонравова РАН

Abstract. In this paper presented five-way laser systems for exact materials cutting and burrs removal. There also represented equipment for alumina fibers production with laser heating. It has been demonstrated that using of fiber lasers increases the performances of thin-sheet cutting as compared with gas lasers. Sapphire fibers (100...200 μm in diameter) can be used in new composite materials with unique properties.

В настоящее время выпускается широкая гамма лазерного технологического оборудования для размерной обработки деталей из плоских листовых заготовок. Лазерный технологический комплекс для размерной обработки деталей сложной пространственной конфигурации из полимерных композиционных материалов (модель ЛТК-3D), разработан в ОАО НИАТ. Наибольшие прямолинейные перемещения, мм (траверсы, координата X-5000), (каретки, координата Y-2500), (ползуна, координата Z-800). Максимальные скорости прямолинейных перемещений, м/мин (по координатам X, Y-100), (по координате Z-30). Максимальные скорости угловых перемещений, град/с (по координатам A, C-120). Комплекс оснащен волоконным лазером мощностью 3 кВт производства НТО «Ирэ-Полюс». Точность воспроизведения контура - 0,05 мм. Комплекс может использоваться для лазерной резки деталей различного класса, в т.ч. ресурсных для авиакосмической промышленности, из полимерных композиционных материалов (углепластика, органопластика), а также из других материалов (стали, алюминиевых и титановых сплавов) как для обрезки по внешнему контуру, так и для вырезки внутренних отверстий. Максимальная толщина обрабатываемых деталей из углепластика — 4 мм, из органопластика — 8 мм. Габаритные размеры комплекса 8000x5000x2500 мм.

Для резания механически труднообрабатываемых сплавов на основе Ni, Ti, Fe во ФГУП «САЛЮТ» внедрен универсальный роботизированный комплекс лазерной обработки, изготовленный на предприятии, на основе волоконного лазера JRG и промышленного технологического робота ABB. Экспериментальные исследования по лазерной резке применяемых в производстве материалов выполняли с использованием излучения волоконного лазера модели YLS-1000. В качестве образцов служили листовые заготовки из жаропрочных хромоникелевых сплавов ЭП708 и ЭП718, титанового сплава BT20 и коррозионно-стойкой стали 12X18H9T. Обработку проводили с подачей в зону реза струи инертного газа аргона. Исходное состояние образцов соответствовало состоянию поставки, толщина листа от 0,8 до 3,0 мм. Оптимальные скорости лазерной резки представлены в таблице.

Материал	ЭП708		ЭП718		BT20		12X18H9T
Толщина, мм	0,8	3,0	0,8	3,0	1,2	2,0	1,8
Скорость, мм/с	50	7,0	50	7,0	30	25	20

Рабочие лопатки авиационного двигателя ФГУП «САЛЮТ» относятся к особо ответственным элементам конструкции. При изготовлении керамических стержней для отливки лопаток на отдельных их элементах (по линии разъема пресс-формы) остается облой, который необходимо удалить. Пяти координатный лазерный станок для финишной доводки керамических стержней не только обрабатывает стержни, но и производит бесконтактный контроль геометрии и размеров элементов стержней с целью повышения качества и надежности охлаждаемых рабочих лопаток различных изделий. Использование вентильных двигателей, цифровых приводов и высокоточной механики, позволило

добиться точности позиционирования: 1 мкм при максимальной скорости перемещения до 50 мм/сек. Лазерный станок оснащен современным лазером с выходной мощностью до 150 Вт, и изменяемой формой выходного импульса.

В ИМАШ РАН разработан и изготовлен опытный образец оборудования для выращивания монокристаллических волокон (МКВ) оксида алюминия с использованием лазерного нагрева питателя и контроля процесса выращивания. Из-за своих физических свойств и волнопроводящей способности МКВ применимы в широком круге оптических приборов. Например, такие волокна могут быть использованы в лазерах или в качестве датчиков в оборудовании, подверженном высоким температурам или коррозии, где традиционные сенсорные волокна не работают. В медицинской области они могут быть использованы в качестве проводников для передачи излучения к микроразнонам. Сапфировое кристаллическое волокно (Al_2O_3) весьма полезно в этой области благодаря однородности физических свойств. Особенно ценно то, что оно имеет высокую температуру плавления, практически нерастворимо в воде, способно передавать излучение волн широкого диапазона 300...4000 нанометров и имеет высокое сопротивление любым химическим воздействиям. Известна установка для выращивания сапфировых волокон в Стэнфордском Университете. Она включает трансформацию первичного генерированного лазерного луча, имеющего обычный гауссовский профиль распределения интенсивности излучения по поперечному сечению, в лазерный луч с кольцевым профилем распределения интенсивности. Этот лазерный луч фокусируют на кончике твердого питающего материала, получая расплавленный питающий материал. Затравка подается в этот расплавленный питающий материал и вступает с ним в контакт. Когда затравка соединится с расплавленным питающим материалом, ее удаляют из расплава так, что расплавленный материал вытягивается в виде кристаллического волокна. Производство кристаллических волокон на этой установке осуществляется на воздухе при обычном атмосферном давлении [1,2]. Для повышения качества сапфировых волокон в разработанном нами оборудовании выращивание МКВ производится в вакуумной камере в среде инертного газа, гелия. Диаметр питателя может составлять 300...800 мкм, а получаемое сапфировое волокно 100...200 мкм.

Волокна применяются при изготовлении композиционных материалов. Прочность композиционных (волоконистых) материалов определяется свойствами волокон; матрица в основном должна перераспределять напряжения между армирующими элементами. Поэтому прочность и модуль упругости волокон должны быть значительно больше, чем прочность и модуль упругости матрицы. Жесткие армирующие волокна воспринимают напряжения, возникающие в композиции при нагружении, придают ей прочность и жесткость в направлении ориентации волокон. Применение волокон оксидов алюминия и других позволит выйти на новый уровень физико-механических свойств композиционных материалов. Предел прочности волокон оксида алюминия не изменяется до температуры 1600 °С. Применение композиционных материалов обеспечивает новый, качественный скачок в увеличении мощности двигателей, энергетических и транспортных установок, уменьшении массы машин и приборов.

Литература

1. Jundt D.N., Fejer M.M., Byer R.L. Characterization of Crystal fibers for Optical Power Delivery Systems// Applied Physics Department, University, Stanford, California 94305 (Received 11 Aug. 1989; accepted for publication 18 Sep. 1989).
2. Jundt D.N. et al. Characterization of single-crystal sapphire fibers for optical power delivery systems//Appl. Phys. Lett. 55(21) 20 Nov. 1989.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА КОМПОЗИТОВ

TECHNOLOGICAL MECHANICS OF COMPOSITE

С.Т.Милейко – д.т.н., проф.

Институт физики твёрдого тела РАН, г. Черноголовка Московской обл.

Abstract. The technological mechanics of metal-matrix composite materials for high-temperature application is developed for composite structure optimization.

Зарождение научного направления *Технологическая механика композитов* относится к началу 70-х годов прошлого века, когда возникла потребность построения структур композитных материалов и конструкций из разнообразных компонентов, уже разработанных и подлежащих разработке. В настоящее время это направление можно считать развивающимся разделом механики деформируемого твердого тела.

В докладе кратко обсуждаются некоторые задачи технологической механики применительно к композитам с металлической и керамической матрицами:

1. Прочность при растяжении и сжатии, трещиностойкость композитов типа «хрупкое волокно – металл». Выход на технологию получения бороалюминиевых элементов конструкций.

2. Ползучесть композитов вида «хрупкое волокно – металл». Выход на технологию получения элементов конструкций типа турбинной лопатки.

3. Распространение и торможение трещины в композитах типа «хрупкое-хрупкое». Технология композитов керамика-керамика и интерметаллид-оксид с квази-пластическим типом поведения.

НЕЛИНЕЙНЫЕ ВИБРАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ В СИСТЕМАХ С МАЯТНИКОМ

NONLINEAR VIBRATIONAL EFFECTS IN PENDULUM SYSTEMS

Г.Я. Пановко – д.т.н., проф.

Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН

Abstract. The report examines some of the nonlinear dynamic effects that occur in mechanical systems with attached pendulums - unbalanced rotors. The analysis of these systems is connected with the study of dynamic stability of the new equilibrium positions under vibration, dynamic stability of vertical position of flexible rods and filaments subjected to gravity.

Рассматриваются некоторые нелинейные вибрационные эффекты, которые возникают в механических системах, содержащих шарнирно закрепленные маятники - несбалансированные роторы. Для систем, которые могут быть представлены в виде схемы, приведенной на рис. 1, возбуждение колебаний осуществляется, например, за счет действия внешнего момента $M(\dot{\varphi})$, приложенного к маятнику с массой m_d (верхний маятник на рис. 1), или за счет действия внешнего периодического воздействия $P(\omega t)$, приложенного к твердому телу.

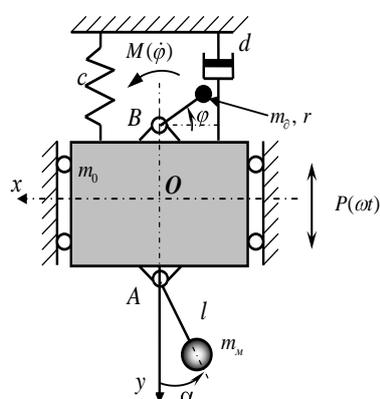


Рис. 1. Схема системы

Уравнения движения системы имеет следующий вид:

$$m_0 \ddot{y} + d \dot{y} + cy = P(\omega t) + m_d r (\ddot{\varphi} \sin \varphi + \dot{\varphi}^2 \cos \varphi) m_m l (\ddot{\alpha} \sin \alpha + \dot{\alpha}^2 \cos \alpha);$$

$$J_d \ddot{\varphi} + d_d \dot{\varphi} - m_d r (\ddot{y} - g) \sin \varphi = M(\dot{\varphi}),$$

$$J_m \ddot{\alpha} + d_m \dot{\alpha} - m_m l (\ddot{y} - g) \sin \alpha = 0;$$

где J_d, J_m, d_d, d_m - моменты инерции и приведенные коэффициенты вязкого трения в шарнирах верхнего и нижнего маятника, соответственно; остальные обозначения

соответствуют, приведенным на рис. 1.

К первому случаю сводятся задача вибрационного поддержания вращения одного из маятников при заданном вращении другого маятника и задача самосинхронизации двух вращающихся маятников. Во втором случае при неподвижном одном из маятников (например, маятника с массой m_d) рассматривается задача о вынужденных колебаниях в автопараметрических системах.

Обсуждаемые модели и явления непосредственным образом связаны с задачами динамической устойчивости новых положений равновесия под действием вибрации (например, верхнего положения свободного маятника), динамической стабилизации вертикального положения нитей и гибких стержней, находящихся в поле сил тяжести, динамического гашения колебаний в автопараметрических системах.

Литература

1. Гуськов А.М., Пановко Г.Я. Вибрационная стабилизация вертикальной оси гибкого стержня. Проблемы машиностроения и надежности машин. 2006, №3, с. 13-19.
2. Гуськов А.М., Пановко Г.Я., Чан-Ван-Бинь. Гашение колебаний в автопараметрической системе с присоединенным маятником. Машиностроение и инженерное образование. 2008, №2, с. 11-17.

Работа выполнена при поддержке
грантов РФФИ 10-08-00640-а
и 11-08-90434-Укр_ф_а.

БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ КОМПОЗИТНЫХ СТРУКТУР С ПОВЫШЕННОЙ НАДЕЖНОСТЬЮ И ЖИВУЧЕСТЬЮ

BIOMECHANICAL PRINCIPLES FOR DESIGN OF RELIABILITY AND SURVIVABILITY COMPOSITE STRUCTURES

А.Н.Полилов – д.т.н., проф., А.В.Малахов, Н.А.Татусь – к.т.н., В.В.Шабалин – асп.
Институт машиноведения им.А.А.Благонравова РАН

Abstract. Unidirectional fibrous composites, like the straight grained wood have the best longitudinal elastic-strength properties, but the problems of composite element joining can't be solved effectively using "metal" approaches only and the joining zones usually reduce the composite advantages to zero.

Experiences of Nature (for example, the structure of wood around a knot) show the ways of rational design of quasi-unidirectional composites elements and zones of their joining excepting the "effects of cut fibers". For illustration we will show three solved problems being connected with:

1. fiber disorientation for shaped composite elements,
2. fibers trajectories around the hole (knot model),
3. growth of branch and "branch to tree trunk" connection.

Однонаправленные волокнистые композиты (стекло-, угле-, органо-пластики) обладают наилучшими продольными упруго-прочностными свойствами, но проблемы их крепления или изменения формы сечения не могут быть эффективно реализованы с применением традиционных «металлических» подходов, и именно места крепления зачастую сводят на нет все преимущества полимерных композитов. Опыт живой Природы – например, конструкция дерева, структура древесины около сучка и т.п. – подсказывает пути создания рациональных форм деталей из квазиоднонаправленных композитов и мест их крепления, исключая отрицательные «эффекты перерезанных нитей». В качестве иллюстраций приведены решения трех задач:

1. о разориентации волокон в профилированных композитных элементах,
2. о траекториях «обтекания» отверстия волокнами (модель сучка),
3. о росте ветки дерева и о соединении ветки со стволом.

Рессора из композита наиболее полно удовлетворяет эксплуатационным требованиям, если в ней реализована однонаправленная укладка волокон, при которой волокна располагаются вдоль линий наибольших напряжений. Профилирование (рис.1) рессоры позволяет снизить вес и уменьшить число листов (до одного), если при этом удовлетворить условию постоянства площади поперечного сечения, то получится рессора без перерезанных волокон, что очень важно для сохранения прочности.



Рис.1. Профилированная балка-рессора

Интересный результат получается, если сравнивать массы профилированной и прямоугольной балок при одновременном выполнении условий по жесткости и по прочности: любая равнопрочная балка в три раза легче прямоугольной.

Учет влияния разориентации проведен в балочном приближении, он сводится к усреднению модуля упругости по каждому сечению с последующим численным решением задачи о прогибе балки с переменным модулем.

Для анализа несущей способности используются локальные (линейные) критерии прочности для волокон и для границы раздела и нелокальные энергетические критерии расслоения, позволяющие учесть совместное влияние изгибающего и крутящего моментов.

Методом конечных элементов решена задача о **распределении напряжений около отверстия с огибающими его волокнами** (рис.2). В предположении о расположении волокон вдоль траекторий главных растягивающих напряжений получено распределение свойств в «новом» модельном материале. В каждом конечном элементе приходится моделировать не только свои упругие свойства, но и направление оси упругой симметрии. Далее удалось сравнить новое распределение напряжений для модельного материала с локальной прочностью, которая также меняется от точки к точке.

В качестве критерия разрушения на первом этапе рассматривалось просто достижение растягивающими напряжениями вдоль волокон их предела прочности на растяжение. С ростом локального объемного содержания волокон растет локальный модуль упругости и значит – возрастают напряжения. Но и локальная прочность, естественно, растет с ростом объемной доли волокон в данной точке. Важно было выяснить: дает перераспределение волокон положительный эффект на несущую способность и какова количественная оценка этого эффекта.

Сравнение напряжений вдоль волокон с их прочностью показывает, что в оптимально уложенной структуре прочность соединения снижается всего на 20%, а не в 3-5 раз как в однородной анизотропной пластине с отверстием, то есть – в принципе – можно создать практически «равнопрочное» соединение за счет криволинейной укладки волокон.

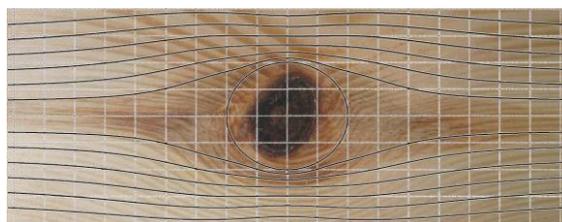


Рис.2. Линии наибольших главных напряжений, совпадающие с траекториями древесных волокон около сучка

Задача о росте ветви дерева (рис.3) по условию равнопрочности позволяет подойти к проблеме создания композитных структур сложной, разветвленной формы. Разработана программа для моделирования процесса врастания сучка в ствол, при помощи которой возможно определить оптимальные траектории волокон для обеспечения наибольшей прочности соединения.

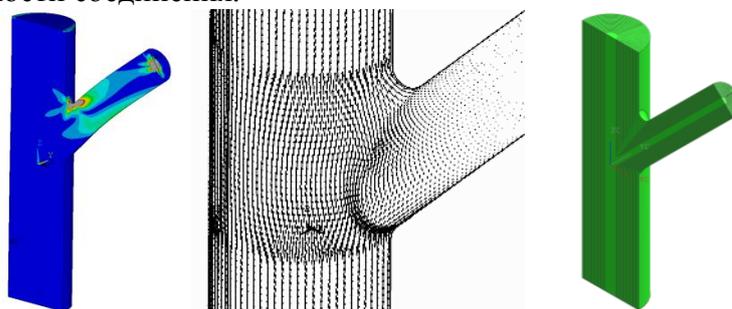


Рис.3. Примеры «выращивания» ветки из ствола

Литература

1. Полилов А.Н., Татусь Н.А. Критерии прочности полимерных волокнистых композитов, описывающие некоторые экспериментально наблюдаемые эффекты//Проблемы машиностроения и автоматизации. 2008, №3, с. 103-110.
2. Полилов А.Н., Татусь Н.А. Оптимальное проектирование композитных структур по условиям «равнопрочности»//Труды Всероссийского съезда по теоретической и прикладной механике, 2006, том 3, стр. 175.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЖЕННОСТИ И ДЕФЕКТНОСТИ
ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ МИНИМИЗАЦИИ
РАСХОЖДЕНИЯ МЕЖДУ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМИ
И РАСЧЁТНЫМИ ДАННЫМИ**

*STRUCTURAL ELEMENTS STRESS-STRAIN STATE AND IMPERFECTION
DETERMINATION BY MEANS OF MINIMIZATION OF THE DIVERGENCE
BETWEEN EXPERIMENTAL AND CALCULATION DATA*

И.А.Разумовский – д.т.н., зав. лаб., А.С. Чернятин – асп.

Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН

Abstract. Method for determining of stress-strain state parameters and defectiveness proposed which is based on estimation of compliance between the data sets obtained experimentally and the results of numerical calculations of the boundary problems in formulation of which all distinctive features of area geometry, character of the loads being considered and deformation characteristics of materials are taken into account.

Изложен экспериментально-расчётный метод определения различных параметров напряжённо-деформированного состояния (НДС) натуральных объектов: нагрузок, остаточных напряжений, дефектности, параметров механики разрушения на основе обработки экспериментальных данных, зарегистрированных оптико-интерференционными методами. В отличие от традиционных методов разработанный подход не имеет принципиальных ограничений на типы распределения искомых параметров, а также геометрию и механические характеристики исследуемой зоны. Он базируется на определении указанных характеристик рассматриваемой области конструкции на основе минимизации «общего» расхождения между экспериментальными данными, и результатами численных расчётов соответствующих модельных задач. Метод основан на расчёте искомых параметров P_j из условия минимума целевой функции (I), комплексно отражающей отклонения численно рассчитанных данных полей деформационных откликов (e_i) от соответствующих им массивов экспериментальных данных (e_i^*).

Реализация предложенной методики осуществлена в разработанном «гибком» программном комплексе, включающем следующие основные программы с графическим интерфейсом (в среде MATLAB).

1. Программу формирования массива экспериментальных данных (e_i^*), позволяющую на фоне экспериментально полученных картин полей деформационных откликов интерактивно указывать *точки измерений* и значения откликов в них.

2. Программу решения прямой задачи, заключающейся в расчёте величин деформационных откликов e_i в назначенных *точках измерений* при произвольно заданных значениях параметров P_j с использованием МКЭ. Для этих целей в среде ANSYS была разработана универсальная модель исследуемой области конструкций в виде призматического тела, в границах которого предусмотрено встраивание отверстий и трещин, а также задание реальных свойств материала. Модель реализована в виде параметрического макроса (на языке APDL) с практически неограниченным количеством настроек. На её основе производится расчёт деформационных полей, возникающих в результате непосредственного нагружения области или другого воздействия (например, высверливания отверстия) на уже нагруженную область.

3. Программу решения обратной задачи (определения параметров P_j) на основе интерпретации экспериментальных данных e_i^* . Согласно разработанной методике обратная задача сводится задаче минимизации целевой функции $I(e_i, e_i^*)$, характеризующей комплексное расхождение между массивами экспериментальных данных (e_i^*) и их расчётных значений (e_i).

В качестве целевых функций могут быть приняты среднеквадратическое и максимальное отклонения, а также функции специального вида. В упругой постановке (при сравнении e_i и e_i^* во множестве точек измерений) задачу минимизации можно считать безусловной, а в качестве основных методов её решения можно принять метод симплекс-элементов (деформированного многогранника) и метод Ньютона. Так как решение обратной задачи строится на прямом расчёте физической модели, то, в итоге, можно «подобрать» решение (P_j), при котором e_i будут наилучшим образом согласовываться с экспериментальными данными e_i^* . Помимо решения задачи минимизации программа позволяет производить оценку влияния разбросов различных факторов на её решение.

Указанные управляющие программы и макросы образуют единый *вычислительный комплекс*, обеспечивающий решение прикладной задачи от этапа формирования экспериментальных данных до исследования устойчивости полученного решения и проверки его адекватности. Ядром *вычислительного комплекса* является алгоритм автоматического совместного непрерывного обмена данными между двумя программными комплексами ANSYS и MATLAB, пригодный для решения любых задач МКЭ. При этом ПК MATLAB реализует различные математические алгоритмы и обработку данных (включая решение обратной задачи и т.д.), а находящийся у него в «подчинении» ПК ANSYS, моделирует основную краевую задачу. Принятая структура *вычислительного комплекса* позволяет полностью автоматизировать решение поставленных задач, консолидировав управление различных элементов под «руководством» управляющих программ, а также обеспечивает его универсальность.

Эффективность предложенного методического подхода и вычислительного комплекса демонстрируется на примерах решения следующих задач.

1. Оценка нагруженности тонкостенных элементов, в том числе со сквозными трещинами.

2. Оценка нагруженности массивных областей конструкций с поверхностными трещинами.

3. Комплексный анализ областей с поверхностными трещинами, заключающийся в одновременном определении нагруженности области и глубины трещины, что обеспечивает возможность уточнённой оценки трещиностойкости.

4. Исследования высокоградиентных разрывных полей остаточных напряжений в кусочно-однородных материалах способом сверления отверстия.

Для всех указанных задач установлены влияние типа, объёма, погрешности экспериментальных данных и условий расчёта на точность определения параметров нагруженности, на основании чего сделаны рекомендации по практическому применению указанных методик.

Дальнейшее развитие метода (и соответствующее расширение возможностей программного комплекса), в первую очередь, предусматривает разработку методик:

- определения параметров нагруженности натуральных конструкций при наличии пластических деформаций, что обеспечивается возможностью учёта реальных свойств материалов на основе МКЭ;

- определения деформационных характеристик материалов (необходимые доработки практически сводятся лишь к смене параметров поиска);

- изучения изменения (деградации) свойств материалов конструкций в процессе их эксплуатации, в том числе и при отсутствии данных о нагруженности объекта;

- оценки наличия и размеров внутренних дефектов в конструкциях;

- анализа пространственно неоднородных полей остаточных напряжений;

- оценки напряжений на поверхности конструкций на основе обработки данных деформационных откликов, обусловленных вдавливанием сферического индентора.

СЕКЦИЯ 1.
Проблемы техногенной
безопасности

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ГТД ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

GTE COMPONENTS LOAD-CARRYING CAPACITY EVALUATION UNDER CYCLIC LOADING

Х.Х. Азметов - к.т.н., начальник сектора
ЦИАМ им. П.И.Баранова

Abstract. Load-carrying capacity improvement on the basis of mathematical simulation of cyclic loading and low cycle fatigue lifetime estimation is actual for high-stressed structures, gas-turbine engines etc which operate under cyclic loading. On the basis of models of cyclic elastoplastic deformation behavior of structural material and low cycle fatigue lifetime estimation a mathematical simulation FEM system of load-carrying capacity evaluation of structure under cyclic loading is developed. Examples of solution of test problems and real structures are given. They shown good agreement

Развитие промышленности и техники, сопровождающееся ростом мощностей и ужесточением условий эксплуатации машин и конструкций, постоянно ставит новые задачи перед инженерами и исследователями. Традиционные расчеты на статическую и длительную прочность оказались явно недостаточными, прежде всего для определения несущей способности проектируемых машин и конструкций. Наиболее остро эти проблемы проявляются в авиации и энергомашиностроении, так как детали авиационных двигателей и энергетических установок подвергаются экстремальным переменным нагрузкам (температура, давление, инерционные силы и др.), при этом они должны удовлетворять жестким требованиям по надежности и ресурсу. Кроме того, в авиационной технике накладывается условие минимума веса, что заставляет проектировщиков максимально использовать возможности конструкционных материалов.

Переменность нагрузок, действующих на конструкцию, приводит к циклическим деформациям материала деталей конструкций, а в зонах концентрации напряжений (отверстиях, галтелях, выточках, сварных швах, шпоночных и шлицевых соединениях, технологических дефектов и дефектов материала, включений, неоднородностей и т.п.) может вести к знакопеременному упругопластическому деформированию. Это приводит к ускоренному разрушению материала в этих зонах, известному как явление малоциклового усталости. Основными факторами, вызывающими разрушение, являются высокие циклические напряжения и деформации материала детали, который работает в условиях знакопеременного нагружения по циклу, близкому к жесткому.

Таким образом, уточнение несущей способности конструкций на основе математического моделирования циклического деформирования и оценки ресурса малоциклового усталости актуально для высоконагруженных машин и установок энергетического машиностроения, авиационных двигателей и других конструкций, работающих при циклическом нагружении. Отметим, что в ряде случаев процесс нагружения в зонах концентрации напряжений близок к простому при условии, что действующие силы и температуры изменяются синхронно, а эффектами ползучести можно пренебречь. Для таких условий в инженерных приложениях возможно применение теории малых упругопластических деформаций, обобщенной на случай циклического нагружения.

На основе модели поведения конструкционного материала при циклическом упругопластическом деформировании и оценки ресурса малоциклового усталости создана система математического моделирования, позволяющая проводить оценку несущей способности конструкций при циклическом нагружении методом конечных элементов. Приведены примеры решения тестовых задач и реальных конструкций, показавшие хорошее соответствие численных результатов с экспериментальными данными.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ

THE ANALYSIS OF EFFICIENCY OF ENGINEERING SOLUTIONS WHICH PROVIDE SAFETY'S INCREASE OF HOME-PRODUCED PASSENGER CARS

Д.Я. Антипин – к.т.н.

ФГБОУ ВПО «Брянский государственный технический университет

Abstract. The method of analysis of engineering solutions' efficiency which increase safety of home-produced passenger cars is developed. The method is based on comparative analysis of results of mathematical modeling of behavior of the rolling stick with passengers in emergency situations. Availability of different engineering tools of safety's increase of passengers' transits is considered.

Разработана методика комплексной оценки безопасности отечественных пассажирских вагонов в аварийных ситуациях. Методика основывается на математическом моделировании аварийных ситуаций с учетом особенностей функционирования конструкций вагонов и поведения пассажиров.

Математическое моделирование аварийной ситуации разбито на три этапа. На первом этапе на основе твердотельных и гибридных динамических моделей оцениваются усилия взаимодействия вагонов с препятствиями и между собой. На втором этапе на основе полученных усилий и разработанных детализированных конечноэлементных моделей оценивается степень деформаций кузова вагона в аварийных ситуациях.

На третьем этапе оцениваются уровни динамических воздействий на пассажира с использованием антропометрических математических моделей человека.

Предложенная методика отработана на примерах моделирования аварийных ситуаций, связанных со столкновением пассажирского подвижного состава на железнодорожном автомобильном переезде и крушением поезда на стрелочном переводе.

В качестве объекта исследования рассматривался сцеп из локомотива ЧС-7, движущегося в режиме тяги, и четырех пассажирских вагонов модели 61-4440.

Формирование и расчет динамической модели производился в среде отечественного программного комплекса моделирования динамики систем тел «Универсальный механизм».

Динамическая модель сцепа представляет собой совокупность подсистем: «динамическая модель локомотива», «динамическая модель пассажирского вагона», «автосцепное устройство».

При анализе деформированного состояния кузова вагона использовались упруго-пластические динамические конечноэлементные модели.

При анализе взаимодействия пассажиров с элементами кузова вагона использовались детализированные конечноэлементные модели физического манекена Dummy Hybrid III.

Результаты моделирования аварийных ситуаций показали удовлетворительное совпадение с данными о последствиях реальных аварий, что позволяет сделать вывод о возможности применения разработанной методики для анализа безопасности отечественных пассажирских вагонов.

АНАЛИЗ КРИТЕРИЕВ БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕЛОВЕКА ПРИ УДАРНОМ ДИНАМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

THE ANALYSIS OF CRITERIA OF SAFETY OF THE PERSON AT SHOCK DYNAMIC INFLUENCE

М.А. Булычев - к.т.н. доц.,

Брянский государственный технический университет

Abstract. In work some criteria of an estimation of damages of the person - the passenger and feature of their application are considered. The criteria of damages applied abroad and in Russia are considered. Numerical experiments in a program complex "Universal mechanism" are made.

Оценка безопасности человека при ударном динамическом воздействии в различных аварийных ситуациях необходима для всех видов транспорта.

В зарубежной практике при оценке последствий аварийных ситуаций используется система Ассоциации высокоскоростного наземного транспорта (NHSGTA).

Основными критериями данной системы являются[1]: критерий повреждений головы (НГС); критерий повреждений шеи (Nij); критерий повреждений грудной клетки (СТГ); критерий повреждений нижних конечностей (Lower EXT. Criteria).

Наиболее важным из критериев можно назвать критерий повреждений головы (НГС). Критерий НГС может рассчитываться для любой оси тела человека. При большой степени загруженности двух и более осей значений суммируются в векторной форме.

В Российской Федерации оценка уровня безопасности автомобильных транспортных средств, проводится по рассмотренной системе и с применением американских эталонных биомоделей человека HYBRID III, TRON и т.д.

Основной отраслью в России, в которой проводились многочисленные биомеханические исследования, является аэрокосмическая промышленность. Разработка систем аварийного спасения операторов и пилотов различных видов воздушных судов велась очень интенсивно. Наиболее качественно и подробно рассмотрен отечественный подход к оценке динамических ударных воздействий в работах д.т.н. Рабиновича Б.А.[2].

Критериями оценки в отечественной системе являются: критерий перегрузки по трем осям тела человека; доза перегрузки; скорость нарастания перегрузки.

Скорость нарастания, т. е. третью производную пути по времени, обозначаемую для ускорений в метрах в секунду в кубе (m/c^3), а для перегрузок - единицей в секунду ($1/c$). В зависимости от скорости нарастания перегрузка может быть плавно увеличивающейся или резко возрастающей (ударной). Скорость нарастания перегрузок определяется путем деления максимальной величины перегрузки на время ее достижения.

Проведен сравнительный анализ критериев на основе численного эксперимента с использованием математических биоманекенов в программном комплексе "Универсальный механизм". Результат показал возможность использования этих систем критериев. В системе NHSGTA критерии имеют четко ограниченные допускаемые значения параметров. Вторая система не обладает такими явно выраженными величинами. В этой системе для определения повреждений необходимо сравнивать полученные значения критериев с экспериментальными данными натуральных испытаний. При доработке нормативов допускаемых значений критериев вторая система более показательна.

Литература

1. Safety of High Speed Guided Ground of Transportation /1993, U. S. Department of Transportation, Office of Research and Development, Washington, DC 20590, Volume 1,2,3.
2. Рабинович, Б.А., Безопасность человека при ускорениях (Биомеханический анализ).М.:2007.-208с.

НОВЕЙШАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЖАРОТУШЕНИЯ NOVEL TECHNOLOGY FIRE FIGHTING

А.А.Бекаев¹ – доц., к.т.н., М.В. Кузьмин² – студ., А.В.Тельшев²

¹ МГТУ «МАМИ», МОСКВА;

² МОУ ЛИКИНО-ДУЛЕВСКАЯ ГИМНАЗИЯ

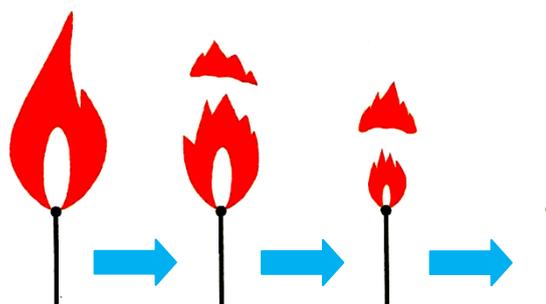
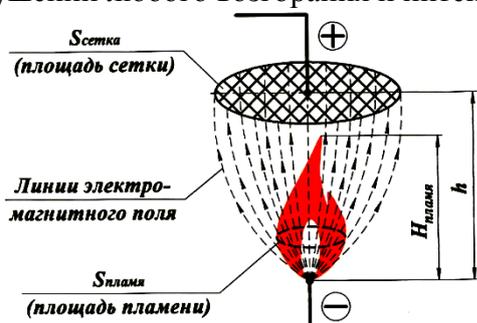
Abstract. Abnormally hot weather of 2010 summer caused large-scale emergency fire hazard in Russian Federation (30 regions and 600 districts of the country). Due to the scale of disaster, the emergency services involved in fire fighting could not take the situation under control for a long time.

The paper presents a unique technique (and a device to realize it) for fire fighting, based on the suppression of fire of any intensity with a help of constant-magnetic field. Application of new technology will allow rapid, reliable and effective way of fire-extinguishing without any flame-extinguishing substances (water, sand, powder, carbon dioxide, etc.). Also, the proposed method creates an "electrical protection" to prevent the ignition of important objects (civil and military buildings, etc.).

For experimental studies the laboratory electroflame facility was developed and tested.

Недавние события, связанные с аномально жаркой погодой лета 2010 года, привели к возникновению масштабной чрезвычайной пожароопасной ситуации на территории нашей страны (более чем в 30 субъектах и 600 районах РФ), а задействованные основные силы и средства МЧС и пожарной службы охраны, из-за огромных территорий, охваченных стихийным бедствием, долгое время не могли взять полный контроль над ситуацией.

В настоящей работе предлагается к реализации на практике новый, не имеющий аналогов в мире, способ (и устройство его реализующее) борьбы с огнем, основанный на тушении любого возгорания и интенсивности с помощью постоянного магнитного поля.



Применение новой технологии пожаротушения позволит быстро, надежно и эффективно тушить любой пожар без использования каких-либо пламегасящих веществ (вода, песок, порошок, углекислота и др.), а также создавать “электрозащиту” для предотвращения возгораний важнейших объектов (дома, объекты городского назначения и пр.).

Для проведения экспериментальных исследований была создана лабораторная электроогневая установка, на которой был апробирован принцип ее действия и сняты рабочие характеристики. Полученные результаты исследований докладывались на первом Международном молодежном промышленном форуме «Инженеры будущего – 2011», 61-ой открытой студенческой научно-технической конференции в МГТУ «МАМИ», Всероссийской олимпиаде школьников «Шаг в будущее» и VI-ой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов «Будущее машиностроения России» в МГТУ им. Н.Э. Баумана.

В настоящее время подана заявка на изобретение нового способа электропожаротушения с устройством его реализации.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЦЕНАРИЕВ РАЗРУШЕНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ МАЧТЫ

NUMERICAL MODELING FOR TELECOMMUNICATION MAST SCENARIOS DESTRUCTION

Ю.Ф.Буйницкая - инженер
СКТБ «Наука» КНЦ СО РАН

Abstract. On the example of telecommunications masts of the method of analysis of deformation of the bearing structure of the rod-type is considered at destruction of its separate structural elements and researches of scenarios of its consecutive destruction.

Несущие конструкции мачтового типа широко используются для размещения технологического оборудования телерадиовещания, сотовой и спутниковой связи. В силу того, что эти конструкции на протяжении срока своей службы могут подвергаться запроектным воздействиям природно-климатического и техногенного происхождения, к наиболее ответственному из них целесообразно предъявлять дополнительное, не регламентированное нормами проектирования, требования: конструкция не должна терять несущую способность после разрушения любого из ее структурных элементов. Обеспечение этого требования требует развития и накопления опыта применения методик численного исследования деформирования частично поврежденных конструкций.

В настоящей работе рассматривается телекоммуникационная мачта высотой 12 м, состоящая из трех секций, каждая высотой 3 м. В условиях воздействия ветровой нагрузки VII ветрового района и землетрясения силой 9 баллов рассматриваются различные варианты развития разрушения мачты (рис. 1). При этом в качестве первоначального повреждения, инициирующего эти различные варианты, рассматриваются разрушения раскосов 1 или 2, связывающих мачту с каркасом телекоммуникационного контейнера.

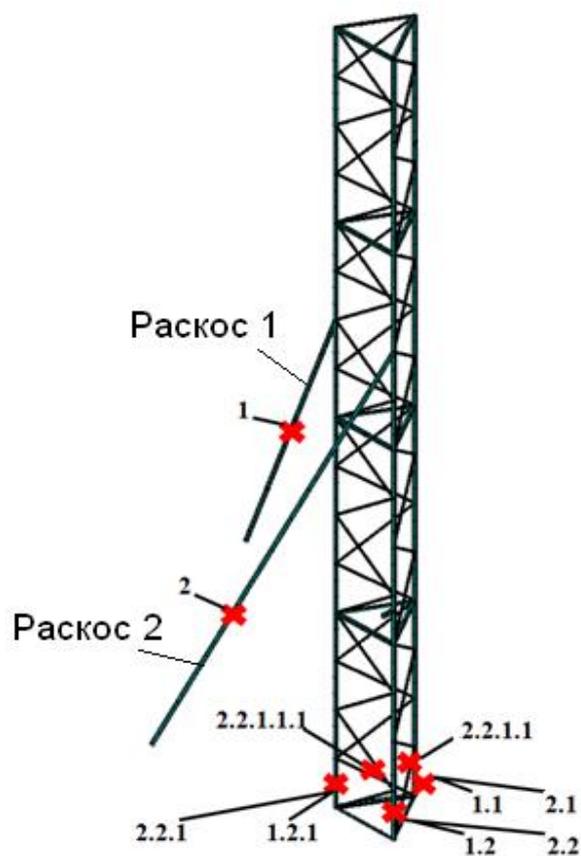


Рис.1. – Повреждаемые элементы мачты

Рис. 1 иллюстрирует следующие сценарии задач, по которым происходит разрушение элементов мачты:

1 – разрушен 1 раскос; 1.1 – разрушен 1 раскос и сжатая стойка; 1.2 – разрушен 1 раскос и одна из растянутых стоек; 1.2.1 – разрушен 1 раскос и обе растянутые стойки;

2 – разрушен 2 раскос; 2.1 – разрушены 2 раскос и сжатая стойка; 2.2 – разрушены 2 раскос и одна из растянутых стоек; 2.2.1 – разрушены 2 раскос и обе растянутые стойки; 2.2.1.1 – разрушены 2 раскос, обе растянутые стойки и один элемент решетки; 2.2.1.1.1 – разрушены 2 раскос, обе растянутые стойки и два элемента решетки.

Указанные сценарии построены моделированием развития «вглубь» аварийной ситуации до полной потери мачтой несущей способности.

Выполненное исследование подтвердило возможность сохранения мачтой несущей способности при единичном разрушении основных ее структурных элементов.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В ТРУБНЫХ
СТАЛЯХ С РАЗЛИЧНЫМИ ЗНАЧЕНИЯМИ СОБСТВЕННОЙ
АКУСТИЧЕСКОЙ АНИЗОТРОПИИ**
*DEFINITION OF MECHANICAL STRESS IN PIPE STEELS WITH DIFFERENT
VALUES OWN ACOUSTIC ANISOTROPY*

С.В. Казачек – м.н.с.

Нижегородский филиал Учреждения Российской Академии наук
Института машиноведения им. А.А. Благонравова РАН

Abstract. The experimental results showed that realization of acoustic-mechanical tests of samples cut along the pipe axis (the direction of material's rolling) is sufficient to determine the stresses in the pipe steels with an intrinsic acoustic anisotropy less than 1.5%. For steel with value of natural acoustic anisotropy more than 3% it is necessary to test the samples cut along and across the specified direction. The refined algorithms that take into account the difference between the values of acoustic-elastic coefficients for the stresses acting along and across the direction of rolling of pipe steel should be used for calculating, by the results of precise ultrasonic measurements, stresses in the pipes which are made from highly anisotropic steels.

Рассмотрены методы экспериментальной механики для определения механических напряжений. Собственные экспериментальные измерения проведены методом акустоупругости, обладающим определенными преимуществами при определении напряжений по отношению к другим методам неразрушающего контроля: высокая проникающая способность ультразвуковых колебаний в упругом теле, благодаря чему возможно измерение усредненных по объему прозвучивания как одноосных, так и двухосных напряжений растяжения-сжатия; снятие/установка датчиков на время проведения технологических работ; для слабоанизотропных материалов возможно определение напряжений в уже нагруженной конструкции, при неизвестных значениях «начальных» акустических параметров, соответствующих ненапряженному материалу.

Здесь представлены результаты экспериментального определения величин коэффициентов упругоакустической связи (КУАС) трубных сталей 17Г1С, 09Г1ФБ и Х70 с различными значениями собственной акустической анизотропии, определяемой анизотропией упругих свойств материала. Образцы вырезаны из труб большого диаметра вдоль и поперек направления проката (оси трубы). Указанные коэффициенты связывают величины акустических параметров с величинами двухосных механических напряжений в стенке трубы.

В результате измерения значений собственной акустической анизотропии a_0 различных трубных сталей выявлено, что с ростом ее значения растет разброс. Величина разброса 0,3 - 0,4% в пересчете на механические напряжения может соответствовать пределу текучести материала, что в свою очередь приводит к ошибкам при измерении в режиме «безнулевой акустической тензометрии». При измерении в режиме «акустической тензометрии» разброс значений a_0 не оказывает влияния на точность при условии измерения в одной точке.

Результаты акустомеханических испытаний показали, что для определения напряжений в трубных сталях со значением собственной акустической анизотропии менее 1,5% достаточно испытания, по крайней мере, одного образца. Для сталей со значением собственной акустической анизотропии более 1,5-2% необходимо провести испытания как минимум двух образцов, вырезанных вдоль и поперек направления проката материала. При расчете напряжений в трубах по результатам прецизионных ультразвуковых измерений следует использовать уточненные алгоритмы, учитывающие разницу величин КУАС для напряжений, действующих вдоль и поперек проката трубной стали.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОПУСТИМЫХ ПЕРЕГРУЗОК ТРАНСПОРТНОГО КОНТЕЙНЕРА ДЛЯ ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

USE OF FINITE ELEMENTS METHOD TO DETERMINE PERMISSIBLE OVERLOADS OF TRANSPORT CASK FOR SPENT NUCLEAR FUEL

А.И. Ивашкин – инженер-конструктор
ООО Научно-производственная фирма «Сосны»

Abstract. During design of transport package there are conditions imposing restrictions on structural solidity of parts exist. Determination of ultimate strength is performed during the loading of transport package by inertial loadings that provide overload in the range from 100g to 2400g. The ultimate load for the indicated package is a level equal to 1900g.

Отработавшее ядерное топливо является очень опасным веществом, поскольку воздействие малого количества отработавшего ядерного топлива в течение небольшого промежутка времени способно причинить непоправимый вред и даже убить любое живое существо, в том числе и человека. Перевозка таких веществ осуществляется в специальных контейнерах, обеспечивающих как ядерную и радиационную безопасность окружающих от содержимого транспортного контейнера, так и механическую защиту содержимого от внешних воздействий. Проектирование транспортных контейнеров такого вида является сложной и ответственной задачей и при этом существует ряд требований, относящихся и к прочностным свойствам конструкции. Для оценки прочности вновь разрабатываемых или существующих контейнеров проблематично выполнять натурные испытания из-за больших временных и материальных затрат. Для выполнения подобных расчетов широко используются численные методы.

В данной работе решается задача определения предельно-допустимых внешних нагрузок, под воздействием которых транспортный контейнер сохраняет свою целостность. Целостность контейнера сохраняется в следующих случаях:

- напряжения в транспортном контейнере не превышают предел кратковременной прочности для соответствующих деталей;
- относительные пластические деформации не превышают уровень 1,5 %.

Задача решается в статической постановке с целью последующей интерполяции полученных данных в динамическую постановку задачи, применяя коэффициент динамического упрочнения.

Упрощенная геометрическая модель транспортного контейнера представляет собой полый толстостенный цилиндр с двумя крышками, расположенными с торцов цилиндра и зафиксированными на теле цилиндра 32 болтовыми соединениями. Конечно-элементная модель состоит из 11532 твердотельных элементов и 52218 узлов. Свойства материалов, использованных при выполнении расчета, описываются билинейной моделью.

Нагружение транспортного контейнера моделировалось следующим образом. В начальный момент времени транспортный контейнер опирался на неподвижную плоскость. В следующий момент времени ко всем телам системы были приложены инерционные силы посредством постоянно действующего ускорения. Исследование выполнялось для дискретных значений ускорений, соответствующих перегрузкам в интервале от 100g до 2400g. В каждом напряженно-деформированном состоянии контейнера фиксировались реализующиеся в нем напряжения, относительная и абсолютная деформация.

Вывод. При перегрузке 1900g в контейнере возникают относительные пластические деформации, превышающие уровень 1,5 %. Напряжения, возникающие в контейнере, не превышают предел кратковременной прочности для соответствующих деталей.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СПЕЦИАЛЬНЫХ ДОМКРАТОВ, ТРЕБУЕМЫХ ДЛЯ КОРРЕКЦИИ ПОЛОЖЕНИЯ ОСИ ФИГУРЫ ГЛАВНОГО МОНУМЕНТА НА МАМАЕВОВОМ КУРГАНЕ В ГОРОДЕ ВОЛГОГРАДЕ

THE DETERMINATION OF THE FEATURES OF SPECIAL JACKS ESSENTIAL FOR THE CORRECTION OF THE POSITION OF THE FIGURE'S AXIS OF THE MAIN MONUMENT ON THE MAMAYEV HILL IN VOLGOGRAD

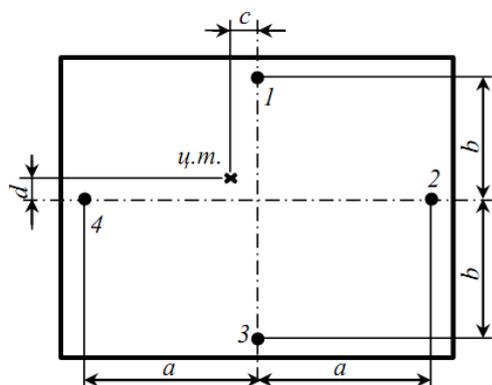
В.С.Коробкин, М.В.Кузьмина - бакалавры, Н.М. Зотов – доц.
Волгоградский Государственный Технический Университет (ВолгГТУ)

Abstract. In this paper authors calculate the load on each jack intended for the correction of the axis of the monument weighing five thousand tonnes.

Авторы данной работы отмечали, что крен вертикальной оси скульптуры главного монумента на Мамаевом кургане в городе Волгограде может приблизиться к своему предельному значению. Однако задача коррекции ее положения вполне разрешима в наши дни, так как человечество с древних пор решает задачи по подъему и перемещению тяжелых объектов.

В конструкции главного монумента на Мамаевом кургане его автор профессор Н.В.Никитин предусмотрел возможность устранения крена, если он приближается к недопустимой величине. Монумент отделен от фундамента двумя слоями толи и стоит на нем совершенно свободно. На уровне верхней плиты фундамента в стенах оставлены проемы. Для устранения крена сооружения в этих проемах можно установить 4 домкрата.

В данной работе рассчитана нагрузка на каждый домкрат, расположение которых показано на рисунке. Расчеты велись в соответствии с законом Гука при сжатии и при условиях равновесия и совместимости деформации стержней.



Расчетная масса фигуры 6000 т

$a=8800$ мм

$b=9500$ мм

$c=830$ мм

$d=850$ мм

Рис.1. Расположение центра тяжести главного монумента на Мамаевом кургане и схема установки домкратов для исправления положения вертикальной оси

Результаты расчетов показали, что для коррекции положения оси фигуры главного монумента на Мамаевом кургане нужно использовать 4 домкрата, грузоподъемностью 1500 т каждый, при этом их загрузка отличается не более чем на 15%.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ, ВЫБРАСЫВАЕМЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ В ВОЗДУШНЫЙ БАСЕЙН ГОРОДА ВОЛГОГРАДА С ПОСТРОЕНИЕМ КАРТЫ РАССЕИВАНИЯ

THE ANALYSIS OF THE CONCENTRATION OF POLLUTIONS EMITTED BY MOTOR VEHICLES INTO THE AIR OF VOLGOGRAD WITH THE CREATION DISPERSION MAPS

О.А. Кошелева – студ.

Волгоградский Государственный Технический Университет

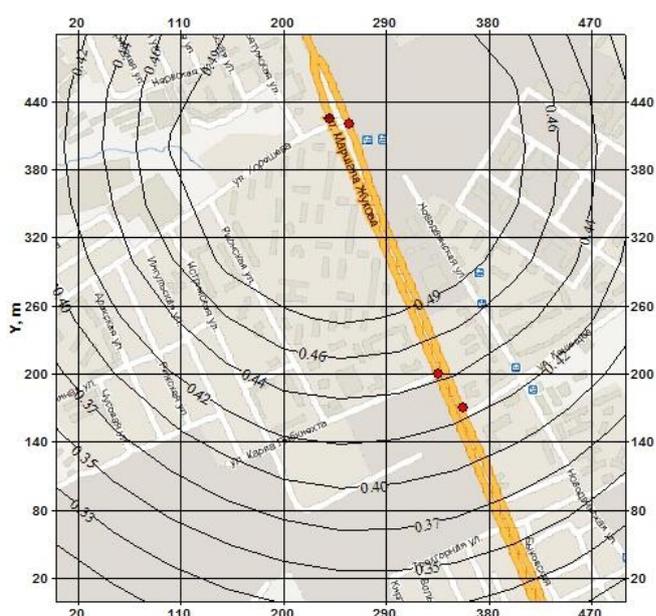
Abstract. In this paper author estimated vehicle pollution in some areas of the road network of Volgograd. Also, according to experimental data the diffusion map of matter, exceeded maximum allowable concentration was created.

В настоящее время происходит непрерывный рост числа автомобилей в современном обществе, а также постоянное увеличение объема грузовых перевозок. На сегодняшний день автомобильный транспорт считается одним из основных источников загрязнения атмосферного воздуха. Экологическая безопасность окружающей среды является на сегодняшний день актуальнейшей проблемой, особенно в условиях столь интенсивной антропогенной нагрузки.

Целью проведенного исследования было выявление концентраций загрязняющих веществ, выбрасываемых автотранспортом в воздушный бассейн города Волгограда. Расчеты проводились с помощью методики ОНД-86 на примере участка одной из городских магистралей с наибольшей транспортной нагрузкой - проспект им. Маршала Жукова. С целью выявления максимальной транспортной нагрузки на данном перегоне исследования проводились в течение рабочей недели в так называемые часы «пик». Расчеты выбросов выполнялись для наиболее распространенных загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу с отработавшими газами: оксид углерода, оксиды азота, углеводороды, диоксид серы, сажа, а также бенз-а-пирен (вещество, являющееся сильнейшим канцерогеном).

В результате расчетов были получены следующие значения: концентрация диоксида азота составляет 0,55 ПДК, концентрация диоксида серы – 0,01 ПДК, оксида углерода – 0,016 ПДК, сажи – 3,3 ПДК, бенз-а-пирена – 0,088 ПДК, углеводородов – 0,06 ПДК. Для наглядности были построены карты рассеивания исследуемых загрязняющих веществ, концентрация которых превышает предельно допустимые.

Таким образом, очевидно, что на исследуемых участках достаточно сильно превышены предельно допустимые концентрации сажи, концентрации остальных вредных веществ полностью соответствуют норме. Можно предположить, что превышение предельно допустимых концентраций сажи вызвано движением достаточно большого количества грузового транспорта и автомобилей с дизельным двигателем на исследуемых участках улично – дорожной сети.



**АНАЛИЗ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ КУЗОВОВ ПАССАЖИРСКИХ
ВАГОНОВ ПРИ АВАРИЙНЫХ ПРОДОЛЬНЫХ СОУДАРЕНИЯХ**
*THE ANALYSIS OF DAMAGING OF PASSENGERS CARS' BODIES
DURING EMERGENCY LONGITUDINAL COLLISIONS*

Д.Ю. Расин – к.т.н.

ФГБОУ ВПО «Брянский государственный технический университет»

Abstract. The analysis of damaging of constructional elements of home-produced passenger car's body during emergency collisions is done. Design concept for deformation reduction by use of antirecovery switch is offered.

Выполнен анализ повреждаемости несущей конструкции кузова отечественного пассажирского вагона при аварийных продольных соударениях со скоростями 20 и 25 км/ч.

Анализ сценариев аварийных соударений, произошедших в России и за рубежом, показал, что наибольшие динамические усилия, действующие на концевую часть кузова, возникают вследствие явления, названного «подскоком вагона при соударении». Это явление заключается в подъеме консольной части вагона при соударении за счет разности уровня оси автосцепок и центра тяжести кузова вагона и обуславливается сжатием рессорного комплекта тележки, ближней к удару, и распрямлением комплекта второй тележки. Аналогичная картина происходит и с соседним вагоном, в результате чего разность высот уровней автосцепок может быть довольно значительной, что может привести к саморасцепу автосцепок нежесткого типа и эффекту наскока вагона на вагон.

С учетом изложенного, разработана динамическая упруго-пластическая конечноэлементная модель взаимодействия вагонов при аварийном соударении со скоростями 20 и 25 км/ч. Модель представляет собой упругую концевую часть кузова вагона-упора, повернутую на соответствующий угол и жестко закрепленную в пространстве по плоскости сечения, и упругий кузов накатываемого вагона (вагона-бойка). Рассматривается взаимоположение вагона-упора и вагона-бойка в момент времени, когда расцепление автосцепок произошло, голова автосцепки вошла в дверной проем, тарели буферных устройств вагона – упора вступают в контакт с вагоном-бойком.

В настоящее время существуют технические решения для того, что бы не допустить взаимного перемещения концевых частей вагонов друг относительно друга, реализованные на железных дорогах Европы. Одно из них – применение противоподъемных устройств, которые позволяют избежать наскока и обеспечивают передачу возникающих динамических усилий от рамы кузова одного вагона к раме другого.

Для проведения сравнительного анализа поведения металлоконструкции кузовов соударяемых вагонов с возникновением подскока и без него была разработана модель соударения пассажирских вагонов, оборудованных противоподъемным устройством. Здесь концевая часть вагона-упора расположена горизонтально, на одном уровне с кузовом вагона-бойка. Для реализации данной схемы соударения конечноэлементные модели кузовов были дополнены моделями автосцепных устройств. На кузов вагона-бойка со стороны удара помещены модели штатных буферных устройств.

По результатам моделирования наибольшие пластические деформации возникают в местах расстановки на раме тяжелого подвагонного оборудования. При этом анализ ускорений на внутреннем и навесном оборудовании показал, что в случае применения противоподъемного устройства их уровень примерно в 2,5 раза больше, чем для схемы взаимодействия кузовов при соударении с подскоком. Это объясняется тем, что энергия несоосного удара поглощается за счет возникновения больших пластических деформаций элементов концевых частей.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО РАЗРУШЕНИЯ В КОНСТРУКЦИЯХ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОДУКТОВ MSC.SOFTWARE

MODERN METHODS OF PROGRESSIVE FAILURE ANALYSIS OF COMPOSITE STRUCTURES USING MSC.SOFTWARE

Л.Л.Фирсов¹ – гл. спец., Р.Р.Гаделев² - асп.,
А.В.Леонов² - асп., А.А.Сафонов³ – к.т.н., с.н.с.

¹ ЗАО «Гражданские самолёты Сухого»

² МГУ им. М.В. Ломоносова

³ ИМАШ РАН

Abstract: The paper is covered problems of progressive failure analysis of composite structures. Several modern approaches of such analysis were reviewed. Computer code were developed to calculate the iterative procedure of progressive analysis which consists of calculating stress and strain distribution, applying failure criteria and ply stiffness degradation model and create an input file for the next iteration. An example shows an application of implemented approach coupled with MSC. Nastran solver for the analysis of tension specimen with open hole.

В работе рассматривается проблема прогрессирующего разрушения конструкции из композиционных материалов (КМ) с глобальным концентратором на примере прямоугольного образца с отверстием с отношением диаметра к ширине образца 1:2.

В работе описан разработанный программный комплекс, который является надстройкой к конечно-элементному пакету MSC.PATRAN/NASTRAN. Программный комплект реализует процедуру анализа прогрессирующего разрушения КМ. Приведён сравнительный анализ существующих моделей деградации КМ из литературы. Предложена блок схема для конструирования собственных моделей прогрессирующего разрушения из уже существующего набора критериев прочности, модели деградации свойств и выбора приращения нагружения.

Описанный программный пакет анализирует входные и выходные файлы решателя MSC.NASTRAN. На первоначальном шаге решается задача статической прочности конструкции из КМ для определения первоначального напряжённо-деформированного состояния. Далее запускается автоматическая итерационная процедура анализа. Каждый шаг процедуры увеличивает внешнюю нагрузку и рассчитывает действующие напряжения в КМ. Затем к каждому слою КМ применяются критерии прочности для анализа возможного разрушения волокна, матрицы или адгезивного слоя. После определения параметров разрушения производится редуцирование жесткостных характеристик повреждённых участков КМ в соответствии с типом разрушения. Производится расчёт обновлённых редуцированных характеристик пакета и формируются файлы расчёта для конечно-элементного решателя для следующей итерации.

Реализован модуль для вывода различных результатов расчёта: рост зоны повреждения на каждой итерации, отслеживание типа повреждения (волокно, матрица), производится вывод деформаций, напряжений и минимальных запасов прочности.

Приведены результаты анализа образца с отверстием на растяжение.

**ПОВЫШЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ
ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ И УЗЛОВ ТРУБОПРОВОДНЫХ
СИСТЕМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ, СОДЕРЖАЩИХ
ЭРОЗИОННО-КОРРОЗИОННЫЕ ДЕФЕКТЫ**
*IMPROVING THE RELIABILITY AND OPERATIONAL SAFETY OF
COMPONENTS AND ITS GROUPS INSTALLED ON POWER PLANTS WITH
EROSION-CORROSION DAMAGES*

А.А. Шипков – к.т.н., С.В. Шепелев – асп.

Национальный исследовательский университет "МЭИ"

Abstract. This article analyzes the stress-strain state of components and pipes group of power plants working a single-phase flow, using FEA software complexes.

Надёжность и экономичность эксплуатации АЭС в значительной степени зависит от надёжной работы системы её трубопроводов. Эта система имеет значительную протяжённость и сложную пространственную конфигурацию, включающую прямолинейные участки труб, поворотные участки, разветвления, места соединения с арматурой или элементами тепломеханического оборудования. Мировой опыт эксплуатации в ядерной энергетике, аккумулированный в материалах МАГАТЭ, международных конференций и различных совещаний, показывает, что современное состояние технологии ресурсного проектирования, изготовления и монтажа не в состоянии обеспечить в полной мере назначенный ресурс эксплуатации и безотказную работу элементов конструкций на протяжении всего назначенного срока службы. Преждевременное и часто непредсказуемое исчерпание ресурса ведет к сверхплановым простоям оборудования, снижению экономической эффективности АЭС, а главное, создает угрозу безопасности персоналу, окружающей среде и населению.

Эрозия-коррозия является преобладающим механизмом повреждения металла, приводящим к утонению стенок элементов трубопроводов конденсатно-питательного тракта электростанций [1]. Современным подходом решения проблемы является совместное использование при оценке возможности надёжной и безопасной эксплуатации элементов трубопроводов двух составляющих: программного средства по определению мест расположения зон и интенсивности локальной эрозии-коррозии [2] и методик определения минимально-допустимой толщины стенки.

В работе проводится анализ напряженно-деформированного состояния в элементах и узлах трубопроводов энергетических объектов, работающих в однофазных водных потоках, с помощью современных программных комплексов, реализующих метод конечных элементов.

Результаты работы могут быть использованы при разработке предложений по корректировке норм оценки допустимого эрозионно-коррозионного износа элементов трубопроводов и оборудования энергетических объектов.

Литература

1. G.Bezdikian, Nuclear power plant management: an overview of identification of key components in relation with degradation mechanism, IAEA guidelines, 2005, 16 p.
2. Матрица гидродинамических коэффициентов и зон локальной эрозии-коррозии в элементах АЭС и ТЭС. Томаров Г.В., Шипков А.А.// Энергосбережение и водоподготовка, №3 (53), 2008

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПОВЫШЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ *MODERN APPROACHES TO IMPROVE THE SAFETY OF THE PASSENGER CARS IN EMERGENCY SITUATIONS*

С.Г. Шорохов – асп.

ФГБОУ ВПО «Брянский государственный технический университет»

Abstract. The passive safety system of the home-produced new generation's was developed. The characteristics of the passive safety system were determined on the basis of multivariant calculations. The efficiency of adaptation of the passive safety system in emergency situations was evaluated with the help of mathematical modeling.

Условием устойчивого развития железнодорожного транспорта является непрерывное совершенствование систем, обеспечивающих безопасность перевозок. Повышение скоростей движения пассажирских поездов приводит к увеличению риска для жизни и здоровья пассажиров при возникновении аварийных ситуаций. Наиболее опасными авариями являются продольные столкновения пассажирских поездов с железнодорожным подвижным составом и препятствиями на переездах. На современном этапе прогрессивным направлением повышения безопасности перевозок является использование систем пассивной безопасности (СПБ) кузовов пассажирских вагонов на основе применения жертвенных элементов. Они представляют собой разрушаемые устройства, поглощающие кинетическую энергию соударяющихся масс.

Повышение эффективности работы подобных систем на кузовах отечественных пассажирских вагонов реализуется путем внесения изменений в конструкцию автосцепного устройства вагона. В работе предложена оригинальная схема установки автосцепки, особенностью которой является возможность ее перемещения внутрь рамы вагона при воздействии ударных нагрузок, превышающих нормативные значения. Минимальные величины продольных нагрузок, при которых возникают пластические деформации кузова вагона, определены на основе анализа напряженно-деформированного состояния его несущей конструкции, для чего разработана детализированная пластинчато-стержневая конечноэлементная модель.

Критерием выбора конструкции и параметров жертвенных элементов принят принцип недопущения в местах их установки возникновения усилий, приводящих к пластическому деформированию несущих элементов кузова. С учетом всех ограничений разработаны три варианта конструкции жертвенных элементов, отличительными особенностями которых являются простота конструкции, высокая надежность и низкая стоимость. Эффективность энергопоглощения предложенных вариантов оценивалась средствами математического моделирования на основе разработанных пластинчатых конечноэлементных моделей. При проведении многовариантных расчетов получены диаграммы зависимости энергоемкости жертвенных элементов от времени соударения и определена конструкция, максимально удовлетворяющая предъявляемым к ней требованиям. На основании проведенного анализа разработана СПБ, состоящая из жертвенных элементов, установленных на торцевых стенах и в консольной части рамы пассажирского вагона.

Оценка безопасности эксплуатации пассажирских вагонов, оборудованных разработанной СПБ, выполнена на основе математического моделирования столкновения тестового поезда с препятствием в виде грузового микроавтобуса на переезде. Данная аварийная ситуация полностью соответствует тестовому сценарию столкновения, в соответствии с которым определяется эффективность работы СПБ. Анализ результатов моделирования показал, что применение предложенной системы пассивной безопасности позволяет снизить ускорения внутреннего оборудования вагона на 21%, усилия, действующие на несущую конструкцию, на 17%, а также повысить минимальные скорости столкновения, приводящие к сходу поезда с рельсов, на 32%.

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ПРОБЛЕМАМ БЕЗОПАСНОСТИ ВНУТРЕННИХ ОБЪЕМОВ ПИРАМИДАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ *ON ONE APPROACH TO THE SECURITY PROBLEMS FOR INTERNAL VOLUMES OF THE PYRAMIDAL CONSTRUCTIONS*

С.В. Ярцева – вед. спец., Г.В. Трощенко – студ., Л.А. Бородаева – студ.

Интеграция XXI век, Москва

Abstract. Some mathematical criteria, based on the concepts of Wurf and Pentawurf, are proposed for the evaluation of security of the pyramids and other engineering constructions. They are discussed in comparison with the achievements of other specialists in this field.

В докладе рассматриваются математические критерии безопасности внутренних объемов пирамидальных сооружений и других инженерных конструкций, которые обсуждаются в сравнении с достижениями других специалистов.

Пирамидальные конструкции с заключенными в них внутренними объемами известны уже несколько тысяч лет. Сегодня многие передовые инженерные проекты используют пирамидальную форму. Хорошим примером здесь является японский инженерный проект “Mega-City Pyramid”, в котором внутри данной формы сосредоточены жилые помещения, а размеры сооружения превосходят километровую отметку:



Целью настоящего исследования является формулировка геометрических критериев безопасности внутренних помещений пирамидальных инженерных конструкций широкого класса. В работах Ю.А. Игнатъева, посвященных основам вурфового и пентавурфового анализа в архитектуре, указаны общие формулы этих критериев и как они могут быть использованы. Наше достижение состоит в том, что мы впервые переносим эти формулы безопасности на инженерные конструкции любого типа. Шилин А.А. [1] полагает, что древние египтяне использовали два способа для обеспечения сохранности внутренних помещений пирамид своих фараонов. На примере пирамиды Хеопса он говорит о технике разгрузочных перекрытий и методике смещения кладки камней к центру. Мы не можем согласиться с этим мнением. То, что А.А. Шилин называет смещением кладки камней к центру, является на самом деле известным у древних народов способом выкладывать так называемую «ложную арку». Он встречается, например, достаточно широко в архитектуре майя периода ее расцвета и инков. Кроме того, одна «арка» недостаточна для обеспечения безопасности, поэтому, например, в ломаной пирамиде Снофру между огромными камнями в верхней части «арки» строителями пирамиды были вставлены распорки в виде целых стволов деревьев. Как несложно убедиться, произведя механические расчеты, техника разгрузочных перекрытий, описанная А.А. Шиловым, не обеспечивает сохранность потолка царской камеры в пирамиде Хеопса.

Литература

1. Шилин А.А. Освоение подземного пространства (зарождение и развитие). – Стройка.ру, 26.08.2010.

СЕКЦИЯ 2.
Конструкционное
материаловедение: композитные,
нано- материалы и технологии

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПТИМАЛЬНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛИ

DEVELOPING AN ALGORITHM OF OPTIMAL TECHNOLOGICAL PROCESS MANUFACTURING PARTS

А.М.Арзыбаев –н.с.

Институт машиноведения им.А.А.Благонравова РАН

Abstract. Problems in the design process are described in the article. A new algorithm for the production of technological transfer surfaces is proposed. The algorithm includes best modern technological solutions.

Основным этапом при технологической подготовке производства являются проектирование технологического процесса изготовления деталей, который определяет ее эффективность.

Технологический процесс изготовления детали разрабатывается технологом или вручную, или с помощью САПР ТП. В обоих случаях качество разработанной процесса определяется в первую очередь качеством элементной базы средств технологического обеспечения, которой пользуется технолог.

На предприятиях, где проектирование технологических процессов изготовления деталей ведется технологом вручную, элементная база, как правило, отличается недостаточной полнотой, плохо организована, её материалы находятся в разных источниках: справочниках, рабочих материалах предприятия, например в виде альбомов, ведомостей и т.п.

В случае проектирования технологического процесса изготовления детали с помощью САПР ТП элементная база средств технологического обеспечения организована значительно лучше. Однако, в обоих случаях содержание элементной базы не охватывает всех средств технологического обеспечения, ее организация далека от совершенства, т.к. зависит от квалификации, опыта и знаний разрабатывавшего её технолога[1].

В результате проектированные технологические процессы изготовления деталей с одной стороны далеки от наилучших, а с другой стороны требуют на их разработку значительных затрат времени.

Качественного проектирование технологического процесса изготовления деталей является правильным выбором технологического решения. В связи с этим актуальной задачей является разработка алгоритма оптимального технологического решения.

Литература

1. Арзыбаев А.М., Базров Б.М. Выбор технологических решений при изготовлении деталей. Журнал«Вестник машиностроения»2010,№9,стр.54-56

**МОДЕЛИРОВАНИЕ УДАРОЗАЩИТНЫХ ТРАВМОБЕЗОПАСНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ
МАГНИТОАКТИВНЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ**
*MODELLING THE IMPACT-PROTECTIVE COLLAPSIBLE CONSTRUCTION
OF VEHICLES, BASED ON MAGNETOACTIVE ELASTOMERS*

В.В.Богданов – к.т.н., доц., **Р.В. Боков** – асс., **С.А. Новосёлов** – студ.
Московский государственный технический университет «МАМИ»

Abstract. The smart materials, such as magnetoactive elastomers are widespread in different safety constructions of vehicles. In this work authors describe the mathematical modeling of passenger car's bumper that suggest to it contribution in the process of reducing energy level of frontal impact.

Одно из актуальных направлений в решении проблемы безопасности на автомобильном транспорте в России, в частности для минимизации негативных последствий ДТП при столкновении автомобилей с пешеходами – подбор оптимальных демпфирующих параметров конструкции травмобезопасного бампера ещё на стадии проектирования. Наиболее перспективными травмобезопасными конструкциями бамперов ТС являются конструкции на основе новых смарт-материалов (в том числе с эффектом памяти формы, например, таких как магнитоупругие или магнитореологические эластомеры (МАЭ)) поскольку предоставляют широкий выбор диапазона демпфирующих параметров. Наиболее целесообразно подбирать оптимальные демпфирующие параметры конструкции на стадии проектирования с привлечением софт-пакетов, реализующих метод конечных элементов. В этом случае математическая модель представляет собой пространственную трехмерную деформируемую конструкцию. Тело бампера моделируется оболочечными элементами, а магнитоактивный эластомер трёхмерными объёмными элементами.

В качестве тестовой модели для расчёта был взят бампер автомобиля малого класса Mini-Сooper в новом авторском дизайне от СКБ МГТУ «МАМИ» на котором симитировали покрытие из МАЭ в местах потенциального соударения с пешеходом.

С учётом данных проведённых экспериментальных исследований МАЭ были проанализированы различные математические модели нелинейных гиперупругих материалов. По результатам анализа было проведено численное моделирование имевшего место эксперимента и корреляция полученных расчётных и экспериментальных параметров. По уточнённым данным модели, в свою очередь, были проведены соответствующие расчёты конструкции бампера на прочность и жёсткость, проведена многопараметрическая оптимизация для изотропной и анизотропной моделей магнитоактивного эластомера по его толщине, форме, варьированию определенных конструктивных элементов тела бампера. На рисунке представлена конечно-элементная модель бампера с граничными условиями и прикладываемой нагрузкой. Модель составлялась и верифицировалась в программном комплексе ABAQUS.



**ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО МЕТОДА
В ЗАДАЧАХ КРУЧЕНИЯ ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ ТЕЛ
ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**
*USING OF THE NUMERICALLY-ANALYTICAL METHOD IN PROBLEMS
OF TORSION AXES-SIMMETRITION DETAILS
MADE OF COMPOSITE MATERIALS*

П.В. Бреховских – магистрант

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева

Abstract. In this work problem of torsion of details rotation, made of composite material is researched. Problem of theory of elasticity is solved with help the function of stresses and the basis functions.

Одна из наиболее перспективных областей применения композиционных материалов (КМ) в силовых конструкциях связана с тонкостенными стержнями, которые изготавливаются намоткой или выкладкой однонаправленной или тканой ленты под различными углами к продольной оси стержня.

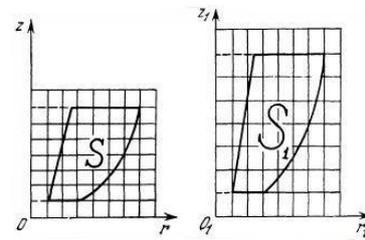
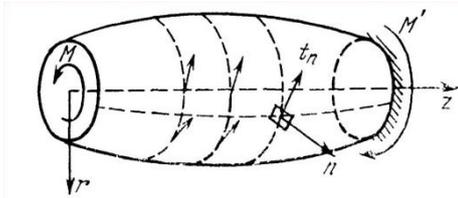


Рис 1. Тело вращения с цилиндрической анизотропией.

Рис.2.Области S1 и S2.

Рассмотрим упругое тело вращения длиной l , обладающее цилиндрической анизотропией с осью анизотропии, совпадающей с осью вращения z (Рис.1). Стержень закручивается усилиями, приложенными к его торцам. Объемными силами пренебрегаем. Рассмотрим подход, в котором за основную функцию принимается функция напряжений $\psi(r, z)$. Задача сводится к отысканию этой функции в области половины меридионального сечения, т.е. ограниченного осью z , двумя прямолинейными отрезками, нормальными к оси z (торцы) и образующей.

Согласно работам С.Г. Лехницкого, в случае трансверсально-изотропного тела функция напряжений Ψ должна удовлетворять следующему уравнению:

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial r^2} + g \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} - \frac{3}{r} \frac{\partial \psi}{\partial r} = 0, \quad (1)$$

где $g = \sqrt{G_{\theta z} / G_{r\theta}}$.

В случае изотропного однородного тела $g=1$. Решение задачи о кручении трансверсально-изотропного стержня с областью S можно свести к решению аналогичной задачи для изотропного стержня, но с измененной областью S_1 , путем простой замены переменных $r_1 = r, z_1 = z / \sqrt{g}$. (Рис.2)

Воспользовавшись методикой построения базисных функций на основе разложения инвариантных решений рассматриваемых дифференциальных уравнений в частных производных, получим следующее решение уравнения (1):

$$\psi(r_1, z_1) = A_0 + A_1 z_1 + A_2 (r_1^2 + 2z_1^2) + A_3 (r_1^2 z_1 + 2z_1^3 / 3) + A_4 r_1^4 + \dots + A_N U_N(r_1, z_1), \quad (2)$$

где $U_\alpha(r, z)$ – базисные функции; A_α – подлежащие определению произвольные коэффициенты.

Полученные результаты могут использоваться для решения прикладных задач механики деформируемого твёрдого анизотропного тела.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОБИВНОГО ПУАНСОНА ПРИ ПОВЕРХНОСТНОМ ПЛАЗМЕННОМ УПРОЧНЕНИИ

RESEARCH OF THE IS INTENSE-DEFORMED CONDITION OF THE PENETRATIVE PUNCH AT SUPERFICIAL PLASMA HARDENING

А.И. Веремейчик – н.с.

Брестский государственный технический университет, г. Брест, Беларусь

Abstract. In the present work results of calculation and visualization of fields of temperatures, movings and the pressure arising in a punch for a punched hole of apertures under the influence of the concentrated high-temperature source of heat, received with application of functionality of a method of the boundary integrated equations and certainly-element package ANSYS Workbench are presented.

В данной работе проведено исследование напряженно-деформированного состояния пуансона для пробивки отверстий при поверхностном плазменном упрочнении торцевого сечения методом граничных интегральных уравнений. Рассмотрено стационарное и нестационарное температурное нагружение. В качестве исходных данных, помимо характеристик материала, задаются параметры процесса упрочнения: скорость перемещения источника, плотность теплового потока и др. Граничные условия соответствуют случаю приложения конвекции по внешним поверхностям. К верхней торцевой грани пуансона прикладывалась температурная нагрузка. При статическом анализе нижняя грань пуансона считалась неподвижной.

С помощью теории потенциала дифференциальные уравнения в частных производных заменяются интегральными уравнениями типа Фредгольма 2-го рода. Краевая задача сводится к задаче изотермической теории упругости. Получены выражения для температурных добавок перемещений и напряжений. Построена система сингулярных интегральных уравнений термоупругости. Численная реализация интегральных уравнений выполнена на базе метода механических квадратур. Интегралы вычисляются при помощи квадратурных формул Гаусса. По найденным значениям плотностей потенциала определяются все компоненты тензора напряжений и деформаций в произвольной точке. Сначала определяется температура в любой точке пуансона. Далее находятся температурные добавки перемещений, напряжений и фиктивная температурная нагрузка, после чего находятся перемещения и напряжения.

С помощью разработанной программы определены значения температурных полей, напряжений и перемещений в различных точках пуансона. Построены зависимости распределения температуры, компонентов напряжения и перемещения от времени и координат. Результаты могут быть использованы для определения оптимальных режимов работы плазмотронов и других высококонцентрированных источников нагрева, позволяющих проводить поверхностную обработку металлоизделий высокотемпературной плазменной струей.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА КВАНТОВО-ВОЛНОВОЙ ОБРАБОТКИ АЛМАЗА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

PROSPECTS FOR APPLICATION OF QUANTUM-WAVE DIAMOND PROCESSING FOR HIGH-TECH PRODUCTS

Е.В.Гладченков – асп., И.И.Антонова – студ., О.Н.Бундина – студ., С.А.Свирин – студ.
Московский государственный горный университет

Abstract. Diamond is a material with a unique set of properties. In this paper we consider a new way of the diamond processing. This opens prospects for using of diamond crystals treated with the use of quantum-wave method for the issue of new high-tech products.

Алмаз это уникальный природный материал. Он обладает исключительно высокой твёрдостью и износостойкостью на истирание, наиболее высокой теплопроводностью среди всех твёрдых тел и является диэлектриком, а при легировании, например бором, у алмаза появляется проводимость. К тому же алмаз устойчив к радиационному излучению и химическим воздействиям.

Развитие современных технологий и многих отраслей современной промышленности связано с расширением сфер использования алмаза. Основными проблемами, затрудняющими его применение, являются: сложность обработки алмаза, получение прецизионных поверхностей большой площади и нестандартных конфигураций, чего трудно добиться с помощью традиционных методов обработки.

Вообще методы обработки алмаза разделяют на контактные и бесконтактные. Для поиска и создания новых направлений применения такого уникального материала как алмаз предлагается инновационный квантово-волновой метод обработки.

Суть квантово-волнового способа заключается в механическом возбуждении кристаллической структуры алмаза и создании в его объёме системы волновых когерентных акустических колебаний. С помощью квантово-волнового метода можно эффективно обрабатывать алмаз с получением высокой чистоты формируемого рельефа обрабатываемой поверхности на атомном уровне. При этом метод не зависит от анизотропии твердости. В зависимости от времени воздействия шероховатость полученной поверхности может достигать $R_a=0,974\text{nm}$.

Также с помощью нового метода возможно получение изделий из алмаза параболических, сферических, цилиндрических, конусообразных форм. Это открывает перспективы для создания новых видов приборов для микроэлектроники, датчиков излучения и новых видов ювелирных украшений из алмаза. Например: создание полупроводниковых пленочных структур на поверхностях трехмерного кристалла. С учетом современных нанотехнологий на основе этих структур можно формировать многофункциональные приборы. В этом случае кристалл алмаза может являться единой основой для различных видов приборов, созданных на смежных поверхностях кристалла. В состав такого изделия можно включить как светоизлучающую, так и фотоприемную структуры. В этом случае учитывая спектральные характеристики материала, алмаз можно использовать для коммуникационной оптической связи между структурными компонентами, сформированными на его базе на каждой поверхности кристалла. Также полученные конфигурации и качество поверхностной обработки позволяет создавать алмазные линзы, эффективно работающие в широком диапазоне оптического спектра.

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ПВХ, МОДИФИЦИРОВАННОГО НАНОЧАСТИЦАМИ

INVESTIGATION OF NANO-REINFORCED PVC-BASED COMPOSITE MATERIAL

Д.В. Ершов¹ - к.т.н., В.Е. Редькин² – к.т.н.,
Л.С. Науменко¹ – асп., Е.Ю. Лапковская² – асп.

¹Сибирский Государственный Технологический Университет, кафедра ХТПЭ, ²Сибирский Федеральный Университет, кафедра НФМиНТ

Abstract. The PVC-based polymeric matrix was reinforced with using nanoparticles. In this research, considerable improvements of the structure and property of polymer were obtained. The polymer's surface were studied using scanning electron microscopy (SEM). Significant improvements in the mechanical properties of the resulting polymeric composite were obtained.

В последнее время термоэластопласты (ТЭП) становятся все более востребованными среди полимерных материалов, однако для расширения их применения необходимо повысить ряд их свойств, таких как прочность, эластичность, стойкость к растрескиванию при низких температурах. Ранее проведенные исследования показывают, что введение в резиновую смесь ультрадисперсных частиц положительно влияет на ее свойства.

В данной работе исследовалось влияние ультрадисперсных частиц на физико-механические показатели и структуру термоэластопластов на основе ПВХ. В качестве модификатора был выбран ультрадисперсный порошок алмаза (УДП-А), который вводился в соотношении от 0,1 до 0,8% мас.

Полученные результаты показывают, что при введении УДП-А в ТЭП возрастают прочностные показатели, такие как сопротивление раздиру, разрыву, полимер при этом становится более эластичным, не теряя прочностных показателей.

Также были сделаны снимки микроструктуры композита на сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM-7001F, увеличение в 200 раз.

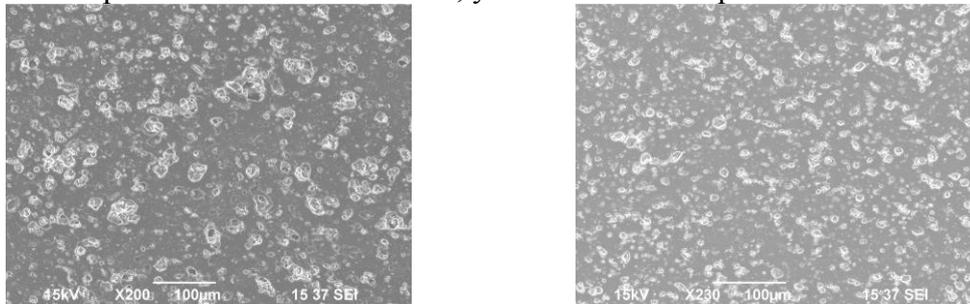


Рис. 1. Фотографии структуры ТЭПа, без модификатора(слева) и модифицированного УДП-А(справа)

Как видно из рисунка, приповерхностный слой частицы плотно прилегает к полимеру. Так же важно отметить, что, введение модификатора делает структура матрицы более упорядоченной и мелкозернистой, а матрица такой структурой, будет лучше сопротивляться внешним воздействиям и различного рода деформациям.

Из полученных результатов можно сделать вывод о том, что малые концентрации ультрадисперсного порошка при равномерном распределении в полимерной матрице могут существенно улучшить физико-механические показатели ТЭПа на основе ПВХ. Заметное влияние небольших добавок ультрадисперсных порошков, таких как УДП-А, на механические свойства материалов вызывает определенный интерес к исследованиям в данной области.

Коллектив авторов благодарит Центр Коллективного Пользования в лице директора, зам. начальника НИЧ Любочко В. А., и зав. «Лабораторией прикладной электронной микроскопии», к.т.н., доцента Зеер Г.М. за помощь в проведении испытаний.

**ИССЛЕДОВАНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ДЕФОРМАЦИИ ПРИ РАВНОКАНАЛЬНОМ УГЛОВОМ
ПРЕССОВАНИИ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ**
*RESEARCH OF THE UNEVEN DISTRIBUTION OF STRAIN AT EQUAL
CHANNEL ANGULAR PRESSING OF ALUMINUM ALLOYS*

А.А. Захаров – асп., А.В. Аборкин – к.т.н., доц.

Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ)

Abstract. The complex computer model of equal channel angular pressing process of an aluminum alloy is developed. Estimates of the effect of crossing angle channels, pressing speed and temperature on the uneven distribution of accumulated strain in the deformation zone were obtained.

Равноканальное угловое прессование является одним из перспективных способов получения заготовок с повышенным уровнем свойств методом интенсивной пластической деформации. Достоинством данного способа прессования является возможность получения заготовок из металлов и цветных сплавов, пригодных по своим размерам для производства готовой продукции с повышенными эксплуатационными характеристиками.

Целью настоящей работы является изучение влияния технологических параметров и геометрии оснастки на показатели напряженно-деформированного состояния прессуемого материала.

Для достижения поставленной цели разработаны компьютерные модели процесса прессования алюминиевого сплава, отражающие кинетику изменения напряжений и деформаций в прессуемом материале и оснастке с учетом динамики изменения нагрузок на протяжении технологического цикла. Используемые при расчетах модели механического поведения материалов основаны на гипотезах теории пластических деформаций и результатах экспериментальных исследований свойств материалов. Вычисление показателей напряженно-деформированного состояния прессуемого материала и элементов оснастки проведено с применением алгоритмов метода конечных элементов, реализованных в программном комплексе Deform 3D, функционирующем на базе суперкомпьютера «Скиф – Мономах» мощностью 4,7 Т-Флопс.

Для установления зависимостей показателей напряженно-деформированного состояния прессуемого материала и оснастки от геометрических, кинематических, силовых и тепловых условий процесса использована методика многовариантных расчетов. Проведенные расчеты позволили определить режимы эксплуатации, рациональные с позиции стойкости оснастки и энергосиловых затрат, изучить влияние геометрических параметров оснастки и технологических режимов на форму и величину очага деформации и неравномерность распределения степени накопленной деформации по сечению заготовки, а также разработать рекомендации по совершенствованию конструкции оснастки и технологии равноканального углового прессования.

На основе регрессионного анализа результатов численного эксперимента получена модель, характеризующая неравномерность распределения степени накопленной деформации по сечению заготовки вида

$$\varepsilon = e^{p_0} \left(\frac{\Phi}{120} \right)^{p_1} \left(\frac{Q}{600} \right)^{p_2} \left(\frac{V}{200} \right)^{p_3} \cdot e^{p_{12} \ln\left(\frac{\Phi}{120}\right) \ln\left(\frac{Q}{600}\right)} \cdot e^{p_{13} \ln\left(\frac{\Phi}{120}\right) \ln\left(\frac{V}{200}\right)} \cdot e^{p_{23} \ln\left(\frac{Q}{600}\right) \ln\left(\frac{V}{200}\right)},$$

где $p_0, p_1, p_2, p_3, p_{12}, p_{13}, p_{23}$ – коэффициенты, полученные в результате регрессионного анализа; Φ – угол пересечения входного и выходного каналов; Q – температура прессования; V – скорость прессования.

На основе расчетов спроектированы конструкции оснастки повышенной стойкости, являющиеся объектом интеллектуальной собственности (RU 107081 U1, RU 104101 U1).

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИТНЫХ КАМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ДЕКОРАТИВНЫХ ИЗДЕЛИЙ

APPLICATION OF ARTIFICIAL STONE IN MANUFACTURE OF DECORATIVE PRODUCTS

Л.П. Ивлева – преподаватель
Московский государственный горный университет

Abstract. The report reviewed the types of composite stone material and products made from them. Describes the technological and physical-mechanical properties. The possibility of additional decorative products engraved.

Каменные материалы традиционно применяются в строительстве, архитектуре, различного рода технике, а также в ритуальной индустрии и производстве сувенирной продукции. Поскольку природный камень (различные по свойствам горные породы и отдельные минералы) дорогой, тяжелый, хрупкий, зачастую трещиноватый и неоднородный, материал, это вызывает сложности при обработке.

Сейчас на рынке все большей популярностью пользуется искусственный камень – композитный материал различного состава, отличающийся большим цветовым и текстурным разнообразием, хорошей обрабатываемостью, не уступающий по долговечности и прочности природному камню, но более легкий и экологичный, с развитием нанотехнологий диапазон его «положительных» свойств увеличивается.

Композитные каменные материалы можно разделить на два вида: полимерные и на основе бетона. К первому виду относятся: литьевой мрамор, акриловый камень, «жидкий камень», агломерат, полимергранит, а также промышленный литьевой камень (полимербетон).

Особенностью искусственного камня (литого мрамора, агломерата) является наличие связующего материала, проявляющего пластические свойства, которые требуется учитывать в геометрии инструмента и выборе режимов обработки.

Состав композита и способ его получения обуславливают области применения. Так каменное литье, получаемое из смеси полимерных смол, каменной крошки и красящих пигментов позволяет изготавливать колонны, вазоны, мойки и прочие объемные формы, а также плоскости. Вибропрессование позволяет делать плитку, ступени и полы, подоконники и прочие плоские формы. Причем получается материал со строго определенными свойствами – режимы обработки которого выбрать проще по сравнению с неоднородным и трещиноватым природным камнем. Композитный камень применим для облицовки стен и настилки полов (внутри и снаружи помещения), изготовления предметов интерьера и садово-парковой архитектуры, памятников и памятных досок, сувенирной продукции.

В производстве декоративных изделий разнообразие цветов и текстур композитных каменных материалов позволяет расширить номенклатуру выпускаемой продукции и области ее применения.

Декоративные изделия, изготавливаемые из искусственного камня можно разделить на два класса: плоские и объемные, в свою очередь они делятся на подклассы: с необработанной (имитирующей фактуру колотого камня), обработанной (шлифованной, полированной и состаренной поверхностью). Для повышения эстетического качества изделий, на них может быть нанесена гравировка. Причем гравирование на поверхности искусственного камня (механическое и лазерное) возможно как плоское (растровое и векторное), так и объемное.

КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ И ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ ТОНКИХ ПЛЕНОК 3С, 2Н, 2D SiC

QUANTUM-CHEMICAL STUDY OF THERMODYNAMIC STABILITY AND ELECTRONIC STRUCTURE FOR THIN FILMS 3C, 2H, 2D SiC

Д.С.Калякин¹ – лаборант, Н.С.Елисеева² – студ., А.В.Толстая² – студ.

¹Институт нефти и газа СФУ

²Институт цветных металлов и материаловедения СФУ

Abstract. Production of definite heterostructure for the silicon carbide is an actual problem of semiconductor technology. Thermodynamic stability and electronic structure of thin films 3C, 2H, 2D SiC has been investigated theoretically within DFT method, using VASP program.

Широкое применение карбида кремния в полупроводниковой технике объясняется различием физических свойств у его политипов и гетероструктур. В связи с этим актуальным является получение определенного политипа SiC или гетероструктуры, подходящей по свойствам для производства конкретного прибора.

Цель данной работы - теоретическое изучение термодинамической стабильности и электронной структуры тонких пленок на основе политипов 3C, 2H и 2D SiC.

Вычисления проведены с помощью квантово-химического пакета VASP в рамках формализма функционала плотности (DFT), основанного на приближении локальной плотности (LDA). При расчетах использовался базис плоских волн и ультрамягкие псевдопотенциалы Вандербиля.

Моделировались элементарные ячейки политипов 3C, 2H и 2D SiC. Выбор таких политипов обусловлен малым периодом трансляции их элементарных ячеек вдоль нормали к поверхности, что позволяет постепенно увеличивать число слоев и наблюдать за малейшими изменениями свойств, если таковые наблюдаются.

Для сравнения термодинамической стабильности тонких пленок на основе исследуемых политипов рассчитана энергия, приходящаяся на одну формульную (структурную) единицу SiC по формуле:

$$E = E_{\text{system}} / n_{\text{SiC}},$$

где E_{system} – полная энергия системы, n_{SiC} – число формульных единиц SiC, приходящихся на ячейку.

Установлено, что в системах, состоящих из 1–5 слоев, наиболее термодинамически стабилен 2D SiC. Для систем с количеством слоев >5, стабильнее реконструированный 3C-SiC. Политип 2H близок к нему по энергии ($\Delta E \sim 0.33$ эВ) и с точки зрения термодинамики они могут образовываться равновероятно. Для изучения электронных свойств тонких пленок 3C, 2H и 2D SiC построены плотности состояний и зонные структуры для двух- и шестислойных структур, а также для плоского гексагонального монослоя SiC, объемных 3C и 2H. При переходе от объемного кристалла (полупроводника) к тонким пленкам 3C-SiC становится проводником. Политип 2H ведет себя аналогично 3C. 2D SiC независимо от числа рассматриваемых слоев – полупроводник. С увеличением толщины пленки наблюдается уменьшение ширины запрещенной зоны 2D SiC.

Учет реконструкции поверхности кубического карбида кремния позволил объяснить тот факт, что в синтезируемых образцах присутствуют как кубическая модификация SiC, так и гексагональная (2H, 4H, 6H). Установлено, что электронные свойства зависят не только от политипа SiC, но и от числа слоев.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕРАЦИИ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВЗРЫВА ПРОВОДНИКОВ**
*RESEARCH OF GENERATION ULTRADISPERSE METAL POWDERS WITH
USE OF ELECTRIC EXPLOSION OF CONDUCTORS*

Д.А.Канцдалов¹ – асс., А.Л.Суркаев² – к.т.н., доц.

¹Волжский политехнический институт (филиал) ГОУ ВПО

²Волгоградский государственный технический университет

Abstract. In report results of experimental researches of occurrence strats are submitted at millisecond electric explosion of a cylindrical wire and a flat foil in air. Occurrence strats is investigation sausage instability. The characteristic time of development sausage instabilities during the electrical explosion is much less than the time of metal conductivity losses.

Одним из перспективных методов получения микро и наноразмерных металлических порошков является электрический взрыв проводников (ЭВП), благодаря которому возможно влиять на физические, химические, дисперсные и другие характеристики получаемых порошков. Для эффективного влияния и управления технологии получения нанопорошков (НП) необходимо понимание сложных физических процессов при ЭВП. Одним из явлений, возникающих при электрическом взрыве, является порождение страт – чередующихся слоёв с различным значением плотности вещества. На сегодняшний день не существует единой точки зрения, объясняющей данный феномен. В частности, возникновение страт можно рассматривать как результат развития перегревных магнитогидродинамических (МГД) неустойчивостей. В случае, когда удельное сопротивление вещества увеличивается с ростом температуры, развитие перегревных МГД-неустойчивостей приводит к возникновению страт. Образование страт также наблюдается при электрическом взрыве фольг (ЭВФ).

Целью данной работы является экспериментальное исследование возникновения страт при миллисекундном электрическом взрыве цилиндрической проволоочки и плоской фольги в воздухе.

Экспериментальная установка является традиционной и представляет собой энергетический накопитель конденсаторного типа с соответствующей электродной системой. Взрывающийся проводник располагалась между двумя полосками стекла на расстоянии $h = 1 \div 4 \text{ мм}$. Разрядный ток регистрировался поясом роговского, напряжение – высокоомным делителем.

результатом экспериментов является получение образцов (рис. 1), где наблюдается

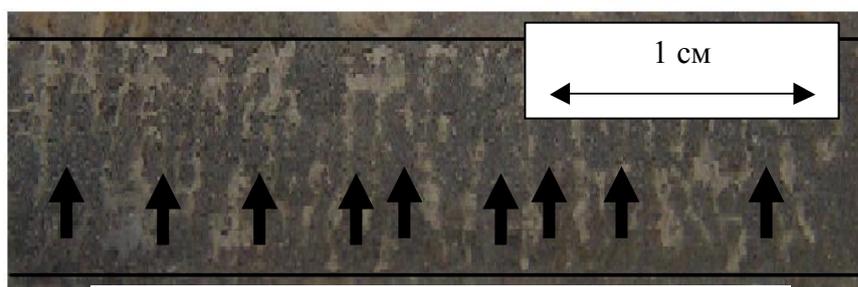


Рис. 1. Чередование плотности вещества при электрическом взрыве алюминиевой фольги

поперечное чередование плотности вещества (на фото показано стрелками, линии – границы полосы фольги) электрического взрыва алюминиевой фольги. Электрический взрыв протекал в близком к согласованному (оптимальному)

режиму, при котором энергия конденсаторного накопителя реализуется в первой половине периода разряда. Возможно, что образование страт в большей степени наглядности проявляется при взрыве тонкой фольги, вследствие самой геометрии взрывающегося проводника. Геометрические размеры получаемых частиц порошка, при этом, имели значительный разброс, что говорит об неоднородности взрыва.

**ПРИМЕНЕНИЕ РЕНТГЕНОГРАФИИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ
В ДЕТАЛЯХ СИЛОВЫХ АГРЕГАТОВ, ОТЛИВАЕМЫХ ИЗ
АЛЮМИНИЕВО-КРЕМНИЕВЫХ СПЛАВОВ, И РАБОТАЮЩИХ В
ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ, С ЦЕЛЬЮ ИХ ЗАВАРКИ**
*USING THE ROENTGENOGRAPHY FOR DEFECTS DETECTION IN THE
COMPONENTS OF POWER-GENERATING SETS CASTED OF ALUMINIUM-
SILICON ALLOYS TO WELD THESE DEFECTS*

А.Н. Кашубский¹ – к.т.н., **Г.Г. Крушенко**² – д.т.н., проф.

¹ ОАО Регионтехсервис, Красноярск

² Учреждение Российской академии наук

Институт вычислительного моделирования СО РАН, Красноярск

Abstract. Detecting the casting defects in the components of power-generating sets casted of aluminium-silicon alloys working at extreme conditions to weld these defects.

Качество литых деталей в значительной степени зависит от наличия в их объеме дефектов в виде полостей (газовая и усадочная пористость, трещины), ослабляющих сечение, что приводит к снижению уровня физико-механических характеристик отливок. Особенно это касается крупногабаритных деталей силовых агрегатов, отливаемых из алюминиево-кремниевого сплава АК9ч (8,0-10,5 %Si; 0,20-0,35 % Mg; 0,20-0,50 % Mn: сумма примесей $\leq 1,16$ %; ост. – Al) в металлические формы (кокиль). Такие детали отличаются сложной пустотелой пространственной конфигурацией, сочетающей тонкие и толстые сечения, и наличие на внутренних стенках различных выступов. При этом полость таких отливок формируется с помощью песчаных стержней, которые устанавливаются в кокиль перед заливкой. С целью создания условий кристаллизации, обеспечивающей ее направленный характер кокиль снабжен спиральными электронагревателями, которые создают температуру его нагрева в направлении от более холодной в нижней его части к более высокой – в верхней. При этом в различных местах песчаного стержня устанавливаются так называемые металлические «холодильники», обеспечивающие направленный отвод тепла в процессе формирования залитого в кокиль металла. Тем не менее, ввиду сложной конфигурации детали, полной гарантии отсутствия в них полостных дефектов нет. В связи с тем, что такие детали работают при исключительно высоких давлениях, требуется обеспечение их полной герметичности. По этой причине отлитые детали подвергаются просвечиванию с помощью мощной рентгеновской установки с последующим просмотром рентгеновских пленок на предмет отсутствия в теле отливок дефектов. Места обнаруженных дефектов отмечали мелом на поверхности отливок, затем эти места либо вырубались на нужную глубину, и производилась их заварка плавящимся электродом из того же сплава, что и отливка. Электроды овального сечения с целью получения мелкокристаллической структуры отливались в чугунную изложницу, которую предварительно не подогревали.

Заварку производили без подогрева отливок с применением аргонодугового способа. При заварке сквозных дефектов, а также дефектов, после удаления, которых толщина стенки отливки не превышает 3 мм, применяли подкладки из материала отливки, или из смеси песка с жидким стеклом. После заварки и удаления подкладок производят зачистку и заварку отливки с обратной стороны. Заварка на одном и том же участке допускается не более трех раз. При отработке технологии измеряли электропроводность заваренных мест, и литого материала с целью проверки адекватности химического состава отливки и наплавленного материала. Затем отливки проходили весь цикл технологических операций, как в литейном цехе, так и в механических цехах, после чего испытывались на герметичность с применением давления воздуха или жидкости, и результаты этих испытаний являлись окончательным контролем для пропуски детали на сборку.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-РАСЧЕТНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ EXPERIMENTAL AND COMPUTATIONAL METHOD OF INVESTIGATION OF DEFORMATION PROPERTIES OF COMPOSITE MATERIALS

А.М. Кокуров¹ – асп., А.В. Самолысов² – студ.

¹ ИМАШ РАН

² МГТУ «МАМИ»

Abstract. This paper describes the method of testing of composite materials. The technique is based on experimental study using speckle interferometry as well as an iterative procedure for processing data using the finite element method.

В настоящее время композиционные материалы (КМ) находят все большее применение в технике. В авиации является актуальной задача определения механических (деформационных) свойств композитных деталей, например, планера самолета. Необходимым является разработка методики надежного исследования их механических характеристик.

В данной работе рассматривается метод экспериментально-расчетного исследования механических свойств КМ с различными укладками волокон. Предлагаемый подход к определению деформационных констант анизотропных композитов состоит из 2 основных этапов:

1) Проведение экспериментального исследования образцов с применением электронной цифровой спекл-интерферометрии (рис. 1), обеспечивающей высокую точность, информативность, бесконтактность измерений, а также значительную скорость сохранения и обработки данных. При реализации данного этапа разработанной методики определяются углы ориентации осей анизотропии пакета, а также главные деформации образца при различных вариантах нагружения (рис. 2а).

2) Расчет значений деформационных констант КМ, исходя из полученных экспериментальных данных. Вычислительная процедура строится по итерационной схеме с уточнением на каждом шаге напряженного состояния методом МКЭ моделирования (рис 2б).

Предложенная методика была апробирована в ряде демонстрационных экспериментов. В дальнейшем рассмотренный подход предполагается распространить на случаи исследования свойств КМ с различными типами анизотропии.

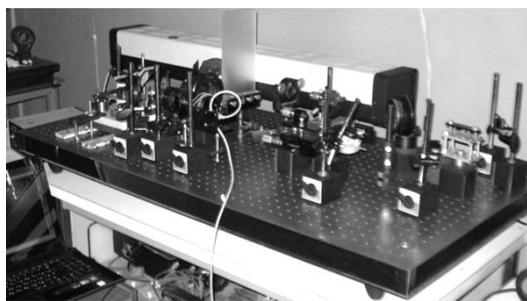


Рис. 1. Специализированная экспериментальная ЭСИ-установка

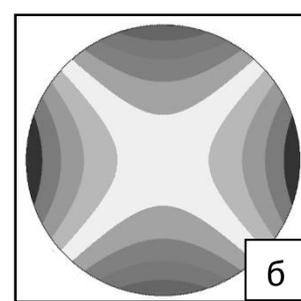
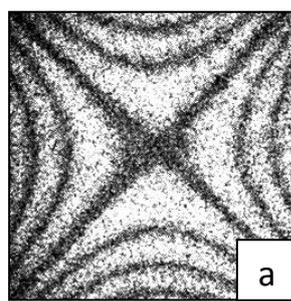


Рис. 2. Результаты экспериментального исследования (а) и расчета МКЭ (б) 4^х-точечного изгиба образца

Литература

1. Ф. Мэттьюз, Р. Ролингс. Композитные материалы. Механика и технология.// М., Техносфера. -2004.-С. 28-37;
2. Одинцев И.Н. Исследование упругих свойств композитных материалов с применением компенсационной спекл-интерферометрии.// Прочность, колебания и ресурс авиационных конструкций и сооружений./Труды ЦАГИ (сборник статей). Вып. 2675.-М.: Изд. отд. ЦАГИ. -2007.-С. 214-224.

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА АЗОТИРОВАНИЯ В ГАЗОВЫХ СРЕДАХ

PROCESS ANALYSIS OF NITRIDING IN GASEOUS MEDIUM

Н.П.Клочков – асп., **М.Г.Крукович** – проф., д.т.н., **В.В.Онасенко** – студ.
Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ)

Abstract. Efficiency of the nitriding process in the self-organizing gaseous medium is estimated.

Азотирование – это технологический процесс химико-термической обработки, при которой поверхность различных металлов или сплавов насыщают азотом при температурах 500-650⁰С в специальной азотирующей среде (в смеси газов, ионизированных средах, средах, полученных в результате реакции или диссоциации жидких (расплавленных) или твердых реагентов). Продолжительность процесса обычно колеблется от 1,5 до 70 ч., а общая толщина слоев достигает 1,0мм. При этом обеспечивается плавное изменение твердости от поверхности вглубь детали.

Для решения проблем единичного или мелкосерийного инструментального производства и во многих других случаях перспективным является азотирование в газовых самоорганизующихся средах. Самоорганизующаяся насыщающая среда образовывается в закрытом контейнере при испарении и диссоциации азотсодержащего реагента (например, карбамида) в процессе нагрева в камерной печи.

Механизм массопереноса азота в газовой самоорганизующейся среде идентичен массопереносу в других газовых средах и обеспечивается ионами азота низших валентностей. Для обеспечения стабильности процесса массопереноса и одинаковой насыщающей способности газовой среды по объему контейнера необходима ее циркуляция.

Обычно инструменты и детали технологической оснастки изготавливают из легированных средне- и высокоуглеродистых сталей, быстрорежущих сталей и твердых сплавов (40X, 40XH, 40X2H4BA, 38X2MЮA, X12, X12M1, P6M5, 4X5MФC, 40X13, 3X2B8, 7X3, X, ШX15, T15K6, BK8 и т.п.). Применение упрочняющей обработки в самоорганизующейся среде приемлемо и для измерительных инструментов, и для прецизионных деталей.

Полученные на исследуемых образцах сталей в газовой самоорганизующейся среде азотированные слои отличались отсутствием светлой зоны нитридов, что свидетельствует о максимальном росте слоя твердого раствора. Анализ стали 40X показал, что предварительная закалка с высоким отпускком позволяет получать азотированные слои с более высокой твердостью на 25-30% по сравнению со слоями на этой стали, подвергнутой только предварительному отжигу.

Отработанная, основанная на вышеуказанном подходе технология не требует применения специализированного оборудования и высококвалифицированного обслуживающего персонала. При проведении процесса достаточно обычной вытяжной вентиляции, применяемой в термических цехах. Стоимость обработки составляет в среднем 10% от стоимости обрабатываемых инструментов и деталей. Ожидаемое повышение стойкости при правильном выборе режимов термической обработки и упрочнения, а также состава насыщающей смеси – более чем в 1,5 раза. При этом обеспечивается экологичность процесса по сравнению с жидкостным процессом в цианистых ваннах и по сравнению с газовыми процессами, требующими специализированного оборудования и очистки отходящих газов. Упрочнению может подвергаться режущий инструмент, штамповый формообразующий, разделительный инструменты, измерительный инструмент, а так же детали машин всевозможного назначения.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕТИКИ ФОРМИРОВАНИЯ АЗОТИРОВАННЫХ СЛОЁВ

KINETICS MODELING FOR NITRIDED LAYERS FORMING

Н.П.Клочков² – асп., Е.А.Бадерко¹ – д.ф.-м.н., проф., М.Г.Крукович² – проф., д.т.н.

¹МГУ им. М.В. Ломоносова,

²Московский Государственный Университет Путей Сообщения

Abstract. The kinetics calculation algorithm for a nitrided layers growth as well as the concept of kinetics coefficient and its dependence on nitriding conditions are described.

Моделирование процесса азотирования развивается по следующим направлениям: аналитическому, численному и эмпирическому. Эти направления применяют на всех стадиях процесса для описания взаимодействия элементов системы в насыщающей среде, на обрабатываемой поверхности и в поверхностном слое детали.

Принимая концепцию общности массопереноса во всех технологических процессах и явлениях, имеющих место на поверхностях обрабатываемых деталей и в самом металле, можно построить модель формирования азотированных слоев. Причем исходя из значений азотного потенциала (π_N), обеспечивающего концентрацию азота на поверхности металла, и оценочного критерия поверхностных явлений на границе раздела металл – насыщающая среда. Анализ процессов азотирования и кинетики формирования слоев показали, что на сегодняшний день такой характеристикой может быть кинетический коэффициент D в параболической зависимости роста фаз азотированных слоев: $D=y \cdot \tau^{-0.5}$, где y – толщина слоя, τ – продолжительность процесса.

Следует также иметь в виду, что поверхность металла меняет свою реакционную способность в процессе образования азотированного слоя. Это приводит к изменению условий равновесия ранее сформированных фаз.

Анализ насыщающей способности газовых, жидких и твердых сред показывает, что с повышением концентрации азота в фазах или при достижении определенной толщины слоя массоперенос азота через эту фазу замедляется. Таким образом, для азотированных слоев образование каждой последующей фазы не обеспечивает максимальный массоперенос атомов азота к границе раздела фаз, оказывая, в конечном итоге, тормозящее влияние на кинетику роста предыдущей фазы. Тормозящее влияние новой фазы, в частности нитридов азотированного слоя для азотирования в расплаве солей, проявляется при толщине новой фазы более 2 мкм.

Анализ влияния избыточного давления в насыщающем пространстве на кинетический коэффициент роста фаз азотированного слоя показал, что имеет место оптимальная величина давления как для α – твердого раствора, так и для формирования ϵ и γ фаз. Аппроксимация установленных зависимостей позволила с общих позиций рассматривать любой процесс азотирования технического железа и вводить поправки при расчете толщины фаз при изменении условий обработки.

При расчете толщины фаз азотированного слоя на сталях рекомендуется учитывать влияние легирующих элементов согласно формуле:

$$y = y_0 \cdot \prod_{i=1}^n A_i \cdot \exp \left\{ \sum_{k=1}^n a_k x_k \right\},$$

где y_0 – толщина слоя на железе, рассчитанная в результате решения уравнений диффузии или определенная экспериментально, A и a – эмпирические коэффициенты, x – содержание легирующего элемента в стали.

Распределение твердости рассчитывается, исходя из распределения азота и изменения его термодинамического потенциала в зависимости от содержания легирующих элементов. При этом твердость определяется как сумма твердости подложки ($HV_{ст}$) и приращения твердости за счет слоя ($HV_{сл}$). Это позволяет учесть влияние состояния подложки на любой стали.

СИНТЕЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОКСИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ В РЕЖИМЕ ГЕТЕРОГЕННОГО ГОРЕНИЯ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СИСТЕМ

SYNTHESIS OF FUNCTIONALIZED OXIDE MATERIALS UNDER CONDITIONS OF HETEROGENEOUS COMBUSTION OF CONDENSED SYSTEMS

М. В. Кузнецов - д.х.н., в.н.с.

Учреждение РАН Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения
РАН (ИСМАН)

Abstract: Advanced experimental methods based on heterogeneous combustion of condensed systems were attributed for the production of complex functionalized oxides such as components of alternative sources of energy (SOFC and lithium ionic batteries); piezoelectrics, piezomagnetism, multiferroics as well as combined structures like “ferrite-piezoelectric”, “piezoelectric-multiferroic” etc.; gas-sensing materials for the different applications and luminophores.

С начала 70-х годов XX века до настоящего времени самораспространяющийся высокотемпературный синтез (свс) сложных оксидных материалов сформировался как самостоятельное научное направление в рамках теории и практики горения, а также современного материаловедения. В качестве его составляющих получили свое развитие две ветви – фундаментальная и технологическая. В результате проведенных исследований с использованием различных экспериментальных подходов в режиме гетерогенного горения конденсированных систем синтезирован широкий спектр сложных оксидных и других неорганических материалов, таких как: втсп-материалы, различные классы ферритов, пьезоэлектрики, огнеупоры, пигменты, интерметаллиды, карбиды, бориды и т.д. Изучены процессы горения и фазообразования, различные физико-химические характеристики, разработаны лабораторные и промышленные технологии производства. В настоящее время в рамках развития метода самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) сложных оксидов успешно ведутся работы по получению и исследованию свойств материалов функционального назначения. Среди них следует выделить материалы, перспективные с точки зрения их практического применения в качестве элементов керамических топливных ячеек (анодов, катодов, электролитов, а также связующих (интерконтактных) элементов); компонентов литий-ионных батарей; оксидных катализаторов, люминесцентных материалов, а также порошковых композиций сложных оксидов, которые могут быть использованы в качестве датчиков токсичных, горючих и других потенциально опасных газов. Важным направлением в исследованиях процессов синтеза и свойств сложных оксидов в последнее время становится получение и практическое использование материалов, обладающих многофункциональными характеристиками. Это безсвинцовые пьезоэлектрики, пьезомагнетики, магнетоэлектрики, мультиферроики и композиции типа «пьезоэлектрик-мультиферроик», «феррит-ферроэлектрик» и др. Одновременное наличие хороших электропроводящих и магнитных характеристик материалов открывает широкие перспективы использования бесконтактных методов управления процессами их синтеза с помощью электрических и магнитных полей, или с помощью комбинированного воздействия таких полей на реагирующие системы.

НАНОЧАСТИЦЫ ФЕРРИТА НИКЕЛЯ, ПОЛУЧЕННЫЕ АЭРОЗОЛЬНЫМ МЕТОДОМ

NICKEL FERRITE NANOPARTICLES PRODUCED BY USING AEROSOL METHOD

М.В. Кузнецов - д.х.н., в.н.с., **Ю.Г.Морозов** - д.ф.-м.н., в.н.с., **О.В. Белоусова** - инж.
Учреждение РАН Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения
РАН (ИСМАН)

Abstract: Cubic NiFe_2O_4 nanoparticles with the average particle sizes between 35 and 75 nm have been prepared by using a levitation-jet method of the Ni-Fe alloy (Ni:Fe – 2:1) evaporation in a mix of gaseous helium and air (oxygen) streams. All the particles were investigated by XRD, SEM, EDX, BET, VSM and its specific surface was found to be between 15 and 35 m^2/g . Variations of the different parameters of preparation processes allow to obtain nanoparticles with predicted composition, sizes and specific surface values. Saturation magnetization of the ferrite nanoparticles was up to 43 emu/g and coercivity up to 170 Oe.

Известно, что наночастицы обладают множеством уникальных физических и химических характеристик. В настоящее время разработаны различные методы получения наночастиц металлов и их оксидов с заранее заданными параметрами, а также созданы экспериментальные методики синтеза функциональных наноматериалов на их основе. Такими материалами являются, в частности, ферриты, широко используемые в радиоэлектронике. В данной работе представлены экспериментальные результаты по получению наночастиц шпинельного феррита никеля с различными средними размерами, морфологией и фазовым составом, исследованы их магнитные характеристики и предложены потенциальные области их применения. Наночастицы феррита никеля были получены бестигельным аэрозольным методом путем непрерывного испарения подвешенной в электромагнитном поле капли сплава железа и никеля, постоянно подпитываемой подачей тонких проволок этих двух металлов в объемном соотношении 2:1. Конденсация паров сплава в наночастицы происходила в стационарном потоке газообразного гелия с регулируемой добавкой воздуха. Морфология частиц феррита, исследованная с помощью просвечивающей электронной микроскопии, характеризовалась наличием частиц гексагональной формы с узким распределением по размерам. Рентгенофазовый анализ показал, что при оптимальных условиях синтеза продуктами взаимодействия компонентов реагирующей системы являлись наночастицы соединения NiFe_2O_4 с кубической кристаллической решеткой обращенной шпинели (JCPDS #74-2081). Были определены режимы получения наночастиц феррита никеля со средними размерами 35-75 нм и удельной поверхностью 15-35 $\text{m}^2/\text{г}$. С помощью вибрационной магнитометрии исследованы гистерезисные кривые намагничивания полученных наночастиц. Установлено, что их намагниченность насыщения может достигать 43 $\text{Гс}\cdot\text{см}^3/\text{г}$, а коэрцитивная сила – 170 Э. Наличие размерной зависимости температуры Кюри позволяет надеяться в перспективе на создание на основе синтезированных наночастиц феррита никеля компактных термомагнитных устройств различного назначения.

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ КРИВОЛИНЕЙНЫХ ТРАЕКТОРИЙ ВОЛОКОН В КОМПОЗИТНЫХ ПЛАСТИНАХ ОКОЛО ОТВЕРСТИЙ

METHOD OF CURVILINEAR FIBERS TRAJECTORIES DESIGN FOR COMPOSITE PLATES WITH HOLES

А.В.Малахов – м.н.с., А.Н.Полилов – д.т.н., проф.

Учреждение Российской академии наук

Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН

Abstract. In this report the method of composite structures design using curvilinear fibers trajectories is offered. Such curvilinear fibers improve load-carrying ability of the composite structures under complex non-uniform stress – state.

Спроектировать оптимальную конструкцию из композитного материала (КМ), находящуюся в однородном поле напряжений, не вызывает проблемы. Такое проектирование предполагает прямолинейную укладку волокон. Однако, если в конструкции возникает концентрация напряжений, то она существенно снижает несущую способность и укладкой прямолинейных волокон решить эту проблему не удастся. Поэтому необходимо искать альтернативные решения.

В природе существует свой способ решения этой задачи, который реализует древесина. Дерево по своей сути является природным КМ, и его эволюция, а точнее – природное свойство приспособляемости, привели к тому, что с точки зрения прочности оно оптимально. Концентрация напряжений в древесине возникает около сучка, поэтому исследовалось это место. После анализа деревянных образцов, в которых волокна «обтекают» сучок, были аппроксимированы траектории деревянных волокон. Основная нагрузка передаётся через волокна, поэтому их разрыва в зоне сучка Природа не допускает. Чтобы теоретически описать укладку волокон в деревянных образцах, была предложена гипотеза: волокна укладываются вдоль главных растягивающих напряжений, т.е. вдоль волокна отсутствуют касательные напряжения. Эта гипотеза позволяет проектировать укладку волокон при любых видах концентрации напряжений. Ранее приводились траектории укладки волокон вокруг одного кругового отверстия в растягиваемой пластине. В качестве другого примера на рисунке представлена укладка волокон для пластины, в которой имеются различные виды концентраторов.

Чтобы оценить несущую способность композитного элемента с криволинейной укладкой волокон в рамках МКЭ был смоделирован анизотропный материал, в котором объемная доля и ориентация волокон меняются от точки к точке в соответствии с траекториями волокон. Расчет показал, что у такого элемента несущая способность существенно выше, чем у аналогичного ортотропного элемента с прямолинейной укладкой волокон. Если за критерий разрушения принимать наибольшее растягивающее напряжение в пересчете на волокно, то при однородной укладке концентрация напряжений приводит к перегрузке наиболее нагруженного волокна примерно в 5 раз, а для оптимальной укладки – всего на 20%. Применение такого метода позволит проектировать структуры, которые не будут чувствительны к концентрации напряжений.

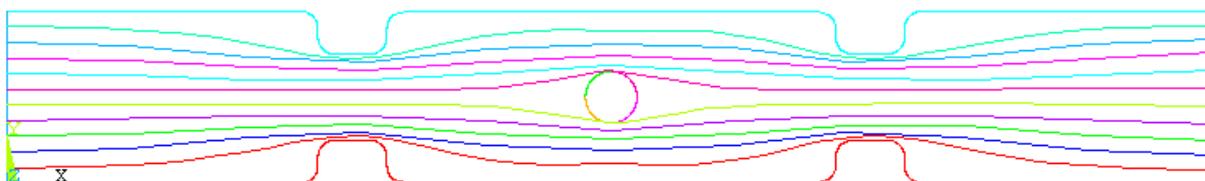


Рис.1. Линии наибольших главных растягивающих напряжений около отверстий и выточек

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ НИТЕЙ ИЗ ТУГОПЛАВКИХ ВОЛОКОН

STRESS-STRENGTH PROPERTIES OF REFRACTORY FIBER THREADS

А.В. Медведев - ст. преп., **К.Э. Разумеев** - зав. каф.

Т.А. Курочкина - зав. лаб., **Н.А. Измайлова** - студ.

Московский государственный текстильный университет имени А.Н. Косыгина

Abstract. The presented work is devoted to the investigation of mechanical properties of refractory fibers from Al_2O_3 threads.

Проведение испытаний для определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве регламентируется стандартами для текстильных материалов.

Для обеспечения сходимости результатов испытаний ГОСТ 6611.2-73 Нити текстильные. Методы определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве регламентирует зажимную длину и время до разрыва образца.

Изучение механических свойств комплексных нитей из тугоплавких волокон оксида алюминия показало, что имеется определенная зависимость между скоростью растяжения (длительности разрыва) и величиной разрывной нагрузки и относительного удлинения.

Из массива полученных результатов испытания для дальнейшего статистической обработки были отобраны достоверные результаты испытаний, с временем до разрыва равным 20 ± 3 с.

На основании расчетов сводных характеристик выборки, можно сделать вывод, что при расчете по достоверным результатам испытаний среднее значение \bar{X} и среднее квадратическое отклонение S уменьшаются по сравнению с величинами, полученными по 30 значениям, а абсолютная ε и относительная δ ошибки выборки увеличиваются. Это связано с большой неравномерностью по измеряемой величине, так как коэффициент вариации имеет высокие значения.

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ
КОМПОЗИЦИОННОГО КОНТАКТНОГО Cr-Cu МАТЕРИАЛА
С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ ЕГО ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ**
*DEVELOPMENT OF FORMING METHODS THE STRUCTURE OF
COMPOSITE CONTACT Cr-Cu MATERIALS FOR IMPROVE ITS ELECTRICAL
PROPERTIES*

И.П. Мельникова - к.ф.-м.н., доц., **А.В. Лясникова** - д.т.н., доц.
Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина

Abstract. Forming method the structure of composite contact Cr-Cu materials with low electrical resistance was proposed.

В средне- и высоковольтных вакуумных дуговых камерах (ВДК) наиболее пригодными являются контакты из композиционных материалов (КМ) на основе хрома и меди. Ведущие электротехнические фирмы мира предъявляют повышенные требования к некоторым характеристикам КМ, в том числе, к удельному сопротивлению, величину которого целесообразно иметь ниже 4 мкОм·см. Однако на серийном производственном уровне разные схемы этой технологии не обеспечивают достаточных гарантий для включения этого требования в технические условия на материал. Характерной особенностью Cr-Cu КМ является близость упругостей паров меди и хрома, а также скоростей термического испарения в вакууме, начиная с температуры 1800⁰С. При воздействии дуги вакуумных дугогасительных камер на контакты происходит опережающее плавление и кипение хрома в условиях, когда медь остаётся в конденсированном состоянии и удерживается каркасом из хромовых частиц. Это определяет особенности массопереноса, образования вторичной структуры на поверхности контактов и отсутствие увеличения скорости эрозии. Очевидно, что частицы хрома являются не только составляющей структуры композита, но также определяют основные физические характеристики контактов. Поэтому можно предположить, что размер и форма частиц хрома будут оказывать влияние на процессы, происходящие при изготовлении композита и последующие эксплуатационные свойства контактов.

На основании проведённого анализа возможности усовершенствования структуры Cr-Cu композиционного контактного материала путём изменения морфологии частиц исходного хромового порошка с целью улучшения проницаемости теплового и электрического потоков в контактах ВДК, и как результат повышения и стабилизации значений электропроводности композита было установлено, что не целесообразно измельчать частицы хромового порошка. Проницаемость через контакты можно повысить за счет сокращения пути движения этих потоков по медным прослойкам, расположенным в каркасе из хромовых частиц, уменьшая их извилистость. Размер и форма частиц хрома и шероховатость их поверхности в этом случае будут иметь значение, так как известно, что чем сложнее форма частиц, меньше размер и больше число неровностей на их поверхности, тем искривлённее и неоднороднее поры каркаса из этих частиц.

В настоящей работе опробована и показана возможность скругления и понижения шероховатости на частицах восстановленного хрома осколочной формы с большим количеством выступов и впадин на поверхности путём обкатки их шарами на мельницах, контроля этого процесса и использования полученных результатов для прогнозирования повышения электропроводности Cr-Cu композита. Также показано, что можно подобрать режим, когда при обработке порошка на мельницах достигают не измельчения частиц, а их увеличения при сглаживании поверхности в результате натирания выступов. При этом в каркасах, изготовленных из обработанных порошков, происходит увеличение минимальных промежутков между частицами, а следовательно и ширины медных прослоек в Cr-Cu КМ из этих частиц Cr.

**АЛМАЗНО-ГРАФИТОВЫЕ НАНОПОРОШКИ
В ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗКАХ**
*NANOPOWDERS OF THE DIAMOND-GRAPHITE NANOPOWDER
IN THE PLASTIC LUBRICANTS*

А.А. Мишин¹ – асп., Г.Г. Крушенко² – д.т.н., проф.

¹ Сибирский государственный аэрокосмический университет
имени академика М.Ф. Решетнева,

² Учреждение Российской академии наук
Институт вычислительного моделирования СО РАН

Abstract. The use of the diamond-graphite nanopowder in plastic lubricants decreases considerably the wear of frictional metallic surfaces.

Разработана пластичная смазка, содержащая, масс. %: алмазно-графитовый нанопорошок (АГ-НП) – 0,2...5,0; высокодисперсную соль металла – 2...15; мыльную пластичную смазку – до 100. В качестве солей применяли сульфат олова SnSO₄, сульфат меди CuSO₄, сульфат бария BaSO₄, сульфат свинца PbSO₄, сульфид бария BaS. По типичной технологии АГ-НП совместно с одной из солей (SnSO₄) 15 минут диспергировали в бензине или ацетоне. Полученную композицию выпаривали, и остаток перемешивали механически. Испытывали смазки, состав которых приведен в таблице 1.

В таблице 2 приведены результаты испытаний разработанных смазок в сравнении со смазкой ВНИИ НП-232 (ГОСТ 14068-79), содержащей масс. %: стеарат лития Li(C₁₇H₃₅COO) – 3,0; дисульфид молибдена MoS₂ масло индустриальное И-20А – до 100, из которой видно, что при концентрации в смазках АГ-НП в пределах 0,2-5,0%, коэффициент трения снижается на 12-15%, в связи с чем износ стальных образцов уменьшается в два раза, что свидетельствует о высоких противоизносных и антифрикционных свойствах смазок.

Эффект применения в смазках CuSO₄, BaSO₄, PbSO₄ и BaS при такой же концентрации оказался близким к эффекту применения SnSO₄.

Испытания разработанных смазок в подшипниках ступиц колес автомобиля ЗиЛ-130 и автобуса "Икарус" показали, что после пробега 16000 км их весовой износ оказался в 2,2 раза меньше, чем при применении других известных пластичных смазок.

Таблица 1

Составы смазок

Алмазографитовый НП, в том числе	Содержание в составах, масс. %				
	1	2	3	4	5
	0,20	0,75	1,50	3,00	5,00
НП алмаза	0,05	0,188	0,375	0,75	1,25
НП графита	0,15	0,562	1,125	2,25	3,75
Сульфат олова SnSO ₄	1,00	5,0	10,0	15,0	17,0
Мыльная пластичная смазка	98,80	94,25	88,50	82,00	78,0

Таблица 2

Результаты испытаний смазок на машине СМТ-1 на образцах из ст45 при нагрузке 5 кН

Состав смазок (№№ 1-5 – табл. 1)	Максимальная удельная нагрузка, МПа	Коэффициент трения	Интенсивность износа, 1 x 10 ⁻⁶ кг/м ³
1	26,3	0,062	59,4
3	30,3	0,050	30,2
5	21,4	0,063	57,5
Смазка ВНИИ НП-232	23,5	0,059	66,0

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕМБРАН
НА ОСНОВЕ МНОГОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК**
*STUDY OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF MEMBRANES
BASED ON MULTIWALLED CARBON NANOTUBES*

А.А. Москвичев – с.н.с., к.т.н., **А.Н. Москвичев** – зав.лаб., к.т.н.

Нижегородский филиал Учреждения Российской академии наук Института
машиноведения им. А.А.Благонравова РАН

Abstract. In the present work investigation of the possibility of manufacturing of composite nanostructured matrix containing oriented multiwall carbon nanotubes and study of physical-chemical properties of obtained material are developed.

Благодаря комплексу уникальных физико-химических свойств, в настоящее время большое внимание уделяется исследованию таких наноматериалов, как одностенные и многостенные углеродные нанотрубки (МУНТ). Впервые ориентированные структуры из МУНТ в виде полых цилиндров, имеющих стенки из радиально ориентированных МУНТ были получены в 2004 году. В 2007 году были сформированы ориентированные наноструктурированные матрицы из двустенных углеродных нанотрубок запатентованные в качестве фильтрующих элементов для опреснения морской воды.

В качестве исходных заготовок для изготовления композиционных наноструктурированных матриц в данной работе использовались макроцилиндры сформированные по технологии, разработанной в ИМХ им.Г.А.Разуваева РАН.

Исследование радиальной структуры матриц МУНТ показало, что по толщине заготовки плотность нанотрубок неодинакова, в наружных зонах (зона начала роста) нанотрубки растут плотно друг к другу и сильно искривлены и переплетены. По мере их дальнейшего роста наблюдается образование упорядоченной радиально ориентированной волокнистой структуры, в которой каждое волокно состоит из упорядоченных жгутов, состоящих из отдельных протяженных нанотрубок. В то же время следует отметить, что внешний плотный слой, несмотря на свою небольшую (менее 1% общей толщины стенки цилиндра) толщину, определяет прочностные свойства и целостность всего цилиндра.

Исследование электрохимической активности матриц МУНТ хроновольтамперометрическим (ХВА) методом показало, что по сравнению с графитом исследуемый материал обладает повышенным перенапряжением выделения водорода, пониженным перенапряжением выделения кислорода и более отрицательным равновесным потенциалом.

При анализе термогравиметрических данных наблюдается 2 четко различимых экзотермических процесса. Первый процесс начинается при температурах 630-710 °С в зависимости от количества циклов осаждения, а второй процесс 860-890 °С. Первый пик может быть связан с наличием органических веществ или продуктов их распада находящихся на поверхности нанотрубок и в теле матриц МУНТ, что может быть косвенно подтверждено снижением потери веса образцов при увеличении количества циклов осаждения и уменьшению размеров пика.

Второй пик связан со снятием внутренних напряжений вблизи температуры синтеза нанотрубок. Величина энергетического эффекта плохо зависит от количества циклов осаждения, что может быть связано с нелинейным характером накопления напряжений в процессе роста нанотрубок.

Проведенные исследования показывают высокую термическую устойчивость нанотрубок и повышенную механическую напряженность матриц МУНТ, связанную с особенностями процесса их синтеза.

Работа проводилась при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации ГК № 16.740.11.0217.

**СТРУКТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА
МОДИФИЦИРОВАННОГО ПРИРОДНЫМИ СЛОИСТЫМИ
ГЛИНАМИ**

*STRUCTURAL INVESTIGATION OF UHMW POLYETHYLENE MODIFIED
NATURAL LAYERED CLAYS*

Л.А. Никифоров - асп.

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова

Abstract. In this work author investigates the structure of the composite material by X-ray phase analysis and transmission electron microscopy. Also author correlates the results of structural investigations with the results of physical and mechanical tests.

В настоящее время полимерные композиционные материалы (ПКМ) являются наиболее перспективными материалами, используемыми в машиностроении, обеспечивающими не только замену металлов и сплавов, но повышающими надежность и долговечность деталей машин. Применение их в узлах трения техники, особенно при эксплуатации в холодном климате позволяет решить проблему повышения работоспособности и ресурса деталей. В настоящее время промышленностью выпускается недостаточный ассортимент антифрикционных материалов, работоспособных в условиях холодного климата [1-3].

Целью работы является исследование структуры полимерных композиционных материалов (ПКМ) на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ), наполненного соединениями природного происхождения, подвергнутыми механической активации.

В качестве наполнителей были выбраны природные слоистые силикаты: бентонит, вермикулит и каолинит. Все модификаторы были подвергнуты механоактивации на планетарной мельнице АГО-2 разработки ИХТТМ СО РАН (г. Новосибирск) в течение 2 мин.

В рамках проведенных исследований методом рентгенографии и просвечивающей микроскопии изучены материалы на основе СВМПЭ, наполненные различными наполнителями, а также ультрадисперсные порошки минералов природного происхождения. Методом рентгеновской дифракции получены степени кристалличности, изучена структура ПКМ в зависимости от природы наполнителя.

На основании проведенных исследований можно утверждать, что при наполнении происходит изменение ряда параметров структуры полимерного композиционного материала, таких как степень кристалличности и межплоскостные расстояния кристаллической решетки. Выявлено уменьшение степени кристалличности с увеличением содержания активированного бентонита. Однако подобная закономерность не выявлена при наполнении каолинитом.

Обнаружено увеличение межплоскостных расстояний бентонита, возможным объяснением которого является проникновение макромолекул сверхвысокомолекулярного полиэтилена в межслойное пространство слоистой структуры глин. Данное явление может способствовать некоторому снижению коэффициента трения и возникновению эффекта самосмазывания.

Литература

1. Бартенев Г.М., Лаврентьев В.В. Трение и износ полимеров. Л.: Химия, 1972.
2. Энциклопедия полимеров. / Под ред. В.А. Каргина, Т.1 - М.: Сов. энциклопедия, 1986.
3. Охлопова А.А., Адрианова О.А., Попов С.Н. Модификация полимеров ультрадисперсными соединениями. Якутск: ЯФ Изд-во СО РАН, 2003.

ПОЛУЧЕНИЕ БИОСОВМЕСТИМЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА РАСТВОРНОГО СВС

OBTAINING BIOCOMPATIBLE MATERIALS USING THE METHOD OF SOLUTION OF SHS

В.А.Новиков – студ.

Самарский государственный технический университет

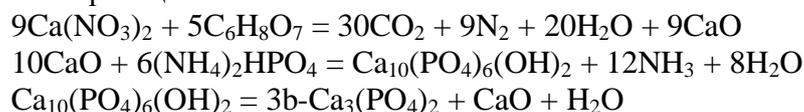
Abstract. Artificial limbs as close as possible to the properties of human bones is an important task for today. Biocompatible materials to date are promising for the development of medical prosthetics. In this article the author examines one of the methods for biocompatible materials.

За последние годы среди различных методов получения наноматериалов все большую популярность приобретает метод растворного самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС). Данный метод является пригодным для синтеза гидроксиапатита (ГАП), который приобретает большую популярность в медицине. Благодаря высокой биосовместимости с тканями организма синтетический ГАП широко используется в данной области в виде биоматериалов. Можно выделить следующие виды материалов на основе гидроксиапатита:

- пористая керамика;
- беспористая керамика;
- порошки;
- керамические покрытия.

Пористая ГАП-керамика используется только в качестве ненагруженных пористых костных трансплантатов. Плотная ГАП-керамика, по сравнению с пористой, обладает более высокими механическими свойствами. Однако ее использование в условиях нагрузки, например, в качестве искусственных суставов, ограничивается низкими ударной вязкостью и прочностью на изгиб. Кроме того, с точки зрения прорастания костной ткани плотная керамика хуже пористой. Размер пор и пористость оказывают большое влияние на механические свойства ГАП-керамики, поэтому управление этими качествами очень важно как с точки зрения механических свойств, так и с точки зрения качества соединения имплантата с костной тканью.

Для синтеза нанокристаллического порошка гидроксиапатита из нитрата кальция, гидрофосфата аммония и лимонной кислоты в качестве горючего, использовался метод растворного СВС. В проведенных опытах гидроксиапатит получали по следующей химической реакции:



Реакционный раствор поместили в индукционную печь нагретую до температуры 600 °С. Испарение раствора и его горение происходило в печи.

Полученный продукт (спек) оказался нанокристаллическим пористым материалом с аморфной структурой.

Перспектива данного исследования заключается в попытке нанесения ГАП, полученного методом растворного СВС, в качестве покрытия на металлические пористые материалы, что дало бы возможность приблизиться искусственным протезам по свойствам к человеческим костям.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ГЕОСИНТЕТИКИ ПО НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ ПОЛЗУЧЕСТИ *PREDICTION OF GEOSYNTHETICS BEHAVIOUR ON THE INITIAL STAGE OF CREEP*

А.П. Павлов – н.с., Э.М. Павлова – м.н.с.

Учреждение Российской академии наук

Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН

Abstract. Nowadays almost all questions devoted to analysis of deformation and destruction processes of geosynthetic materials are considered using methods for homogeneous structures (such as polymers). The most important analyzed problems are creep and long-term strength. Hereditary type model with Abel kernel was used in this work.

Практически все вопросы анализа процессов деформирования и разрушения геосинтетики рассматриваются с точки зрения подходов, используемых для однородных структур (типа полимеров). Наиболее важной из анализируемых задач является ползучесть, т.к. геосинтетика используется обычно для усиления грунтов и подвержена воздействию длительных постоянных нагрузок. Обычно максимально допустимая нагрузка для геосинтетиков определяется исходя из статической прочности, деленной на ряд коэффициентов (коэффициент механического повреждения, показатели химической и бактериологической сред, коэффициент запаса прочности и пр.) Существуют методы, основанные на испытаниях при повышенных температурах (метод температурно-временной аналогии и метод ступенчатых изотерм), но повышение температуры, которое требуется для длительного прогнозирования ползучести, может привести к изменению структуры материала и сказаться на результатах. Наиболее перспективным является метод прогнозирования использующий наследственные представления о характере процесса деформирования.

Обработаны кривые 1000-часовой ползучести георешетки из полиэтилена высокой плотности (HDPE) при разных уровнях нагрузки. Для расчета использовалось определяющее соотношение наследственного типа с ядром Абеля. Результаты расчетов сопоставлены с результатами экспериментов 10000-часовой ползучести. Получено удовлетворительное соответствие расчетных и экспериментальных данных. Результаты сравнения приведены на рисунке.

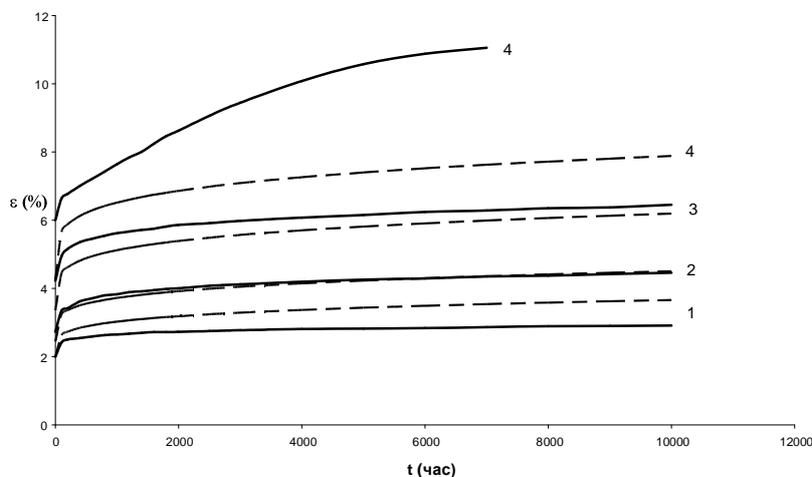


Рис.1. Кривые ползучести георешетки при различных уровнях нагружения (1 – $\sigma=13$ кН/м, 2 – $\sigma=16$ кН/м, 3 – $\sigma=22$ кН/м, 4 – $\sigma=28$ кН/м; сплошные линии – эксперимент, пунктирные – расчет)

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

IMPROVEMENT OF QUALITY GAS-DYNAMIC COVERINGS COPPER

М.С.Пугачев – н.с., Г.В. Москвитин – д.т.н., проф., В.Е. Архипов – к.т.н.,
А.Ф. Лондарский – к.т.н., А.Ф. Мельшанов – вед. инж.

Учреждение Российской академии наук
Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН

Abstract. The new direction of use gas-dynamic a method can become reception of surfaces (bearings) slipping on the basis of cuprum, a brass or aluminium. Explorations have shown, that adhesion of a coat superimposed gas-dynamic sputtering can be raised in 1,5 times. If to spend sputtering under a corner 84° to a product surface the cohesive strength of a superimposed coat with a substrate can be raised on 14 %.

Газодинамическое напыление покрытий достаточно широко используется в промышленности для устранения брака, допущенного при механической обработке или литье изделий, а так же в ремонте при восстановлении геометрических размеров изношенных поверхностей деталей. Одним из новых направлений использования этого метода может стать получение поверхностей (подшипников) скольжения на основе меди, латуни или алюминия.

Газодинамическое напыление позволяет получать слои наклёпанной меди с твёрдостью до 1300 МПа, что соответствует твёрдости латуни со степенью деформации 30-50% . При высокой твёрдости и наличии в структуре микропор размером $15-20 \times 10^{-6}$ м можно рассчитывать на хорошие триботехнические свойства поверхности. Однако, нанесённый металл для использования в узлах трения должен иметь высокие характеристики по прочности сцепления с подложкой (адгезии) и когезии. Поэтому, в данной работе основное внимание уделено исследованию механизма формирования покрытия с целью повышения механических характеристик нанесённых на сталь слоёв меди.

На формирование свойств покрытия, в частности на твёрдость, оказывают влияние два параметра, а именно температура и время напыления. Поэтому, исследование адгезии проводилось на покрытиях, нанесённых на сталь при разной температуре напыления. Величина адгезии меди на стали определялась при испытаниях на сдвиг нанесённого слоя. Данная методика была выбрана в связи с тем, что метод газодинамического нанесения покрытий рассматривался как перспективный способ создания поверхности трения скольжения, например, в паре втулка - вал. При пуске и, особенно остановке оборудования, в паре трения могут возникнуть значительные нагрузки, вызывающие сдвиг и отрыв нанесённого слоя от подложки. Поэтому, результаты испытаний, полученные с использованием данной методики, наиболее полно отвечают предполагаемым условиям работы покрытия.

Проведенные исследования показали, что прочность сцепления медного покрытия, нанесённого газодинамическим напылением с подложкой из стали, может достигать 50 МПа, что соответствует результатам, получаемым при использовании плазменного напыления или металлизации, но без существенного разогрева подложки.

Выполненные исследования показали также, что адгезию покрытия нанесённого газодинамическим напылением можно повысить в 1,5 раза, если с использованием режущего инструмента обработать поверхность на 50% толщины получаемого слоя.

Одновременно было показано, что прочность сцепления наносимого покрытия с подложкой можно повысить на 14%, если проводить напыление под углом 84° к поверхности изделия.

**ПОЛУЧЕНИЕ АЛЮМИНИЕВЫХ КОМПОЗИТОВ
С ВОЛОКНИСТОЙ СТРУКТУРОЙ С ПОМОЩЬЮ НАНОПОРОШКОВ**
*RECEPTION OF ALUMINIUM COMPOSITES
WITH FIBROUS STRUCTURE BY MEANS OF NANOPOWDERS*

М.В. Резанова – инж., **С.Н. Решетникова** – к.т.н.
Сибирский государственный аэрокосмический университет
имени академика М.Ф. Решетнева

Abstract. The technology of reception fibrous aluminium composite received with use nanopowders chemical compounds is offered.

При использовании приемов порошковой металлургии формирование изделий непосредственно из порошков позволяет использовать исходное сырье практически без его потерь. Переработка техногенных образований, накопившихся в стране в виде, в основном, дисперсных стружки, опилок, пылей, шламов, шлаков, также требует применения приемов порошковой металлургии: плунжерного и валкового брикетирования в сочетании с процессами металлургической переработки.

Д. Менделеев недаром утверждал: «нет отходов, а есть плохо переработанное сырье». Данное утверждение справедливо в отношении лома и отходов цветных металлов, являющихся одним из высоколиквидных видов металлургического сырья.

Путем прессования композиции, состоящей из частиц алюминия или алюминиевых деформируемых сплавов АД0 или Д1, или Д16 либо в виде гранул, крупки или сечки и различных нанопорошков (НП) (Al_2O_3 ; AlN; B_4C ; BN; $Cr_3C_{1,6}N_{0,4}$; HfB_2 ; HfN; LaB_6 ; SiC; Si_3N_4 ; TaN; $Ti_xC_yN_z$; $Ti_xC_yN_zO_i$; TiN; TiO_2 ; VC; $V_xC_yN_z$; ZrB_2) получены модифицирующие прутки. Было установлено, что их внутренний объем состоит из протяженных, настолько плотно скомпактированных волокон тонкого сечения, что даже с помощью инструментов их было трудно отделить друг от друга. В прутках $\varnothing 9,5$ мм насчитывалось от 1100 до 1200 плотно скомпактированных, вытянутых в направлении волокон сечением $0,005...0,075$ мм², длина которых в зависимости от размера алюминиевых частиц находится в диапазоне 400...3200 мм. Электронные микроструктуры показали, что поверхность волокон полностью плакирована частицами НП. При этом чистота поверхности такого прутка была одинаковой с прутком, экструдированным из компактной алюминиевой заготовки, полученной из слитка.

При определении механических свойств прутка, отпрессованного из гранул алюминиевого деформируемого сплава АД0, были получены: $\sigma_b = 98,1$ МПа, $\sigma_{0,2} = 48,1$ МПа и $\delta = 42,8$ мм, тогда как при прессовании прутков такого же диаметра из таких же гранул, но с НП BN, σ_b повысилось до 113,8 МПа (на 16,0%), $\sigma_{0,2}$ до 56,9 МПа (на 18,3%) и δ до 43,2 (на 0,9%), а из гранул и НП TiCN – σ_b увеличилось до 121,6 МПа (на 24,0%), $\sigma_{0,2}$ до 59,9 МПа (на 22,5%) и δ до 43,9 (на 2,6%).

Следует отметить, что оболочка прутков, имеющая толщину в десятые доли миллиметров, легко разрезается и расположенные под ней волокна можно отделить друг от друга и использовать как исходный материал для последующего получения компактного прочного композиционного материала.

Таким образом, оказалось, что в процессе отработки технологии изготовления модифицирующего прутка, содержащего НП, фактически был получен новый композиционный материал.

По разработанной технологии были отпрессованы протяженные профили (метры) практически любого сечения и габаритов (уголок, швеллер, тавр, трубки и др.), что определяется профилем фильеры. Исследования показали, что их внутренняя структура также является волокнистой, а механические свойства были практически одинаковыми с полученными ранее на прутках.

КЛАССИФИКАТОР БАЗИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

CLASSIFIER OF BASING ELEMENTS THE MACHINE TOOL ADAPTATIONS

Н.А. Родионова - к.т.н.

Учреждение Российской Академии наук
институт машиноведения им.А.А.Благонравова РАН

Abstract. Shows the factors influencing the selection of elements based machine tool accessories. This allows you to compile the available information about them, to unify, to quickly find the required elements and improve the quality of devices.

Анализ конструкций базирующих элементов показал, что они делятся на две группы: опорные и опорно-зажимные, в последнем случае базирование заготовки происходит одновременно с её зажимом, как например, в 3-х кулачковом патроне, где кулачки одновременно базируют и зажимают заготовку.

Первый отличительный признак - число лишаемых у заготовки степеней свободы (1 - 6). Влияние лишаемых степеней свободы сказывается на конструкции базирующего элемента. Под *вторым признаком* прием наименование базы: опорная (О), направляющая (Н), двойная опорная (ДО), установочная (У) и двойная направляющая (ДН), также возможны различные сочетания данных баз. Влияние наименования базы сказывается на конструкции базирующего элемента через геометрию базы и число лишаемых степеней свободы. *Третий признак* - вид базы заготовки, которая может быть явной (Я) или скрытой (С). *Четвертым отличительным признаком* принята геометрия базы. У явной базы это может быть плоскость (П), линия (Л), точка на линии (ТЛ), две точки на линиях в 2-х взаимноперпендикулярных плоскостях (ДТЛ), три точки в 3-х перпендикулярных плоскостях (ТТЛ), две линии, расположенные в 2-х взаимноперпендикулярных плоскостях (ДЛ); у скрытой базы – точка симметрии на линии (ТСЛ), точка симметрии на плоскости (ТСП), линия симметрии (ЛС), центр симметрии в пространстве (Ц), плоскость симметрии (ПС) и ось симметрии (ОС). Также возможны различные сочетания данных характеристик. *Пятым отличительным признаком* является вид поверхности заготовки: наружная (НР) или внутренняя (В). *Шестой признак* – площадь поверхности заготовки (малые (М), средние (Ср), большие (Б)). *Седьмой признак* – шероховатость поверхности заготовки, которая может быть малая (М), средняя (Ср) и большая (Б). *Восьмой признак* делит заготовки на жесткие (Ж) и нежесткие (НЖ). И последний *девятый признак* – варианты конструкций базирующего элемента.

С помощью предложенного классификатора каждому базирующему элементу присваивается соответствующий код из латинских букв, в котором каждая буква соответствует определенному отличительному признаку классификатора. На основе этого можно составить базу данных базирующих элементов, в которой поиск требуемого базирующего элемента осуществляется по коду, закрепленному за каждым элементом.

В соответствии с приведенным классификатором код базирующего элемента будет иметь вид: [A-F][A-M][A-V][A-Z][A-B][A-C][A-C][A-B][1-m], последняя скобка отвечает за количество вариантов базирующих элементов, подходящих по имеющимся исходным данным.

Таким образом, конструктор, зная вид и тип базы, вид, размеры и уровень неровностей поверхностей заготовки, контактирующих с опорными элементами, а так же размеры, массу, жесткость заготовки, конструктор определяет в соответствие с классификатором коды требуемых базирующих элементов, по которым из базы данных находит чертежи базирующих элементов и при наличии вариантов выбирает наилучший.

ПРИМЕНЕНИЕ РЕЖИМА МИКРОСВАРИВАНИЯ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ЗАПРЕССОВКЕ *MODE APPLICATION MICROWELDING AT AN ULTRASONIC PRESS FITTING*

С.С. Савельев – студ., Д.В. Анкудинов – асп.
Самарский государственный технический университет

Abstract. This paper presents the analysis of processes occurring while assembling with ultrasonic small-amplitude oscillation superposition. Basing on the made experiment results the authors give the conclusions about factors affecting the formed joint quality.

В процессе бурения скважин используются долота, содержащие в качестве породоразрушающего инструмента специальные твердосплавные зубки, которые запрессовываются своей цилиндрической частью в расположенные на корпусе шарошки отверстия. Отклонения величин натягов запрессованных зубков от номинальных значений приводят к преждевременному разрушению буровых долот и существенному снижению эффективности бурения.

При направленном введении в зону силового контактного взаимодействия деталей дополнительной УЗ энергии происходит интенсивное разрушение окисных пленок и образование вследствие этого в зоне трения ювенильных поверхностей (участков чистого металла) и физического контакта деталей, ведущего к возникновению схватывания. В ювенильных зонах и происходит химическое схватывание материалов соединяемых деталей, а в условиях ультразвуковых колебаний - и микросварка, что значительно повышает прочность соединения.

Были проведены экспериментальные исследования воздействия УЗ колебаний на качество сборки с натягом деталей (зубок-шарошка) по прессовым посадкам. На рисунке 1 представлены микрофотографии зоны контакта для различных времен воздействия ультразвука, показывающие формирование процесса схватывания деталей и образования микросварного соединения.

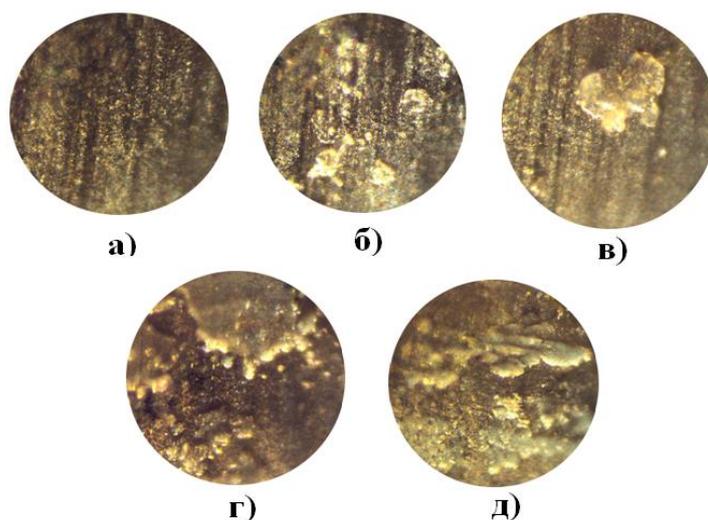


Рис. 1. Макроструктура поверхности прессовых соединений после различного времени воздействия ультразвука: а) без режима выдержки; б) выдержка 1 с; в) выдержка 10 с; г) выдержка 30 с; д) выдержка 60 с

Полученные результаты показывают, что при запрессовке зубков с применением резонансных колебаний среднее усилие запрессовки снизилось на $6\div 18$ % с одновременным повышением прочности соединений до $15\div 20$ %.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДЕФЕКТОВ ПРИ ВАКУУМНОЙ ИНФУЗИИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

MATHEMATICAL SIMULATION OF TECHNOLOGICAL DEFECTS INITIATION IN VI OF FRP PARTS

А.А. Сафонов – с.н.с., к.т.н.

Институт машиноведения им.А.А.Благонравова РАН

Abstract. Work is devoted mathematical models for simulation of technological defects initiation in VI of FRP parts. Classification of technological defects and properly models are considered.

Работа посвящена описанию математических моделей возникновения технологических дефектов при вакуумной инфузии изделий из композиционных материалов. Инфузия – это технологический процесс изготовления стеклопластиковых изделий, при котором материал формируется при пропитке армирующего наполнителя смолой за счет действия вакуумирования. С использованием технологии вакуумной инфузии изготавливают различные крупногабаритные композитные конструкции: корпуса яхт, лопасти ветряных установок, мостовые конструкции и др.

Важнейшей задачей при проектировании инфузионного процесса является разработка системы пропитки. Если изделие полностью не пропитается во время технологического процесса или будет содержать повышенное количество технологических дефектов, то оно будет забраковано. При производстве крупногабаритных конструкций это сопряжено с большими финансовыми и временными потерями.

При вакуумной инфузии имеют место следующие характерные технологические дефекты: низкая степень отверждения или неравномерное отверждение, незаконченное заполнение, сухие участки, пористость. Для математического описания возникновения дефектов были разработаны компьютерные программы по моделированию полимеризации и пропитки.

Распределение температурного поля внутри детали моделировалось уравнением теплопроводности. Для учета изменения степени полимеризации использовались кинетические соотношения. Течение смолы через армирующий наполнитель моделируется законом Дарси, который устанавливает линейное отношение между скоростью потока и градиентом прикладываемого давления. Поставленные задачи были решены численно с использованием метода конечных элементов (МКЭ) с применением итерационных методов.

Параметры математической модели (проницаемость, вязкость связующего, скорость полимеризации связующего) существенно зависят от стабильности характеристик базовых материалов и технологических параметров. Все перечисленные факторы невозможно достоверно учесть в феноменологических моделях для параметров модели. Поэтому для учета вариации входных параметров характеристик базовых материалов и полуфабрикатов рассматривают стохастический подход, при котором входные данные задаются в виде случайной величины с заданным распределением. Затем методом Монте-Карло определяются функцию распределения выходных параметров технологического процесса: время пропитки, наличие непропитанных зон и т.д.

Приводятся примеры реализации данного подхода к моделированию возникновения дефектов в изделиях сложной формы.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ ПРИ СЛУЧАЙНОМ НАГРУЖЕНИИ

PREDICTING DURABILITY OF STRUCTURAL STEELS UNDER RANDOM LOADING

А.А. Седов – асп., А.В. Сиромехин – асп., А.В. Андроник – асп.,
А.Н. Савкин - д.т.н., проф.

Волгоградский государственный технический университет

Abstract. In order to predict the resource element of the suspension of the vehicle in loading conditions close to operational, have been investigated by calculation and experimental evaluation of durability of steel with a random loading. Random realization was obtained on the basis of a dynamical model of the object. A comparative analysis was performed using various models of summation of fatigue damage.

Многие машины и конструкции в процессе эксплуатации испытывают переменные нагрузки. Один из источников для формирования спектра нагружения является использование динамической модели объекта.

В качестве внешнего нагружения использована случайная выборка по амплитуде нагружения, вертикальной нагрузки передней подвески автомобиля-внедорожника на «плохой» дороге (бульжник с выбоинами). Эта нагрузка может быть определяющей в накоплении усталостных повреждений конструктивными элементами автомобиля. После схематизации по методу «падающего дождя» амплитуды были приведены к симметричному циклу нагружения, связанным с механизмом накопления усталостных повреждений. Наличие среднего напряжения не учитывалось.

Исходными данными для оценки повреждаемости материала при случайном нагружении являются параметры кривой выносливости, отнесенные к 50% вероятности разрушения, полученные при стационарном циклическом нагружении.

Экспериментальная часть работы была проведена на сервогидравлической машине фирмы «BISS» с максимальным усилием 100 kN. В качестве материала была использована сталь 40X.

Рассмотрены линейная модель Пальмгрена-Майнера (разрушение наступает тогда, когда накопленная мера повреждаемости $D=1$), Серенсена-Когаева (разрушение может наступить и при $D=a_p < 1$, что определяется характером действующей внешней нагрузки), а также модели, оценивающие влияние материала, полноты цикла и суммирования усталостных повреждений с учетом развития неупругих явлений в локальных областях металла, способствующих инициированию трещины.

Оценка долговечности стали проводилась и по деградационным моделям суммирования повреждений. Она основана на физически описываемой деградации прочностных характеристик металла и отказа в момент, когда остаточная прочность соответствует действующему максимальному циклическому напряжению. Повреждение оценено в термине физической прочности данного элемента и может быть экспериментально определено в текущий момент переменного нагружения. Все деградационные модели базируются на условии, что остаточная прочность — монотонно уменьшающая функция числа циклов.

Применение вышеуказанных моделей даёт результаты, близкие к экспериментальным. Линейная модель, не использующая для настройки дополнительные постоянные или функции, показывает излишне оптимистические результаты. Сложность использования деградационных моделей состоит в том, что постоянные используемые для настройки моделей не имеют физического смысла, и для их определения необходимы дополнительные экспериментальные исследования при случайном взаимодействии.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МНОГОСЛОЙНОЙ РЕЗИНОКОРДНОЙ СТРУКТУРЫ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ШИН

PNEUMATIC TIRES MULTILAYERED STRUCTURES

STRAIN-STRESS STATE ANALYSIS

С.Л. Соколов¹ - к.т.н., Б.Н. Ушаков² - д.т.н., проф.

¹ Холдинговая компания «ЛЮЙЛ НЕФТЕХИМ», проектный центр «СПЕКТР»

² ИМАШ РАН

Abstract. The pneumatic tire rubber-cord layer model for stress-strain state calculation by means of finite element method is offered. A cord and a rubber matrix had been modeled by separate groups of 3d finite elements.

Пневматические шины представляют собой композитную (резинокордную) конструкцию, состоящую из резинокордных слоев, образующих силовой каркас, и резиновых деталей различной жесткости. Для получения механических свойств резинокордных слоев используются различные теории, определяющие эквивалентные характеристики композита на основе свойств наполнителя (нитей корда) и матрицы (резины) (например, [1]). Подобные теории предполагают однородность распределения деформаций (или напряжений) по резинокордному слою. Однако расчетно-экспериментальный анализ напряженно-деформированного состояния (НДС) зон повышенных деформаций пневматических шин свидетельствует, что не всегда подобный подход позволяет определить характер изменения напряжений при различных нагрузках на шину [2].

Для определения неоднородного распределения НДС в резинокордных слоях (рисунок 1б) и по толщине шины предложены модели композита с использованием метода конечных элементов (МКЭ), отдельно рассматривающие резиновую матрицу и нити корда (рисунок 1а). Для учета механических свойств нитей корда, представляющих собой сложную конструкцию из отдельных текстильных волокон или металлических провололочек, скрученных в пряди, нить корда моделируется составной структурой в виде нескольких объемных изотропных конечных элементов (КЭ).

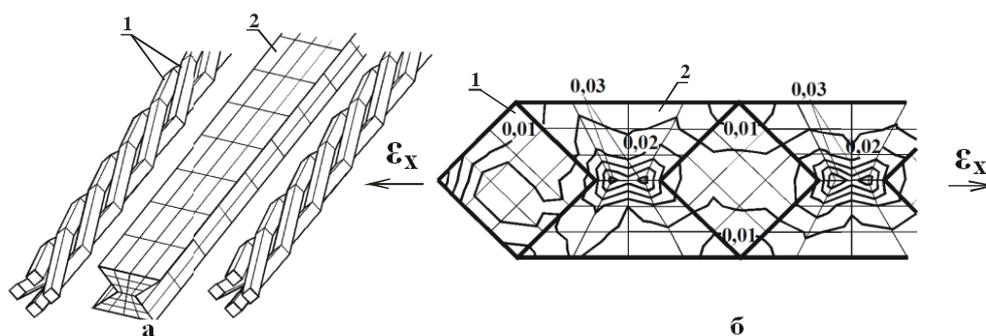


Рис. 1. (а) – Моделирование резинокордного слоя пневматической шины с помощью МКЭ (1 – нить корда, 2 – резиновая матрица); (б) – распределение интенсивности деформаций в резиновой матрице при растяжении однослойного резинокордного образца поперек нитей ($\epsilon_x = 0,01$).

Литература

1. Аболиньш Д. С. Теория податливости однонаправленного армированного упругого материала // Механика полимеров. – 1965. - №4.
2. Соколов С.Л. Расчетно-экспериментальные методы исследования напряженно-деформированного состояния и циклической долговечности пневматических шин // Автореферат дис. д-ра техн. наук. - М.: ИМАШ РАН. - 2011. - 55с.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ, УПРОЧНЕННЫЕ НАНОЧАСТИЦАМИ

NANOPARTICLE-REINFORCED CAST ALUMINIUM MATRIX COMPOSITES

П.О. Суходаев¹ - магистрант, В.А. Ардамин² – асп.

¹Сибирский федеральный университет, Институт инженерной физики и радиоэлектроники

² Сибирский государственный аэрокосмический университет им. ак. М.Ф.Решетнева

Abstract. This article discusses the composites based on aluminium, modified with nanoparticles, and their dignity. The authors propose the technology of modification, which excludes the agglomeration of particles and their interaction with the environment. The effect of small particles on the microstructure of the alloys has been studied.

Композиционные материалы на основе алюминия с дисперсной фазой в виде наночастиц тугоплавких химических соединений являются перспективным конструкционным материалом, так как обладают оптимальной совокупностью прочности и пластичности при сравнительно небольшой плотности.

Наночастицы, как модификатор способствуют уменьшению кристаллических зерен сплава, а также препятствуют распространению трещин.

Так как, в отличие от добавок частиц микронных размеров, прямое введение наномодификаторов невозможно из-за ряда причин (интенсивное взаимодействие частиц с собственными адсорбированными газами, компактирование, образование пылевидной взвеси), была разработана технологическая схема модифицирования матричного сплава нанопорошками, которая включает следующие операции: 1) смешивание фрагментов матричного сплава с наночастицами; 2) прессование прутка из полученной смеси; 3) расплавление металла и помещение прутка в расплав; 4) выдержка; 5) перемешивание; 6) заливка в форму.

В качестве добавки использовался ультрадисперсный порошок оксида алюминия (размер частиц менее 0,1 мкм), полученный электровзрывным методом.

Для получения модифицирующего прутка было спроектирована и изготовлена пресс-форма, работающая по принципу экструдирования шихты, состоящей из гранул, покрытых наночастицами. Рассчитано предельное усилие экструдирования. Покрытие наночастицами гранул производилось на специальной установке в течение 1,5 – 2-х часов. Полученная шихта содержала до 5% оксида алюминия.

Технология получения образцов композиционного материала заключалась в следующем: после расплавления в электрической печи сопротивления в графито-шамотовом тигле алюминия марки А7 и доведения его температуры до 800⁰С, тигель извлекали из печи, и в металл помещали заранее приготовленный спрессованный модифицирующий пруток. Затем тигель снова помещали в печь и выдерживали 10 мин. при 800⁰С, после чего его извлекали из печи и перемешивали расплав в течение 1 мин., затем расплав заливали в специально изготовленный кокиль. После остывания металла из кокиля извлекали образец призматической формы.

Кроме того были изготовлены образцы из базового сплава. Полученные модифицированные и немодифицированные образцы обрабатывались на металлорежущих станках и подвергались испытаниям на сжатие и ударную вязкость. Результаты испытаний показали увеличение предела текучести при сжатии на 10-18% и ударной вязкости на 10-20% для образцов, модифицированных наночастицами, по сравнению с образцами из базового сплава. Была изучена микроструктура сплавов. Установлено, что добавки высокодисперсных частиц уменьшают размер кристаллических зерен металла.

ПЕНОМЕТАЛЛ: ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МАТЕРИАЛ 21-ГО ВЕКА METAL FOAM: A PROMISING MATERIAL FOR THE 21ST CENTURY

П.О.Суходаев¹ - магистрант, В.А.Ардамин² – асп.

¹ Сибирский федеральный университет, Институт инженерной физики и радиоэлектроники

² Сибирский государственный аэрокосмический университет им. ак. М.Ф.Решетнева

Abstract. The paper considers the properties of metal foams and their applications. Authors propose the technology for manufacturing metal foam by liquid-phase method using calcium carbonate. The properties of obtained samples have been investigated. The ways of improving the quality of metal are proposed.

Пенометаллы (ПМ), особенно получаемые из алюминиевых сплавов, являются перспективным материалом для широкого круга промышленных предприятий, включая автомобильную, авиационную и аэрокосмическую отрасли, благодаря наличию у этих материалов оптимальной комбинации таких свойств, как низкая плотность, высокий коэффициент энергопоглощения, хорошая термическая стабильность и высокая демпфирующая способность.

Существует несколько методов изготовления ПМ, из которых основными являются жидкофазный и твёрдофазный методы, причем жидкофазный получил наибольшее применение благодаря своей экономичности и производительности.

Классическая жидкофазная технология получения ПМ заключается в выполнении следующих операций: 1) расплавление металла; 2) формирование в объеме расплава газовой среды прямым введением газа, либо посредством выделения газа из порофоров, замешиваемых в расплаве; 3) получение вспененной массы; 4) дальнейшая обработка вспененной массы (обработка давлением, термообработка и др.).

В качестве порофоров используются кальцит CaCO_3 или гидрид титана TiH_2 . Основными их различиями является температура разложения и выделяющийся при разложении газ, а также образующаяся структура материала. Для получения пеноалюминия нами был выбран кальцит.

Технология получения пеноалюминия заключалась в следующем. После расплавления в электрической печи сопротивления в графито-шамотовом тигле алюминия марки А7, и доведения его температуры до 800°C , тигель извлекали из печи, и на зеркало металла засыпали 5 масс.% (от массы алюминия) порошка CaCO_3 , при одновременном механическом перемешивании металла. Затем тигель снова помещали в печь и выдерживали его 10 мин. при 800°C , после чего его извлекали из печи и перемешивали расплав в течение 3 мин., после чего тигель снова помещали в печь и выдерживали расплав 15 мин. при 850°C . По окончании приведенного цикла тигель со вспененным алюминием удаляли из печи и пеноалюминий извлекали из тигля.



Рис. 1 - Образец пеноалюминия, полученный в настоящей работе. Размер 40x35x35 мм. Преобладает сферическая форма пор, их размеры находятся в диапазоне 0,5...10 мм, и они равномерно распределены по объему металла. Образец имеет кажущуюся плотность $0,83 \text{ г/см}^3$, пористость 70%, предел прочности на сжатие составляет 3,8-4,2 МПа.

В работе предложены способы и технологии повышения прочности на сжатие за счет применения высокодисперсных добавок.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЦИКЛИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОМ ЦИКЛИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

MODELING PROCESS OF CYCLIC STRAINING OF STRUCTURAL MATERIALS AT NONISOTHERMAL CYCLIC LOADING

А.И.Факеев – инж., Ю.М. Темис - д.т.н., проф.
ФГУП ЦИАМ им.П.И. Баранова

Abstract. Model of elastoplastic material at nonisothermal cyclic loading is proposed. This model is realized in FEM program ROTOR. Comparison of calculations of modeling of plain specimen and experimental results at hard loading and high temperatures is performed.

Математическое моделирование процессов циклического упругопластического деформирования конструкций при переменных температурах является актуальной. Поэтому для адекватного моделирования напряженно-деформированного состояния и долговечности конструкций при циклическом нагружении необходимо учитывать влияние температурных нагрузок, что возможно если обобщить деформационную теорию пластичности на случай неизотермического циклического нагружения.

При этом трехпараметрическая модель, предназначенная для расчета пластических деформаций при циклическом нагружении в изотермических условиях, должна быть обобщена на случай неизотермического нагружения. Это позволяет описывать кривые циклического деформирования при термосиловом нагружении, учитывая эффект Баушингера, изменение модуля разгрузки и различные масштабы преобразования линейного и нелинейного участков первоначальных кривых деформирования, полученных при разных температурах. В качестве структурного параметра, характеризующего влияние циклического упругопластического деформирования, принят параметр Одквиста

$\chi = \sum_i^n |\Delta \varepsilon_i|$. Для учета изменения температур в процессе нагружения применено понятие

термомеханической поверхности - поверхности неизотермического пластического деформирования. Для каждого k -ого полуцикла нагружения рассчитаны изотермические кривые циклического деформирования для температур текущего полуцикла при текущей накопленной пластической деформации. На основе построенных кривых построена текущая термомеханическая поверхность, определяемая по накопленной пластической деформации для предыдущие $k-1$ полуцикл. По полученной поверхности в пространстве напряжений температур и деформаций рассчитана неизотермическая кривая циклического деформирования.

Сопоставление экспериментальных результатов для битермальных циклов с результатом моделирования показало, что семейство термомеханических поверхностей может быть использовано для моделирования кривых циклического деформирования при неизотермическом нагружении (особенно в условиях ограниченного объема экспериментальных данных).

Модель реализована в программном комплексе МКЭ «РОТОР», предназначенном для моделирования напряженно-деформированного состояния деталей конструкций.

Для проверки работы модели в комплексе «РОТОР» промоделировано упругопластическое поведение гладких цилиндрических образцов при битермальном циклическом нагружении. Задача рассматривалась в осесимметричной постановке при жестком нагружении. Результаты моделирования соответствуют результатам эксперимента.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО РАЗРУШЕНИЯ В КОНСТРУКЦИЯХ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОДУКТОВ MSC.SOFTWARE

MODERN METHODS OF PROGRESSIVE FAILURE ANALYSIS OF COMPOSITE STRUCTURES USING MSC.SOFTWARE

Л.Л.Фирсов - главный специалист
ЗАО «Гражданские самолёты Сухого»

Abstract. The paper is covered problems of progressive failure analysis of composite structures. Several modern approaches of such analysis were reviewed. Computer code were developed to calculate the iterative procedure of progressive analysis which consists of calculating stress and strain distribution, applying failure criteria and ply stiffness degradation model and create an input file for the next iteration. An example shows an application of implemented approach coupled with MSC.Nastran solver for the analysis of tension specimen with open hole.

В работе рассматривается проблема прогрессирующего разрушения конструкции из композиционных материалов (КМ) с глобальным концентратором на примере прямоугольного образца с отверстием с отношением диаметра к ширине образца 1:2.

В работе описан разработанный программный комплекс, который является надстройкой к конечно-элементному пакету MSC.PATRAN/NASTRAN. Программный комплект реализует процедуру анализа прогрессирующего разрушения КМ. Приведён сравнительный анализ существующих моделей деградации КМ из литературы. Предложена блок схема для конструирования собственных моделей прогрессирующего разрушения из уже существующего набора критериев прочности, модели деградации свойств и выбора приращения нагружения.

Описанный программный пакет анализирует входные и выходные файлы решателя MSC.NASTRAN. На первоначальном шаге решается задача статической прочности конструкции из КМ для определения первоначального напряжённо-деформированного состояния. Далее запускается автоматическая итерационная процедура анализа. Каждый шаг процедуры увеличивает внешнюю нагрузку и рассчитывает действующие напряжения в КМ. Затем к каждому слою КМ применяются критерии прочности для анализа возможного разрушения волокна, матрицы или адгезивного слоя. После определения параметров разрушения производится редуцирование жесткостных характеристик повреждённых участков КМ в соответствии с типом разрушения. Производится расчёт обновлённых редуцированных характеристик пакета и формируются файлы расчёта для конечно-элементного решателя для следующей итерации.

Реализован модуль для вывода различных результатов расчёта: рост зоны повреждения на каждой итерации, отслеживание типа повреждения (волокно, матрица), производится вывод деформаций, напряжений и минимальных запасов прочности.

Приведены результаты анализа образца с отверстием на растяжение.

ЧИСТЫЙ ИЗГИБ ПРИ ПОЛЗУЧЕСТИ БАЛКИ С УЧЕТОМ ПОВРЕЖДЁННОСТИ И РАЗНОСОПРОТИВЛЯЕМОСТИ МАТЕРИАЛА РАСТЯЖЕНИЮ И СЖАТИЮ

PURE BENDING OF BEAMS WITH CREEP INCLUSIVE OF DAMAGE AND MULTIMODULUS BEHAVIOR OF THE MATERIAL UNDER TENSION AND COMPRESSION

Л.В. Фомин – вед. инженер
НИИ механики МГУ

Abstract. The pure bend of a beam in the course of creep inclusive of multimodulus behavior and damage of the material is considered. There is fractional-order constitutive equations by Rabotnov are used. Calculation is spent in linear and nonlinear statements.

В настоящее время опубликовано довольно много работ, посвященных изучению чистого изгиба балок в процессе ползучести. Проведенный обзор некоторых из них послужил поводом для дальнейшего исследования данной задачи. В отличие от этих работ, в настоящей работе рассматривается чистый изгиб балки в процессе ползучести с одновременным учетом разносопротивляемости материала растяжению и сжатию и накопления поврежденности материала. Рассмотренная задача решена для балки прямоугольного поперечного сечения. При расчете использовались дробно-степенные определяющие соотношения, которое в одноосном случае принимаются в следующем виде, предложенном Ю.Н. Работновым, в котором зависимости $\dot{\rho}$ от напряжения σ имеет дробно-степенной вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{\rho} = A \left[\frac{\sigma}{\sqrt{\sigma_{b_1} - \sigma} \cdot \sigma - \sigma_{b_2}} \cdot (1 - \omega) \right]^n, \quad \sigma > 0 \\ \dot{\rho} = A \left[\frac{\sigma}{\sqrt{\sigma_{b_1} - \sigma} \cdot \sigma - \sigma_{b_2}} \right]^n, \quad \sigma \leq 0 \end{array} \right.$$

где $\omega = \omega(y, t)$ - поврежденность, σ_{b_1} , σ_{b_2} - пределы прочности при растяжении и сжатии соответственно.

Кинетические уравнения для поврежденности ω принимаются в виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{\omega} = B \left[\frac{\sigma}{\sqrt{\sigma_{b_1} - \sigma} \cdot \sigma - \sigma_{b_2}} \cdot (1 - \omega) \right]^m \quad \text{при } \sigma > 0, \\ \dot{\omega} = 0 \quad \text{при } \sigma \leq 0, \end{array} \right.$$

В ходе решения используется гипотеза плоских сечений, учитывающая смещение нейтральной оси при изгибе в процессе ползучести вследствие разносопротивляемости материала. Расчет производится как в линейной $m=n=1$, так в нелинейной $m=n=3$ постановках, с использованием безразмерных переменных. Результаты расчетов приводятся в виде таблиц и графиков. Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 11-08-01015, 11-08-00004.

Автор выражает благодарность профессору А.М. Локощенко и и.о. зав. лаб.
К.А. Агахи за постановку задачи и обсуждение результатов.

АНАЛИЗ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ

ANALYSIS OF MECHANICAL PROPERTIES OF POLYMER NANOCOMPOSITES

М.А.Фроня¹, С.И.Алексеева¹, И.В.Викторова²

¹ Учреждение Российской академии наук Институт машиноведения им. А.А. Благонравова

² Университет Клемсона, США

Abstract. This work is devoted to experimental studies and mathematical modeling of viscous-elastic properties of polymer nanocomposites with nanofillers of various modifications of carbon: nanotubes and ultradispersed diamonds. The bulk specimen assumption was used.

Представленная работа посвящена экспериментальным исследованиям и математическому моделированию вязкоупругих свойств полимерных нанокompозитов, наполненных разными модификациями углерода: ультрадисперсные алмазы и углеродные нанотрубки.

Разработка и развитие технологий производства микро- и нанодисперсных материалов позволяет использовать такие материалы в качестве наполнителей в композитах. Одним из активно исследуемых типов композитных материалов являются нанокompозиты с полимерной матрицей и наполнителями в виде различных модификаций углерода.

В представленной работе исследовались нанокompозиты, в качестве матрицы которых использовался полиамид, а в качестве наполнителя - ультрадисперсные алмазы или углеродные нанотрубки. Образцы представляли собой объемный материал, и к ним были применены методики, используемые для массивных образцов, а именно исследовалось реономное поведение материалов - ползучесть. По результатам экспериментальных испытаний проведен сравнительный анализ данных, полученных для полимерных нанокompозитов, с данными для чистого полимерного материала, используемого в качестве матрицы в исследуемых нанокompозитах.

Используя проведенные кратковременные лабораторные испытания и, основываясь на представлениях наследственной механики с определяющим уравнением в виде интегрального уравнения Вольтера 2-го рода, было выполнено математическое моделирование для прогнозирования поведения полимерных нанокompозитных материалов. В качестве ядра интегрального уравнения использовалось ядро Абеля и Работнова.

Выполненный комплексный анализ вязкоупругих свойств нанокompозитных материалов представляется весьма перспективным как для адекватного выбора модели и ее описания, так и для предсказания деформационных характеристик полимерных нанокompозитов.

**УЧЕТ РАЗОРИЕНТАЦИИ ВОЛОКОН ПРИ РАСЧЕТЕ
ХАРАКТЕРИСТИК ПРОФИЛИРОВАННОЙ БАЛКИ ИЗ КМ
THE CONSIDERATION OF FIBERS DISORIENTATION EFFECT
IN DESIGN OF SHAPED FRP BEAMS**

В.В.Шабалин – асп., Н.А.Татусь – к.т.н.

Институт машиноведения им.А.А.Благодирова РАН

Abstract. Application of fibrous reinforcement plastics (FRP) appears most effectively in those elements where besides weight reduction it is possible to solve a basic constructive problem: to increase bearing ability, wear resistance, durability, survivability, to lower quantity of details and units, to simplify technology. Fine example of successful use of advantages of FRP is composite leaf springs. In the report, on the elementary instance of a cantilevered beam it is shown futures of composite elements design with the account of fibres disorientation effect.

Применение волокнистых композиционных материалов (КМ) оказывается наиболее эффективно в тех элементах, где помимо снижения веса удается решить принципиальную конструктивную задачу: увеличить несущую способность, износостойкость, долговечность, живучесть, снизить количество деталей и узлов, упростить технологию получения изделий сложной формы.

Прекрасным примером успешного использования преимуществ КМ служат стеклопластиковые рессоры. Эти упругие элементы используются не только в автомобилестроении (рис.1), но и при производстве лёгких самолётов, автожиров, снегоходов и т.д. Существуют даже крепящиеся к ногам человека «Джолли-джамперы» (рис.2), по сути – рессоры, позволяющие прыгать до 2,5 м в высоту, 5 м в длину и бежать со скоростью 32 км/ч. То есть технология создания КМ позволяет конструкторам уверенно проектировать композитные упругие элементы с широкой областью применения.

В докладе, на простейшем примере консольной балки показаны особенности расчета композитных элементов с учетом возникающей при профилировании разориентации волокон. Оценено влияние разориентации на модуль упругости и прочностные характеристики материала. Приведены примеры профилированных балок, проведено сравнение их с прямоугольными. Показано, что при помощи профилирования возможно значительно увеличить запасаемую упругую энергию.



Рис. 1. Стеклопластиковые рессоры – «ангрейд» на «Джип Ранглер» для продвинутых путешественников



Рис.2. «Джолли-джампер»

Литература

1. Полилов А.Н., Татусь Н.А. Критерии прочности полимерных волокнистых композитов, описывающие некоторые экспериментально наблюдаемые эффекты//Проблемы машиностроения и автоматизации. 2008, №3, с. 103-110.
2. Полилов А.Н., Татусь Н.А. Оптимальное проектирование композитных структур по условиям «равнопрочности»//Труды Всероссийского съезда по теоретической и прикладной механике, 2006, том 3, стр. 175.

СЕКЦИЯ 3.
Нелинейная волновая механика и
ТЕХНОЛОГИИ

ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ДВИГАТЕЛЬ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

THE PIEZOELECTRIC ENGINE OF LOW POWER

П.В. Архипов – студ., И.В. Шуваев – к.т.н., и.о. доц.
Самарский государственный технический университет

Abstract. Piezoelectric engine has a number of lacks. In this work the author makes an attempt to eliminate some lacks such, as a friction in steam metal-pezo ceramics, small efficiency.

Предлагаемая разработка может быть использована в оптико-механической промышленности, в системах автоматики, в роботостроении, а также в протезно-ортопедических устройствах.

На рис.1 представлен пьезоэлектрический двигатель линейных перемещений малой мощности, который содержит составной корпус 1, между частями которого установлена система возбуждения в виде пакетного пьезокерамического вибратора 2, на корпусе 1 закреплен движитель в виде упругих элементов 3, фрикционно взаимодействующих с направляющей 4.

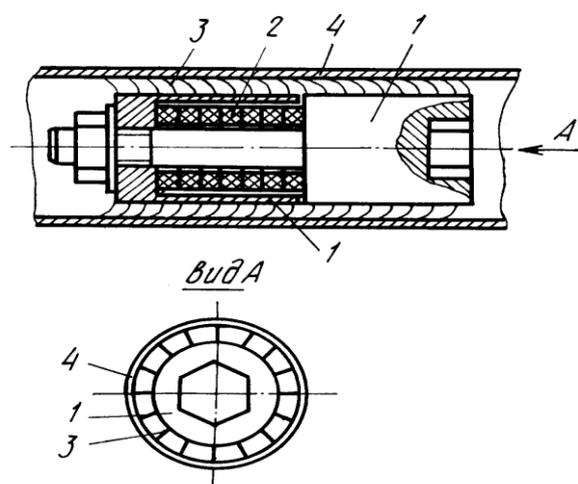


Рис. 1. Пьезоэлектрический двигатель

При подаче на обкладки пакетного пьезокерамического вибратора напряжения резонансной частоты он, изменяя вследствие обратного пьезоэффекта свои геометрические размеры, возбуждает продольные колебания частей составного корпуса, причем наклонное выполнение упругих элементов, ориентированных на обеих частях корпуса в одну сторону, позволяет осуществить движение как на этапе увеличения геометрических размеров пакетного пьезокерамического вибратора, так и при его сжатии, так как в первом случае одна из частей корпуса остается неподвижной вследствие заклинивания упругих элементов, а другая продвигается вперед под действием сил пакетного пьезокерамического вибратора. При его сжатии заклинивается вторая часть, а первая подтягивается ко второй части пакетным пьезокерамическим вибратором. На следующем цикле колебаний процесс повторяется и таким образом реализуется непрерывное линейное движение с дискретностью шага примерно в 1 мкм. Устройство позволяет осуществлять каскадирование, т.е. при соединении вибродвигателя линейного перемещения с двигателем вращательного имеется возможность реализовать двухкоординатное движение.

Применение предлагаемого пьезоэлектрического двигателя позволяет увеличить КПД на 25-30% за счет более полного использования колебательной энергии, обеспечить движение с направляющими, выполненными из немагнитных материалов (нержавеющая сталь, титан, керамика, пластмасса), не требует наличия системы коммутации, не создает магнитных полей.

ОПИСАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УПРУГИХ ВОЛН В СЛОИСТЫХ ЭЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦИЙ С ЛИНЕЙНО-УПРУГИМИ И ВЯЗКО-УПРУГИМИ СИЛАМИ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ПОМОЩЬЮ УТОЧНЕННЫХ СТЕРЖНЕВЫХ МОДЕЛЕЙ

DESCRIPTION OF ELASTIC WAVE PROPAGATION IN THE LAMINATED STRUCTURES INCLUDING LINEAR-ELASTIC AND VISCOUS-ELASTIC CONTACT FORCES ON BASIS OF REFINED BEAM MODELS

Н.И.Архипова – студ.

Нижегородский госуниверситет им. Н.И.Лобачевского

Abstract. In the paper it is shown that beam models can be used to describe the dynamic processes in the laminated structures. The case of the two-layer beam making longitudinal oscillations is discussed.

Рассматривается составной стержень, представляющий собой совокупность двух стержней, находящихся в контакте друг с другом, причем сила контактного взаимодействия предполагается линейно-упругой. Движение стержней описывается системой уравнений такой, что в начальный момент времени на левый конец стержней действует импульс кинематического или силового происхождения, а их правый конец свободен. Данная система уравнений сводится к одному уравнению относительно перемещения срединной линии одного из стержней. Аналогичное уравнение получается в модели Миндлина-Германа, описывающей продольные колебания стержня. Таким образом, продольные колебания составного стержня описываются уравнением Миндлина-Германа продольных колебаний некоторого гипотетического стержня.

Известно, что энергия волн в однородных диспергирующих системах переносится с групповой скоростью. В связи с этим составлено уравнение динамики стержня, характеризующиеся лагранжианом, зависящим от продольных перемещений и их частных производных. Из уравнения переноса энергии выражены плотность энергии и плотность потока энергии волны, и усреднены по фазе. Введено понятие скорости переноса энергии волны, представляющей собой отношение среднего значения плотности потока энергии к среднему значению плотности энергии волны. Перемещения изменяются по закону бегущей гармонической волны, с помощью которого, определены частота, волновое число и групповая скорость. Таким образом, показано, что скорость энергии волны и групповая скорость равны, следовательно, энергия упругих волн и по слоистым элементам конструкций переносится с групповой скоростью.

Кроме того, рассматривается составной стержень, где сила контактного взаимодействия предполагается линейной вязко-упругой. Движение стержней также описывается системой уравнений, которая сводится к одному уравнению относительно перемещения срединной линии одного из стержней. Замечено, что аналогичное уравнение получается в модели Миндлина-Германа.

Таким образом, продольные колебания составного стержня как при упругом, так и при вязко-упругом контактном взаимодействии могут быть описаны уравнением Миндлина-Германа продольных колебаний некоторого гипотетического стержня.

ИЗГИБНО-КРУТИЛЬНЫЕ ВОЛНЫ В ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ЗАКРУЧЕННОЙ БАЛКЕ

FLEXURAL-TORSIONAL WAVES IN A PRE-TWISTED BEAM

О.И.Орехова – асп.

Нижегородский филиал института машиноведения им.А.А.Благонравова РАН

Abstract. The article studies dispersion of flexural and torsional waves in a pre-twisted beam. Comparison of flexural wave propagation Rayleigh model with wave in a beam Bernoulli-Euler model is shown.

Рассматривается распространение изгибно-крутильной волны в балках, кольцевого или кругового сечения, для которых возможно рассматривать распространение изгибной и крутильной волны независимо, из-за отсутствия деформации. Угол поворота задается постоянной составляющей (θ_0) и переменной ($\tilde{\theta}(x, t)$), зависимой от координаты и времени, таким образом, задается предварительная закрученность в балке.

В данном случае дисперсионные соотношения для волн выглядят следующим образом:

$$\text{для крутильной волны: } \omega = \pm \sqrt{(c_t^2 \frac{J_s}{J_p} + (\lambda + \mu)(J_p + J_s)\theta_0^2)k^2 + 6(\lambda + \mu)F\theta_0^2 + 2(\lambda + \mu)F\theta_0^3};$$
$$\text{для изгибной волны: } \omega = \pm k \sqrt{\frac{c_0^2 r_y^2 k^2 + 2 \frac{\lambda + \mu}{\rho} \theta_0^2}{1 + r_y^2 k^2}}.$$

где ω – частота волны; k – волновое число; J_p – полярный момент инерции; J_s – момент инерции при кручении; F – площадь поперечного сечения стержня; c_t – скорость волны сдвига; c_0 – скорость распространения продольной волны (стержневая скорость); ρ – плотность материала, λ, μ – константы Ламе; r_y – осевой радиус инерции.

Дисперсия крутильной волны нормальная, если начальный угол поворота отличен от нуля ($\theta_0 > 0$), а при его отсутствии ($\theta_0 = 0$), значения фазовой и групповой скоростей совпадают, то есть дисперсия отсутствует.

Дисперсия изгибной волны меняется при некотором значении волнового числа (k') при любых значениях угла начального поворота: при $k < k'$ – дисперсия нормальная; при $k > k'$ – дисперсия волны аномальная.

Дисперсионное соотношение для изгибной волны соответствует балке модели Релея, учитывающей инерцию вращения поперечного сечения при изгибе. Исключив из знаменателя слагаемое $r_y^2 k^2$, получим следующую зависимость:

$$\omega = \pm k \sqrt{c_0^2 r_y^2 k^2 + 2 \frac{\lambda + \mu}{\rho} \theta_0^2}.$$

Данное соотношение соответствует балке модели Бернулли-Эйлера, пренебрегающей влиянием этого фактора на изгиб.

Сравниваются частотные зависимости, а также фазовые и групповые скорости изгибной волны. Частота и фазовая скорость с ростом волнового числа рассматриваемой изгибной волны по модели Релея возрастает медленнее, по сравнению с частотами и скоростью, рассчитанными по модели Бернулли-Эйлера. Значения групповой скорости изгибной волны согласно теории Релея возрастают интенсивнее, чем по теории Бернулли-Эйлера, при одних значениях начального угла поворота.

О РЕЗОНАНСНОЙ НАСТРОЙКЕ СТЕРЖНЕВОЙ СИСТЕМЫ С ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ВОЗБУДИТЕЛЕМ КОЛЕБАНИЙ

RESONANS TURNING OF THE ROD SYSTEM WITH PIEZOELECTRIC EXCITATION

К.А.Пичугин – н.с.

Институт машиноведения им.А.А.Благонравова РАН

Abstract. The optimization problem of rod oscillatory system parameters ultrasonic technological set is solved. Lengths of the rods exciting by the piezoelement and frequency of oscillations from a condition of realization of the maximum amplitude at the restrictions caused by mechanical strength of system elements and a condition of electric a piezoelement durability.

Широкое использование стержневых колебательных систем в ультразвуковых технологических установках вынуждает искать способы их настройки на оптимальные режимы работы. Такой настройкой, как правило, является резонансная настройка, обеспечивающая максимальную амплитуду колебаний рабочего торца стержневой системы [1].

Схема ультразвуковой стержневой системы с продольными колебаниями волноводов показана на рис. 1, где 1, 3 – волноводы длиной l_1, l_3 ; 2 – пьезоэлектрический возбудитель колебаний (пьезоэлемент), 4 – рабочий торец стержневой системы. Возбудитель колебаний получает питание от генератора электрических колебаний.

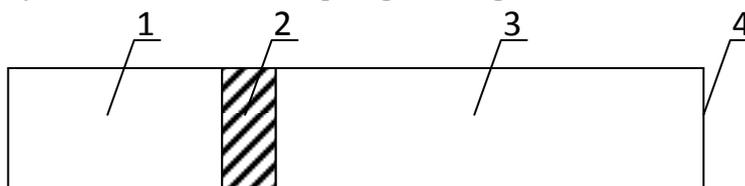


Рис. 1. Типовая схема ультразвуковой стержневой системы

В работе приводятся уравнения пьезоэлектрического возбудителя и записанные в операторном виде уравнения колебаний стержней. В результате решения системы уравнений с использованием условий связи элементов системы, показано, что при равенстве длин стержней наилучшей резонансной настройкой является с режим с частотой, равной парциальной частоте стержней. При такой настройке система работает в режиме динамического гасителя, когда в отсутствие потерь энергии торцы пьезоэлемента неподвижны, а колебания стержней уравнивают возникающие в нем силы. Аналогичный результат был получен в [2]. Именно такая конструкция используется в большинстве ультразвуковых технологических. В докладе показано, что достигаемая амплитуда колебаний ограничена требованиями обеспечения прочностью пьезоэлемента

В работе решается общая задача, заключающаяся в отыскании наилучшего соотношения длин стержней, при котором достигается максимальная амплитуда колебаний рабочего торца. При этом учитываются ограничения, обусловленные механической прочностью элементов системы и условием электрической прочности пьезоэлемента.

Литература

1. Astashev V.K., Babitsky V.I. Ultrasonic Processes and Machines. Dynamics, Control and Applications – Springer. 2007. 330 p.
2. V. Babitsky, V. Astashev. Vibration control of energy transfer and penetration during ultrasonically assisted machining // Nonlinear phenomena in polymer solids and low-dimensional systems. International conference. Moscow. 2008. P. 60-70.

СЕКЦИЯ 4.
**Трибология и поверхностная
обработка**

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ *STUDYING THE PROPERTIES OF WEAR RESISTANT COATINGS*

А.В. Аборкин –к.т.н., доц. каф., И.М. Букарев – асп.

Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ)

Abstract. The investigation of physical, mechanical, adhesive and tribological properties of wear resistant coatings. Identified critical loads during testing of coatings on adhesive strength. The comparison of friction coefficients of coatings obtained.

В настоящей работе приведены результаты экспериментальных исследований свойств износостойких покрытий, полученных методом осаждения из паровой фазы. Изучение свойства многослойных (TiN/CrN, AlN/CrN, AlN/TiN) и многокомпонентных ((Al,Ti)N, (AlSi,Cr)N, (AlSi,Cr)-C:H, (AlSiTi)N, (AlSi,Ti)-C:H) покрытий, нанесенных на подложки из стали 40X, проводили с помощью оборудования фирмы CSM Instruments (Швейцария).

Толщину полученных покрытий определяли с помощью калотеста. На основании геометрических измерений лунок износа установлено, что толщина полученных покрытий на всех образцах составила 3,5 – 5 мкм при толщине подслоя 0,2 – 0,3 мкм.

Определены твердость (H) и модуль упругости (E) рассмотренных типов покрытий. Сравнительный анализ величин твердости подложек и покрытий показал, что покрытия имеют H , превышающую H подложек до нанесения покрытий в 3,5–7 раз. Твердость рассмотренных многослойных покрытий изменялась от 28 ГПа до 34 ГПа. Наибольшая H соответствовала вариантам покрытия TiN/CrN и AlN/CrN. Для многокомпонентных покрытий наблюдался значительный разброс H от 23 ГПа до 41 ГПа. В целом H многокомпонентных покрытий ниже H многослойных, за исключением покрытия (AlSiTi)N.

Оценку сопротивления материала покрытий упругой и пластической деформации проводили используя параметры H/E и H^3/E^2 соответственно. В результате анализа экспериментальных данных установлено, что многокомпонентные покрытия обладают большей стойкостью к упругой деформации разрушения по сравнению с многослойными покрытиями. Так для рассмотренных многослойных покрытий величина H/E не превышала 0,091, в то время как для многокомпонентных покрытий H/E принимала значения от 0,095 до 0,115. Для многослойных покрытий наибольшая величина упругой деформации разрушения соответствовала покрытию AlN/CrN, а для многокомпонентных – покрытиям (AlSi,Cr)-C:H и (AlSi,Ti)-C:H. Сравнения величины параметра H^3/E^2 исследуемых покрытий показали, что сопротивление пластической деформации многокомпонентных покрытий в целом выше, чем многослойных. Так например, параметр H^3/E^2 для многослойных покрытий изменялся от 0,18 ГПа до 0,28 ГПа, а для многокомпонентных от 0,28 ГПа до 0,40 ГПа. Наибольшие значения параметра H^3/E^2 для многослойных покрытий соответствовали покрытию AlN/CrN, а для многокомпонентных – (AlSiTi)N и (AlSi,Cr)-C:H.

Измерение коэффициента трения (μ) покрытий проводили на воздухе по схеме «стержень-диск». На основе регрессионного анализа экспериментальных данных получены эмпирические модели μ пары «покрытие - алюминиевый сплав» вида

$$\mu = e^{p_0} \left(\frac{V}{50} \right)^{p_1} \left(\frac{N}{15} \right)^{p_2} \cdot e^{p_{12} \ln \left(\frac{V}{50} \right) \ln \left(\frac{N}{15} \right)}, \text{ где } p_0, p_1, p_2, p_{12} - \text{ эмпирические коэффициенты,}$$

характеризующие трибологические свойства покрытий; V – скорость скольжения; N – нагрузка.

Проведены исследования адгезионной прочности покрытий, определены критические нагрузки, которые приводили к разрушению покрытий.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СУХОГО ТРЕНИЯ РАЗЛИЧНОГО КОНСТРУКТИВНОГО ИСПОЛНЕНИЯ НА ДИНАМИКУ УЗЛОВ МАШИН

DRY FRICTION IMPACT STUDIES OF ELEMENTS OF VARIOUS CONSTRUCTIONS ON THE DYNAMICS OF MACHINES UNITS

К.И. Белоусова – асп., **Л.С. Мазин** – д.т.н., проф.

Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна

Abstract. In the article described the results of an impact of a damper designs such as "dry friction" on the dynamics of defended object during harmonic forcing. The amplitude-frequency characteristics are obtained by harmonic linearization

В докладе приведены результаты анализа влияния конструкции элемента типа “сухое трение” на динамику защищаемого объекта, который для простоты принимается в виде массы установленной на линейный либо нелинейный упругий элемент. Случай, когда элемент сухого трения вместе с креплением представляет собой абсолютно твердое тело, в докладе не рассматривается, так как анализировался ранее, например, наиболее подробно М. З. Коловским [1]. Анализируется вариант конструкции демпфера типа “сухое трение”, в котором с помощью пружины некоторая масса прижимается к элементу сухого трения. Рассматривается возможная податливость опоры этой массы и (или) податливость самого элемента сухого трения и их влияние на динамику исследуемой системы. Данная конструкция представляет собой систему с переменной структурой (демпфер “сухого трения” открыт и демпфер “сухого трения” заперт).

Получены математические модели, соответствующие сформулированной задаче. Внешнее воздействие действует на защищаемый объект и принимается гармоническим. С использованием метода гармонической линеаризации и возможностей современных ЭВМ построены амплитудно-частотные характеристики исследуемой системы. Показано, на каких частотах в зависимости от соотношения между амплитудой внешнего воздействия и силой сухого трения демпфер “сухого трения” открывается либо заперт, на какой частоте в системе имеет место резонанс.

При мягкой характеристике упругого элемента, на котором установлен защищаемый объект, открывание и закрывание демпфера “сухого трения” осуществляется в скользящем режиме по кривым параллельным скелетной кривой. Эти участки, очевидно, требуют дальнейшего исследования, так как на них возможно возникновение в исследуемой системе автоколебательных режимов.

Литература

1. Коловский, М. З. Нелинейная теория виброзащитных систем. / М. З. Коловский. — М.: Наука. — 1966. — 317 с.

УПРАВЛЕНИЕ МЕХАНИЗМОМ ТВЕРДОФАЗНОГО УПРОЧНЕНИЯ В ИСКУССТВЕННЫХ ГЕТЕРОФАЗНЫХ АЛЮМОМАТРИЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ.

CONTROLLING SOLID-PHASE REINFORSEMENT IN ARTIFICIAL ALUMINA-MATRIX HETEROPHASE SYSTEMS

В.В.Березовский – асп., **Ю.А.Курганова** - д.т.н., доц.

Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана

Abstract. New Alumina-matrix composites have advantages beside the conventional materials. In this work author make an attempt to control and forecast mechanical properties of composite materials.

Композиционные материалы получают все более широкое применение во многих отраслях промышленности, от автомобилестроения до ВПК и аэрокосмической отрасли. Связано это с тем, что механические свойства большинства традиционных конструкционных материалов подходят к своему теоретическому пределу, и использование композиционных материалов, обладающих программируемым комплексом свойств, дает значительный технико-экономический эффект.

Значительная степень износа основных фондов на транспорте(54%), в обрабатывающей (45,7%), энергетической(50,7%) и добывающей(49,6) отраслях [1], а также отставание по показателям производительности труда (30% от уровня США в среднем по отраслям [2]) обуславливает необходимость скорейшей реиндустриализации отечественной промышленности и внедрения новых перспективных технологий и материалов.

В этой связи перспективно выглядят литейные алюмоматричные композиционные материалы. Наиболее дешевыми и надежными являются композиты на основе алюминиевых сплавов, армированных тугоплавкими, высокопрочными, высокомодульными частицам. Среди отличительных свойств таких КМ можно выделить широкие функциональные и технологические возможности, повышенную износостойкость, высокие прочность, жесткость и вязкость, малую плотность, что обеспечивает снижение массы изделий с одновременным повышением надежности и увеличением ресурса работы. Так, в работе [3] обоснована теоретически и экспериментально подтверждена возможность применения литых композиционных материалов системы алюминиевые сплавы - частицы керамики в узлах трения механизмов и машин в паре со сталью в условиях трения скольжения без смазки, с ограниченной смазкой и в паре КМ-КМ при трении скольжения со смазкой.

Объектом данного исследования являются алюмоматричные литейные композиционные материалы и методы их получения. Целью является разработка технологии управления механическими свойствами композиционных материалов при заданных входных параметрах.

Литература

1. Федеральная служба государственной статистики РФ//Степень износа основных фондов. http://www.gks.ru/free_doc/new_site/business/osnfond/STIZN_ved.xls
2. The McKinsey Quarterly// How Russia could be more productive September 2009/ http://www.mckinseyquarterly.com/Economic_Studies/Country_Reports/How_Russia_could_be_more_productive_2435?gp=1
3. Курганова Ю.А. Автореферат. Разработка и применение дисперсно упрочненных алюмоматричных композиционных материалов в машиностроении.

ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ТОРМОЗНЫХ СВОЙСТВ АВТОМОБИЛЯ С АБС С УЧЕТОМ ДЕЙСТВИЙ ВОДИТЕЛЯ

THE LABORATORY SETUP FOR TESTING BRAKING PROPERTIES OF A CAR WITH ABS CONSIDERING A DRIVER'S OPERATIONS

А.Н. Болдов – асп., В.В. Сеницын – асп.

Волгоградский государственный технический университет

Abstract. The article describes the laboratory setup for testing braking properties of a car with ABS (anti-blocking system) during the emergency braking on surfaces with uneven adhesion coefficient.

При торможении на дорогах с поперечной неравномерностью коэффициента сцепления на управляемых колесах действует поворачивающий момент, который приводит к их самоповороту и изменяет траекторию движения. Современные антиблокировочные системы способны уменьшать величину поворачивающего момента путем преждевременного растормаживания колес. Однако, при этом увеличивается тормозной путь автомобиля. Вместе с тем, при наличии на автомобиле АБС появляется возможность корректировки водителем траектории движения при экстренном торможении. Очевидно, что все вышеперечисленные факторы необходимо учитывать при нормировании тормозной динамичности автомобиля с АБС. Таким образом, возникла необходимость исследования влияния элементов привода и времени реакции водителя при коррекции траектории, как факторов, определяющих движение автомобиля.

Для этого в ВолгГТУ была создана комплексная моделирующая установка на базе автомобиля ВАЗ-2106 (рис. 1), которая позволяет выявить временные характеристики различных водителей при реакции на асимметричное возмущение со стороны дороги на передних управляемых колесах при экстренном торможении.



Рис. 1. Лабораторный стенд: а) принципиальная блок-схема комплексной моделирующей установки; б) общий вид комплексной моделирующей установки

Временные характеристики водителей (а именно время латентного периода и время моторного компонента) выявляются на основе анализа измерения на стенде трех параметров: поворачивающего момента на колесе автомобиля (измеряется с помощью стакана с наклеенными тензометрическими датчиками 2Ф КПА–5–200В), угла поворота рулевого колеса (регистрируется потенциометрическими датчиками ТУ 9А4685004-3) и момента на рулевом колесе (измеряется при помощи динамометрического руля).

Используя полученные данные, представляется возможным для различных структур АБС рассчитать предельные временные характеристики для среднестатистического водителя. Полученные предельные значения позволят на основе моделирования выработать рекомендации по изменению норм тормозной динамичности.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ МЕТАЛЛОПЛАКИРУЮЩИХ СМАЗОК В МЕТОДАХ КОМБИНИРОВАННОГО ВОЛОЧЕНИЯ

TECHNOLOGICAL CAPABILITIES OF METAL-CLADDING LUBRICANTS ON COMBINED DRAWING

С.А. Гаврилов – инж., А.В. Щедрин – к.т.н.
МГТУ «МАМИ»

Abstract. The hybrid drawing of steel rods with metal-cladding additive that ensure Garkunov-Kragel'skii zero wear effect is investigated. The optimal concentration of metal-cladding additive «Valena» is established.

Как показывают проведённые исследования [1] – применение современных металлоплакирующих смазок, реализующих научное открытие – “эффект безызносности Гаркунова-Крагельского”, позволяет существенно (до 25%) уменьшить усилие обработки, а также значительно повысить её качество и производительность. Для получения дополнительной информации были проведены исследования по влиянию концентрации металлоплакирующей маслорастворимой медесодержащей присадки «Валена» (патент РФ №2277579) на характеристики методов комбинированного волочения инструментом с регулярной микрогеометрией поверхности.

В результате установлено, что в диапазоне абсолютной деформации 0,1-0,5 мм в зависимости от концентрации присадки: при волочении образцов из стали марки Ст. 45 усилие обработки снижается на 28-34%; при волочении образцов из латуни марки ЛС59 усилие обработки снижается на 1-13%; при волочении образцов из дюралюминия марки Д1 усилие снижается на 8-18%. При высокой концентрации присадки на обрабатываемом инструменте наблюдалось образование устойчивого слоя сервовитной медной плёнки и рост динамического эффекта по мере увеличения степени деформации.

Следующее направление совершенствования данной технологии – волочение в условиях самовозбуждаемого истечения металлоплакирующих смазок по канавкам регулярного микрорельефа рабочей поверхности волочильного инструмента (патенты РФ №2063861, 2261781).

Литература

1. Improvement in hybrid drawing by a tool with regular microgeometry on the basis of metal-coating additives / Shchedrin A. V., Garkunov D. N., Mel'nikov E. A. // Russian engineering research. 2011. vol. 31. №4. pp. 365–368.

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРА ИЗНОСА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СОВРЕМЕННЫХ ПОГЛОЩАЮЩИХ АППАРАТОВ АВТОСЦЕПКИ *INFLUENCE OF THE FACTOR OF DETERIORATION ON CHARACTERISTICS OF MODERN ABSORBING DEVICES OF THE AUTOMATIC COUPLING*

П.Д. Жиров – асп.

Брянский государственный технический университет

Abstract. Modern absorbing devices of class T1 have a frictional component. In the given work as the author it is received the mathematical description of the factor of deterioration. The given description is introduced in mathematical model of the absorbing device.

Сравнительно длительный срок эксплуатации (срок службы большинства аппаратов составляет 24-32 года), а также особенности работы некоторых типов поглощающих аппаратов позволяют утверждать, что фактор износа является одним из наиболее значимых. Наиболее подверженными влиянию данного фактора являются фрикционные и комбинированные поглощающие аппараты автосцепки, эффективность работы которых напрямую зависит от фрикционной составляющей.

Для учета фактора износа необходимо получить математическую модель зависимости износа от времени и внедрить её в математическую модель поглощающего аппарата. Таким образом, можно количественно оценить влияние износа на падение начальной затяжки поглощающего аппарата и, соответственно, влияние износа на эффективность работы амортизатора.

В работе приведены результаты исследования характеристик фрикционно-полимерного поглощающего аппарата ПМКП-110, при этом методика исследования и результаты могут быть использованы и для других подобных аппаратов.

Поглощающий аппарат ПМКП-110 содержит 10 пар трения; основными и наиболее изнашиваемыми являются пары трения, обеспечивающие поглощение энергии на рабочем ходе аппарата (подвижные пластины и неподвижные пластины с металлокерамическими элементами). Пары трения с металлокерамическими элементами разработаны в Брянском государственном техническом университете (защищены патентом РФ) и обладают повышенной стабильностью свойств при износе. Опыт эксплуатации показывает, что износ является линейным.

Износ поверхностей пар трения, обеспечивающих поглощение энергии на рабочем ходе аппарата, значительно превышает износ остальных деталей, и поэтому можно утверждать, что начальная затяжка зависит только от износа этих пар трения.

По результатам натурных испытаний получена зависимость величины линейного износа от введенной энергии:

$$\Delta y = 0.005E + 0.3804 \text{ (мм)},$$

где Δy – средний линейный износ пар трения (мм), E – введенная энергия (МДж).

Учитывая, что в среднем за год эксплуатации аппарат воспринимает энергию 28 МДж можно построить зависимость износа от времени эксплуатации:

$$\Delta y = 0.145T + 0.3609 \text{ (мм)},$$

где T – время эксплуатации поглощающего аппарата (год).

Учитывая геометрию клиновой системы, получаем изменение начальной затяжки (Δx) от времени эксплуатации:

$$\Delta x = 0.541T + 1.346 \text{ (мм)}.$$

Полученная зависимость может быть использована при уточнении спектра статистического распределения продольных нагрузок, действующих на грузовой вагон, а также для уточненных оценок надежности фрикционно-полимерных поглощающих аппаратов автосцепки.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИНИРОВАННОГО ПРОШИВАНИЯ ОТВЕРСТИЙ ИНСТРУМЕНТОМ С РЕГУЛЯРНОЙ МИКРОГЕОМЕТРИЕЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ОСНОВЕ РЕАЛИЗАЦИИ «ЭФФЕКТА БЕЗЫЗНОСНОСТИ»

IMPROVEMENT IN COMBINED HOLE BROACHING BY A TOOL WITH REGULAR SURFACE MICROGEOMETRY ON THE BASIS OF «ZERO WEAR EFFECT»

М.А. Зинин – инж., **А.В. Щедрин** – к.т.н., **С.А. Гаврилов** – инж.
ОАО «НПП «Респиратор», МГТУ «МАМИ»

Abstract. Combined hole broaching by a tool with regular surface microgeometry is considered in Garkunov-Kragel'skii zero wear effect. The optimal concentration of metal-cladding additive «Valena» is established.

Как показывает системный трибологический анализ технологических объектов [1] – применение фундаментальных физических эффектов, к которым относится официально зарегистрированное научное открытие (диплом №41) “эффект безызносности Гаркунова-Крагельского”, позволяет кардинально усовершенствовать существующие и синтезировать принципиально новые технологии, включая методы комбинированного прошивания (протягивания) отверстий инструментом с регулярной микрогеометрией поверхности [2].

Как показали проведённые исследования [3], применение при прошивании (протягивании) отверстий во втулках из латуни марки ЛС59 и дюралюминия марки Д1 маслорастворимой металлоплакирующей медесодержащей присадки «Валена» позволяет в диапазоне абсолютной деформации 0,1-0,4 мм в среднем на 30% уменьшить усилие обработки, а также существенно повысить её качество и производительность. При этом в зависимости от параметров регулярного микрорельефа воздействующей поверхности инструмента и концентрации присадки «Валена» наблюдается тенденция к росту динамического эффекта по мере увеличения степени деформации.

Литература

1. Трибология как фундаментальная основа системного проектирования конкурентоспособных технологических объектов / Щедрин А. В., Ульянов В. В., Чихачёва Н. Ю. и др. // Ремонт, восстановление, модернизация. 2009. № 4. С. 15–20.
2. Efficient hole broaching with regularized surface microgeometry of the deforming elements / Shchedrin A. V., Ul'yanov V. V., Bekaev A. A., et al. // Russian engineering research. 2009. vol. 29. №9. pp. 911–915.
3. Influence of metal-cladding additivite Valena on combined machining / Zinin M. A., Gavrilov S. A., Shchedrin A. V., et al. // Russian engineering research. 2011. vol. 31. №9. pp. 880–884.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И МИКРОТВЕРДОСТИ ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ ПОСЛЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

INVESTIGATION OF STRUCTURE AND MICROHARDNESS OF PLASMA COATINGS FROM HIGH SPEED STEEL AFTER ELECTROMECHANICAL TREATMENT

А.Ю.Иванников – н.с., к.т.н., **А.А.Радюк** – м.н.с.

Институт металлургии и материаловедения им.А.А.Байкова РАН

Abstract. This work presents the results of the study of structure and microhardness of the powder coatings from high speed steel R6M5 formed by plasma spraying after electromechanical treatment.

В данном исследовании порошковое покрытие из быстрорежущей стали получено при напылении порошка Р6М5 на плазматроне УПУ-3Д с насадкой на цилиндрические подложки диаметром 20 мм из стали ст.3. Полученные покрытия состоят из напыленных частиц с нетравящейся однородной структурой белого цвета. Оптические исследования показывают, что микроструктура однородная, вторые фазы не выявляются даже при глубоком травлении. Микротвердость отдельных частиц в покрытии, измеренная при нагрузке 10 г на ПМТ-3, равна 8200 МПа. Величина микротвердости, характеризующая макромеханические свойства покрытия с учетом его пористости, измеренная при нагрузке 200 г, равна 3160 МПа. Отношение этих твердостей подтверждает низкую когезионную прочность между частицами после напыления из-за неполного физико-химического взаимодействия напыленных частиц между собой.

Для увеличения эксплуатационных свойств плазменных покрытий в работе применили электромеханическую обработку. В эксперименте исследовали влияние основных параметров: скорость обработки (54, 38, 25 об/мин) и плотность тока (400- 1400 А/мм² – максимальная величина в импульсе при частоте тока 50 Гц). Контактное давление в экспериментах ~ 1500 МПа. С уменьшением скорости обработки и увеличением плотности тока растет количество тепла, введенного в покрытие в зоне его контакта с роликом. Так, при скорости 54 об/мин и токе 1400 А/мм² микротвердость при нагрузке 19 г не изменяется, а при нагрузке 200 г равна 5800 МПа. Увеличение твердости при нагрузке 200 г на 83,5% показывает общее повышение плотности покрытия и сваривания частиц между собой. Микроскопические исследования после глубокого травления выявляют два типа частиц – белые и серые. Белые частицы имеют однородную структуру, которая сохранилась после напыления. В частицах серого цвета в результате высокоскоростного нагрева и охлаждения при ЭМО происходит выделение вторых фаз. Оптической микроскопией их идентификация затруднена, а значит их размер менее 0,5 мкм. Также при ЭМО происходит снижение шероховатости поверхности в результате термопластического воздействия ролика на поверхность и смятия неровностей.

Установлено, что после ЭМО в покрытиях частицы имеют однофазную и двухфазную структуру – белые и серые частицы. В частицах серого цвета присутствует вторая фаза, размер которой менее 0,5 мкм и оптически не идентифицируется. Увеличение микротвердости при нагрузке 200 г свидетельствует о повышении плотности покрытия и прохождении более полного физико-химического контакта между частицами в покрытии.

Авторы выражают благодарность руководителям работы и ее участникам
д.т.н. Калите В. И., к.т.н. Комлеву Д. И., доц., к.т.н. Захарову И. Н.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов
РФФИ № 11-08-00068-а, № 11-08-90719 моб_ст

**ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКА СВОЙСТВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ
ПРИМЕНЯЕМЫХ В МАШИНОСТРОЕНИИ ПУТЕМ
УЛЬТРАСТРУЙНОГО ГИДРОВОЗДЕЙСТВИЯ НА НИХ**
*EXPRESS ESTIMATION OF PROPERTIES OF FUNCTIONAL COVERINGS
APPLIED IN MECHANICAL ENGINEERING BY ULTRAJET
HYDROINFLUENCE ON THEM*

А.А. Ковалев, Л.А. Тищенко

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Abstract. The article considers ultra ink-jet express diagnostic application to select the optimal functional coating and technology.

При создании новых технических систем возникает проблема обеспечения их надежности.

В машиностроении существует множество механизмов, где вопрос надежности связан с динамическим воздействием рабочей среды и элементов машин. К таким машинам, работающим при тяжелых нагрузках и в агрессивных средах, можно отнести различного вида насосы (водяные, нефтяные, химические и др.) и двигатели (ДВС, газотурбинные, турбореактивные, ракетные и др.). В частности, в процессе эксплуатации командные детали газотурбинных двигателей (компрессорные лопатки, ротора, корпуса) подвержены интенсивным силовым, тепловым и механическим воздействиям в сочетании со значительными эксплуатационными нагрузками. Именно командные детали и узлы, как правило, определяют надежность всей технической системы.

Одним из способов повышения надежности подобных технических систем является использование функциональных покрытий, в том числе наноструктурированных. Покрытия наносятся, как правило, газотермическими способами: газопламенное и высокоскоростное сверхзвуковое газопламенное напыление (HVOF), плазменное (APS) и детонационное напыление, электродуговая металлизация и др. При этом надо иметь в виду, что многообразие функциональных покрытий (состав, архитектура) и технологий их нанесения не позволяет обоснованно выбрать максимально адаптированное под условия эксплуатации наиболее эффективное покрытие и рациональный способ его нанесения.

В связи с этим представляется актуальной задача разработки методики выбора функционального покрытия максимально пригодного к реальным условиям работы технической системы. Данная методика основана на ультразвуковой экспресс-диагностике износостойкости покрытия. Износостойкость является эксплуатационным свойством функциональных покрытий.

Ультразвуковая диагностика основана на взаимодействии высокоскоростной струи жидкости и мелкодисперсного абразива с диагностируемым покрытием, вызывающее гидроэрозию поверхности при определенных режимах: рабочее давление струи, ее диаметр, кинематика движения по диагностируемой поверхности. При гидроструйной эрозии происходит ускоренное локальное разрушение материала по механизмам наиболее близким или идентичным механизмам реального разрушения покрытия под действием эксплуатационных нагрузок, например циклических, вызывающих усталостное разрушение. Это обстоятельство обеспечивает сопоставимость результатов гидроструйного диагностирования полномасштабным исследованиям физико-механических свойств и ресурсно-эксплуатационным испытаниям функциональных параметров покрытий.

Диагностику износостойкости покрытия следует проводить не только при разработке архитектуры покрытия, но и при периодических испытаниях покрытия на стадии контроля его качества и при эксплуатации.

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИПУСКОВ НА ОБРАБОТКУ РЕЗАНИЕМ
ДЕТАЛЕЙ СИЛОВЫХ АГРЕГАТОВ**
*THE OPTIMIZATION OF ALLOWANCES FOR WORKING THE COMPONENTS
OF POWER-GENERATING SETS BY STOCK REMOVAL*

В.В. Краев¹ – асп., **Г.Г. Крушенко**² – д.т.н., проф.

¹ Сибирский государственный аэрокосмический университет
имени академика М.Ф. Решетнева, Красноярск

² Учреждение Российской академии наук
Институт вычислительного моделирования СО РАН, Красноярск

Abstract. The calculated-analytical method of the optimization of allowances for working by stock removal on example of rotor shaft of power-generating set is developed.

Стальной вал ротора топливного насоса силового агрегата, являясь одной из наиболее нагруженных деталей, определяет ресурс и надежность его работы. Определение минимально-допустимого припуска на механическую обработку этой детали, снижает трудоемкости его изготовления. В большинстве случаев назначаются припуски на механическую обработку по соответствующим таблицам. Однако в условиях серийного производства, особенно в случае самостоятельного производства заготовок, нерационально определение операций, их порядка на механическую обработку и назначение припусков на установленные операции согласно таблицам.

Расчетно-аналитический метод определения припусков позволяет назначать припуски на операции механической обработки минимально-необходимыми, для обеспечения требуемой точности, что обеспечивает заданную надежность валов ротора. В работе используется подход к решению обозначенной проблемы, которая базируется на расчетно-аналитическом методе определения припусков на механическую обработку. Использовались теоретические методы исследования влияния технологических отклонений на процесс формирования окончательной обработки деталей по заданным критериям качества.

Практическая значимость работы заключается в разработке программы, которая позволяет рассчитывать оптимальные припуски на механическую обработку деталей. При этом программа является самодостаточной, с интуитивно-понятным интерфейсом. Для сокращения времени и затрат на инженерные разработки целесообразно применение компьютерного проектирования с помощью CAD/CAM/CAE-систем. Представлена методика расчета припусков и допусков на механическую обработку, на базе которой разработана структурная схема и блок-схема. Разработанные схемы позволяют четко представлять структуру построения программы, при этом сократив время и упростив внесение необходимых изменений в программу.

Представлена структура комплексной производственно-технологической системы, обеспечивающей адаптивное управление стабильностью энергетических параметров ротора в условиях опытно-промышленного и серийного производства. С учетом целевой задачи исследования рассмотрены особенности изготовления валов. Определены технологические факторы адекватного влияния характеристик на отклонение параметров насосных агрегатов СА. Разработаны этапы методологии технического проектирования и общий алгоритм разработки операционно-маршрутных технологических процессов обработки деталей и сборочных единиц, формирующих поточную часть насосных агрегатов. Исследованы производственно-технологические факторы, вызывающие появление отклонений энергетических параметров СА. Разработана структурно-логическая модель технологии определения припусков вала ротора. Проработана для серийного производства система технологического оснащения и документирования.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ ПРИ ЧИСТОВОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

IMPROVING THE QUALITY OF THE SURFACE BEARING IN FINISHING MACHINING

М.Ю. Куликов - д.т.н., проф., В.Е. Иноземцев – асп.
МГУПС (МИИТ)

Abstract. The effect the cutting tool on the quality of metal-formed surface was investigated. Was established important factors acting on process of cutting of metallceramics. Found ways to preserve of porosity in metal-machining. As a result of experiments established the action of the material of cutting tool from surface layer on the metallceramics.

Металлокерамика находит успешное применение в машиностроении для изготовления деталей узлов трения. Благодаря пористости, данные материалы обеспечивают самосмазывание узлов трения при работе. Пористость строго контролируется при получении заготовок методом спекания, однако механическая обработка пористых металлокерамических материалов сопровождается очень существенными изменениями параметров качества поверхностного слоя, которые в свою очередь оказывают большое влияние на эксплуатационные свойства. Поэтому изучение влияния условий механической обработки на качество поверхностного слоя деталей позволяет определить оптимальные параметры резания и увеличить эксплуатационные характеристики металлопорошковых и композиционных подшипников скольжения.

Как показывают результаты исследований, наиболее эффективно использовать для обработки твёрдосплавные режущие пластины с покрытием с минимальным радиусом при вершине, а также абразивный инструмент.

Наиважнейшие факторы, оказывающие влияние на снижение затягивания пор, изменение их размеров и формы, а также изменение плотности, это: материал режущего инструмента, применяемого при обработке; способность обрабатываемого материала противостоять деформации при обработке; процентное содержание металла в составе металлокерамики;- режимы резания, обоснованные условиями взаимодействия разных материалов; применение СОТС, необходимость использования которых объясняется техническими условиями резания тем или иным материалом; величина радиуса вершины режущего инструмента, влияющая на характер контакта инструмента и заготовки. Чем меньше её значение, тем лучше протекает процесс резания, особенно при обработке бронзографитов. На изменение формы пор влияет степень деформации поверхностного слоя, наличие которой подтверждается появлением остаточных напряжений сжатия в поверхностном слое.

Применение абразива и шлифовальной шкурки приводит, практически, к полному затягиванию пор у поверхности, исключая дальнейшую работоспособность поверхности.

Использование твёрдосплавного инструмента с покрытием нитрида титана позволяет получить поверхность с минимальным затягиванием пор и относительно высоким качеством поверхности, а также способствует минимизации изменения формы пор после обработки по сравнению с другими рассматриваемыми материалами режущего инструмента.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗОН ТРЕНИЯ ПОКОЯ И СКОЛЬЖЕНИЯ В ПЯТНЕ КОНТАКТА АВТОМОБИЛЬНОЙ ШИНЫ С ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

RESEARCH OF ZONES OF THE FRICTION OF REST AND SLIDING IN THE STAIN OF CONTACT OF THE AUTOMOBILE TIRE WITH THE BASIC SURFACE

Д.А.Марухин – асп., Е.В.Балакина – к.т.н., Н.М.Зотов – к.т.н.
Волгоградский государственный технический университет

Abstract. In a stain of contact of the tire with road there are zones of a friction of rest and sliding, the knowledge of their arrangement will allow to improve a car design procedure on stability and controllability. In the given work, the author experimentally investigates an arrangement of zones of a friction in a contact stain.

Известно, что в пятне контакта шины с опорной поверхностью есть зоны трения покоя и скольжения. Их расположение в передней или задней частях пятна контакта относительно направления движения автомобиля определяет в известной степени явления в пятне контакта. В частности, при отсутствии бокового скольжения колеса, зона трения скольжения воспринимает продольную нагрузку и реализует часть продольной реакции опорной поверхности, а зона трения покоя воспринимает продольную и боковую нагрузки и реализует как часть продольной, так и всю боковую реакцию опорной поверхности. Это влияет на увод эластичного колеса и параметры колебаний управляемых колес.

Известно, что в ведущем режиме колеса участок трения покоя расположен в передней части пятна контакта. Что касается режима торможения, то имеют место противоречивые литературные сведения.

На созданной на кафедре «Техническая эксплуатация и ремонт автомобилей» ВолгГТУ экспериментальной установке для исследования явлений в пятне контакта шины с опорной поверхностью проведены оригинальные эксперименты, которые позволили выявить расположение зон трения покоя и скольжения в пятне контакта в ведущем и тормозном имитируемых режимах движения колеса в двух сечениях. Имитировалось комбинированное нагружение шины 3.50-5. Усилия контролировались тремя образцовыми переносными динамометрами на сжатие типа ДОС ГОСТ 9500-75 системы Н. Г. Токаря: ДОС-0,1; ДОС-0,3 и ДОС-1 с максимальным измеряемым усилием 100, 300 и 1000 кгс, с ценой деления, соответственно: 0,2; 0,6 и 2 кгс. Перемещения контролировались тремя индикаторами часового типа ИЧ-10 ГОСТ 577-68 с пределом измерений 10 мм и ценой деления 0,01 мм. Модель дороги выполнена из оптически прозрачного материала для возможности регистрации размеров и формы пятна контакта, а также момента начала скольжения в пятне контакта. Регистрация производилась с использованием видеокамеры.

Подтверждено, что в ведущем режиме движения колеса участок трения покоя находится впереди участка трения скольжения по отношению к направлению вектора скорости колеса. Впервые доказано, что в тормозном режиме движения колеса участок трения покоя находится позади участка трения скольжения по отношению к направлению вектора скорости колеса, т.е. в задней части пятна контакта.

ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ

THE FEATURES AND VIEWS FOR LASER PAD WELDING APPLICATION

Б.Н.Михайлин-асп., А.А.Фишков- асп., В.П.Бирюков-к.т.н.
Институт машиноведения им.А.А.Благонравова РАН

Abstract. There represented laser pad welding possibilities with powders, supplying in laser beam zone directly or coated on surface as a lute in good time.

Лазерная наплавка отличается рядом преимуществ по сравнению с традиционными способами. Высокая концентрация энергии в пятне нагрева позволяет вести процесс на повышенных скоростях обработки. Это в свою очередь обуславливает формирование наплавленного слоя с малым коэффициентом перемешивания (0,05...0,15) за счет незначительного подплавления основы, минимальное термическое воздействие на основной металл, возможность наплавки малых поверхностей, соизмеримых с диаметром пятна нагрева. Одновременно с воздействием луча на поверхность подложки подаются наплавляемые материалы в виде порошка, проволоки с помощью специальных устройств.

Из способов предварительного нанесения покрытий в настоящее время наиболее применим метод наплавки с использованием шликкерного покрытия, отличающийся большим КПД благодаря высокой поглотительной способности, обусловленной присутствием связующего вещества и практически 100%-ным использованием присадочного материала. Наиболее существенное влияние на качество наплавляемого слоя оказывает состав связующего вещества, которое должно обеспечивать необходимую адгезию и прочность шликкерного слоя, технологичность приготовления и нанесения пасты, нетоксичность. Связующее вещество на основе оксиметилцеллюлозы с ее содержанием 15...30% от объема воды показало наиболее приемлемые результаты.

Подачу присадочного порошка производили под углом 30...60 градусов к движущемуся лазерному лучу. Для выравнивания плотности мощности, времени воздействия луча на расплавляемый порошок применяли сканирующие устройства с колеблющимися и вращающимися зеркалами с частотой 150...600Гц. Для подачи порошка использовали устройство, состоящее из бункера и питателя. Наплавку порошка ФБХ6-2 с добавками твердых и мягких частиц производили на лазерной установке «Комета-М». Мощность излучения изменялась в пределах 900...1400 Вт. Скорость перемещения лазерного луча 5...25 мм/с. В качестве подложки использовали стали 20, 40Х, 45, 65Г.

После наплавки измеряли геометрические размеры валиков (высоту и ширину), коэффициент перемешивания, равный отношению площади сечения расплавленного металла подложки к площади всего расплавленного металла. Для уменьшения вероятности образования трещин в наплавленном покрытии использовали порошок алюминия с варьированием его в составе наплавляемого порошка в пределах 1...12%. Фракционный состав порошкового материала составлял 40...160 мкм. В результате проведенных исследований установлены закономерности формирования геометрических размеров наплавляемых валиков. Найдены оптимальные режимы наплавки, при которых не происходит отслоение покрытий от основы, и отсутствуют трещины в наплавленных слоях.

Проведенные исследования позволят расширить область применения технологий лазерной наплавки, как при восстановлении изношенных поверхностей трения, так и при изготовлении новых деталей с заранее заданными свойствами поверхностных слоев.

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ

APPLICATION OF COMPOSITES ON THE BASIS OF EPOXY RESIN IN MECHANICAL ENGINEERING

В.Р. Паклев – асп.

ФГБОУ ВПО «Самарский государственный технический университет»

Abstract. In the report application of composites on the basis of epoxy resin with various fillers for increasing the anti-seizure properties of friction pair's details is described.

В настоящее время в машиностроении интенсивно развивается применение полимеров на основе эпоксидной смолы. Высокая востребованность данных композитов обусловлена рядом преимуществ (высокие электроизоляционные свойства, относительная дешевизна, немагнитность, коррозионная стойкость и др.), но их широкое применение сдерживают и недостатки (токсичность, низкий модуль упругости, высокий коэффициент теплового расширения, склонность к старению и др.).

Одно из применений антифрикционных трибокомпозитов на основе эпоксидной смолы для повышения стойкости узлов трения к схватыванию и образованию задиров.

Известно, что для повышения маслостойкости на поверхностях трения изготавливают масляные канавки. Эксперименты на изнашивание при схватывании показали, что наличие канавок способствует снижению сил трения (до 2-х раз) и уменьшению разогрева поверхностей трения. Однако наличие канавок не только не повышало стойкость поверхностей к задирам, но во многих случаях гладкие поверхности показывали более высокую устойчивость к задирам. Поэтому для повышения стойкости пар трения к образованию задиров разработана новая ресурсоповышающая технология, суть которой состоит в том, чтобы после вырезания на поверхности трения масляных канавок заполнить эти канавки компаундом на основе эпоксидной смолы, содержащим порошковый наполнитель из твердосмазочных материалов (дисульфидом вольфрама, графитом, дисульфидом молибдена и др.).

Проведенные эксперименты показали, что применение данной технологии позволяет снизить до 4-х раз момент трения по сравнению с трением двух гладких поверхностей, а также заметно (до 50%) повысить стойкость пар трения к образованию задиров. Испытания на схватывание проводилось на трибометре «Универсал 1-А» в режиме ступенчато возрастающей нагрузки (рис. 1).

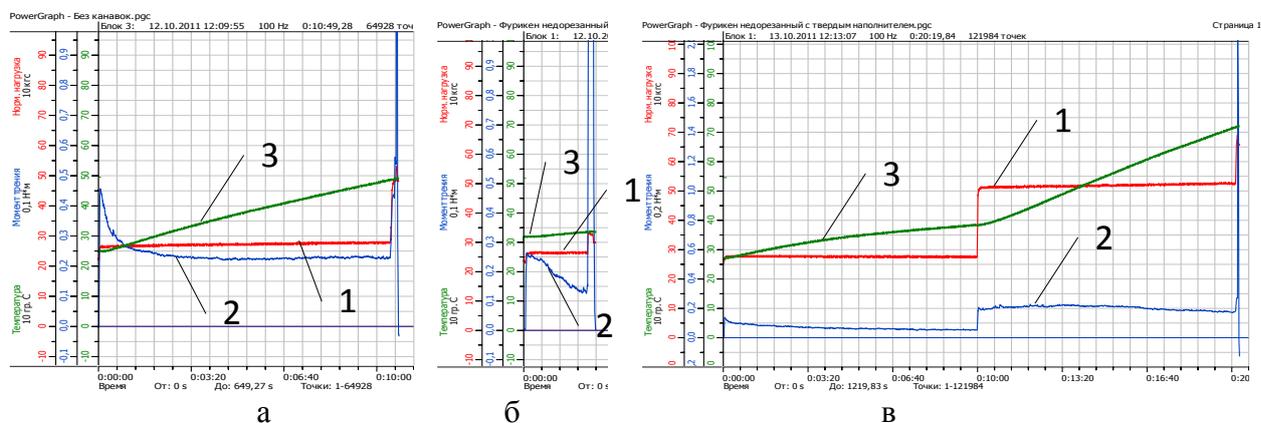


Рис. 1. Этюры триботехнических испытаний пары трения «кольцо-кольцо»: а) без канавок, б) с канавками, в) с канавками, заполненными твердосмазочным композитом; 1 – нормальная нагрузка; 2 – момент трения; 3 – температура фрикционного разогрева

В настоящее время описанная технология используется для изготовления дисков разгрузки центробежных нефтеперекачивающих насосов.

ИСПЫТАНИЕ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ НА АБРАЗИВНУЮ СТОЙКОСТЬ

TEST OF COMPOSITES ON THE BASIS OF EPOXY RESIN ON ABRASIVE FIRMNESS

В.Р. Паклев – асп.

ФГБОУ ВПО «Самарский государственный технический университет»

Abstract. In the report results of researching the properties of composites on the basis of the epoxy resin, containing the fillers from various powder materials are described.

В современном машиностроении непрерывно расширяется область применения полимерных материалов, среди которых одними из наиболее универсальных (по свойствам и назначению) являются композиты, полученные на основе эпоксидных смол. Так, например, покрытия из эпоксидной смолы с армирующим полотном, применяемое в изготовлении забойных телеметрических систем, должно обладать высокими абразивостойкими и электроизоляционными характеристиками, ввиду постоянного контакта с буровым раствором, который содержит различные по концентрации и величине фракции абразива.

С целью повышения надежности элементов телеметрических систем была поставлена задача повышения ресурса эпоксидного покрытия за счет введения в полимер различных микро- и нанопорошковых наполнителей (слюда, дисульфид вольфрама, корунд, ультрадисперсные алмазы, твердый сплав и др.). В качестве основы-полимера взята эпоксидно-диановая смола ЭД-20 с отвердителем ПЭПА.

Технология приготовления композитов включала: прокалывание порошков и подогрев смолы; смешивание порошка с эпоксидной смолой; добавка отвердителя; смешивание композита и заливка в форму; старение готового композита в печи при температуре 120°C в течение 2...3-х часов.

Методика триботехнических испытаний композитов на стойкость к абразивному изнашиванию производилась при следующих режимах: схема испытаний – «кольцо-плоскость»; среда – алмазная абразивная паста марки АСМ 3/2 НОМГ (ГОСТ 25593-83); давление – 5 МПа; контробразец – сталь 40Х (HRC 45); частота вращения – от 600 мин⁻¹; приведенный диаметр поверхности трения – 5,5 мм; ширина дорожки трения – 1 мм; длительность испытаний – 10 минут. После испытаний производили оценку линейного износа с точностью до 1 мкм и рассчитывали скорость абразивного изнашивания в размерности [мкм/час]. Испытания проводили на машине трения «Универсал-1А».

Эксперименты показали, что наибольшую стойкость к абразивному воздействию проявили эпоксидные смолы с наполнителями из резины, фторопласта Ф-4 и нанопорошка оксида алюминия (Al₂O₃). Порошки резины и фторопласта имели крупные частицы (сотни микрометров) и антиабразивный эффект композита стал следствием высокой стойкости к истиранию фторопласта и резины.

Наихудшую абразивную стойкость показали композиты с наполнителем из микропорошка твердого сплава ВК-12, вследствие высокого абразивного действия частиц порошка, отделяемого от поверхности при изнашивании композита. Нанопорошок оксида алюминия, который благодаря малым размерам (менее 100 нм) не обладает абразивным действием, формирует плотную структуру на микро и наноуровнях.

На основе проведенных экспериментов разработана новая технология намотки защитных композиционных материалов на элементы телеметрических систем. При этом на наружный слой армирующей ленты из стеклоткани наносят абразивостойкий композит с наполнителями из резины, оксида алюминия, фторопласта. На внутренний слой – наносят композит с повышенными электроизоляционными свойствами (с порошком слюды). Такой трехслойный композит позволяет обеспечить требуемые электроизоляционные и противоизносные свойства в условиях сильного абразивного воздействия.

**ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАЗДЕЛИТЕЛЕЙ
ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ**
*INCREASE OF UTILIZATION PROPERTIES OF ELECTRICAL SEPARATORS
OF TELEMETERING SYSTEMS*

В.Р. Паклев – асп.

ФГБОУ ВПО «Самарский государственный технический университет»

Abstract. In the report application of detonation coatings in telemetering systems is considered. The new technology of making the electroisolated carvings is offered.

Одним из основных показателей работоспособности забойных телеметрических систем является сопротивление не менее 1 МОм между диэлектрически разомкнутыми частями электрического разделителя. По достижению минимального предела сопротивления, разделитель направляется в ремонт.

Технологический процесс ремонта разделителей сравним по трудоемкости с изготовлением нового изделия, что сильно влияет на производительность. Поэтому рациональным подходом было изменение технологии изготовления и ремонта разделителей, с соответствующим внесением конструктивных особенностей. В совокупности это позволит увеличить эксплуатационное время телеметрических систем, уменьшить трудозатраты на изготовление и ремонт.

Конструктивно диэлектрический разделитель представляет собой коническое соединение по резьбе (ниппель – муфта), стальные части которого разделены стеклопластиком. Профиль резьбы имеет сложный фасонный вид. Технологический процесс нанесения стеклопластика и процесс формообразования резьбы на пластике занимает значительное время в производстве всего разделителя.

В настоящее время осваивается альтернативное производство диэлектрических разделителей телеметрических систем. Основывается оно на изменении конструкции соединения и замене устаревшей технологии нанесения стеклопластика.

К конструктивным изменениям относится замена спецрезьбы со сложным профилем на стандартную коническую замковую резьбу с нормализованным профилем (ГОСТ Р 50864-96), а технология нанесения пластика заменяется на двухслойное детонационное покрытие (рис. 1), состоящее из керамического электроизоляционного подслоя (слой оксида алюминия толщиной 200...300 мкм) и износостойкого слоя, наносимого порошком «Никель-железо» и формирующего поверхность резьбы.

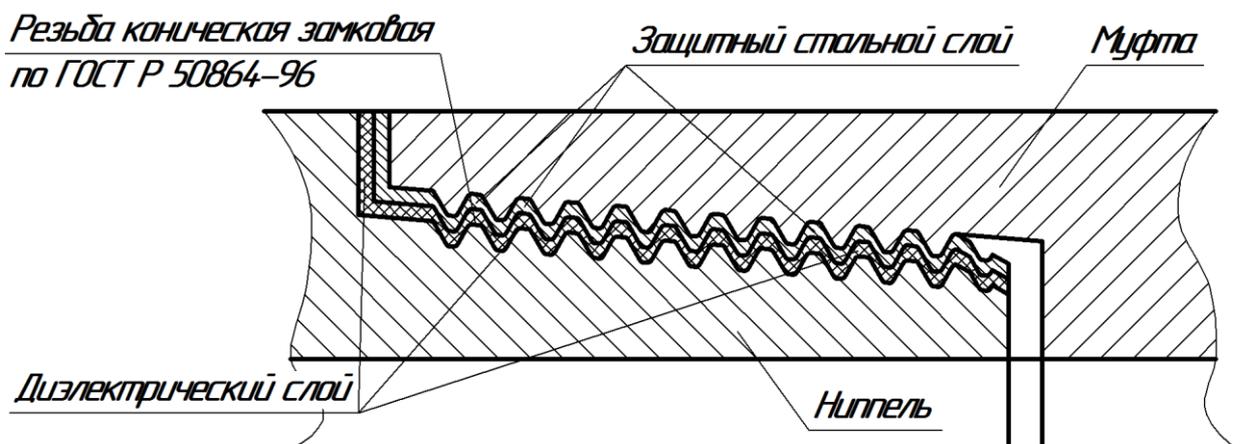


Рис. 1. Усовершенствованная конструкция разделителя

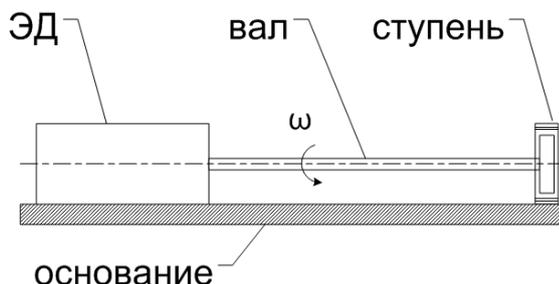
РАЗРАБОТКА МЕТОДА РАСЧЕТА ИЗНОСА УЗЛОВ ТРЕНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

DEVELOPMENT OF EVALUATION METHOD FOR CENTRIFUGAL PUMPS WEAR PREDICTION

Д.И.Плешков – асп., Н.И.Смирнов – к.т.н.
Институт машиноведения им.А.А.Благонравова РАН

Abstract. Authors make an evaluation method for wear prediction of centrifugal pumps. This paper presents a numeric simulation methodology to investigate the effect of various processing parameters, such as whirl modes, torsional and axial stiffness, friction, wear law

Электропогружной центробежный насос для добычи нефти (УЭЦН) представляет собой сложную динамическую систему, на надежность и ресурс которой значительное влияние оказывает износ радиальных опор рабочих ступеней. Центробежная сила, возникающая при вращении рабочих колес, имеющих дисбаланс, вызывает изгиб вала, что приводит к контакту рабочего колеса и направляющего аппарата. Контактные давления приводят к износу в зоне контакта. Износ влияет на дисбаланс в рабочем колесе и изгибные колебания вала. Трение в зоне контакта приводит к крутильным колебаниям вала. Испытания на износ, проводимые в ИМАШ РАН, свидетельствуют о наличии двух типов прецессионного движения рабочего колеса относительно направляющего аппарата: синхронной и асинхронной прецессии. Схема установки для испытаний на износ приведена на рисунке.



Электродвигатель (ЭД) обеспечивает вращение вала, закрепленного с ротором ЭД посредством муфты. Рабочая ступень состоит из рабочего колеса (РК) и направляющего аппарата (НА). НА и ЭД жестко закреплены на неподвижном основании. РК взаимодействует с НА посредством подшипника скольжения.

Предметом работы является разработка алгоритма расчета износа рабочей ступени УЭЦН. Анализ литературных данных показал существование двух типичных подходов к моделированию динамических систем с износом. В первом случае задается простейшая модель изнашивания, и основное внимание уделяется заданию точных уравнений динамики системы. В другом случае внимание исследователя концентрируется на механике контактного взаимодействия, а задача динамики решается приближенно. В данной работе используется третий (промежуточный) подход, в рамках которого:

- учитываются изгибные и крутильные колебания вала
- сила трения пропорциональна нормальной силе реакции
- контактные давления определяются по модели Герца для случая соосных цилиндров
- распределение контактных давлений считается независимым от касательных сил
- изнашивание в каждой точке подшипника скольжения пропорционально контактному давлению и скорости скольжения ($J_h = K \cdot p^\alpha \cdot V_{ск}^\beta$)

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННО-ЭРОЗИОННОГО РАЗРУШЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ НАСОСА. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ *INVESTIGATION OF CORROSION-EROSION DESTRUCTION PUMP COMPONENTS SURFACE. TARGET SETTING*

М.В.Прожега – с.н.с., Н.И.Смирнов – с.н.с., Н.Н.Смирнов – н.с.,
Учреждение Российской академии наук
Институт машиноведения им.А.А.Благонравова РАН

Abstract. The results of procedure and test equipment development for investigation corrosion-erosion wearing are presented in this article.

Детали центробежного погружного насоса подвергаются воздействию коррозионно-активной жидкости, содержащей механические включения. В результате происходит коррозионно-эрозионное разрушение поверхности деталей (места разрушения выделены).

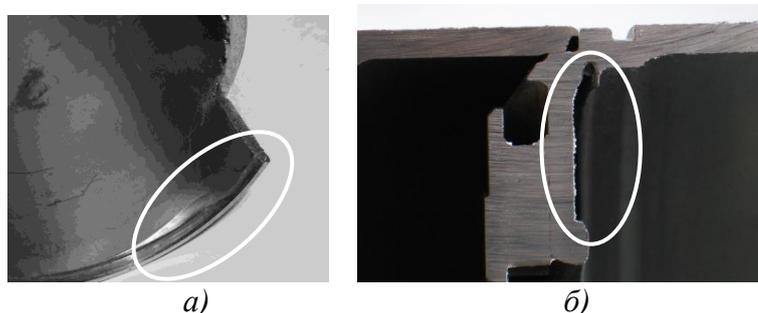


Рис. 1. Разрушение деталей ЭЦН по коррозионно-эрозионному механизму (а-гильза газосепаратора, б-разрез направляющего аппарата)

Разрушение наблюдается в местах изменения направления движения жидкости и при наличии препятствий на пути движения потока. Целью представленной работы является выявление влияния совместного воздействия коррозии и ударного воздействия струи жидкости, содержащей абразивные частицы, на скорость изнашивания. Анализ литературных источников показал, что ближайшей по смыслу методикой является стандарт G119-04 для определения синергизма между механическим износом и коррозией американского общества испытаний и материалов (ASTM). С учетом этой методики были разработаны метод и испытательное оборудование для исследований материалов деталей ЭЦН в условиях коррозионно-эрозионного изнашивания в присутствии абразива. Кинематическая схема стенда представлена на рис.2.

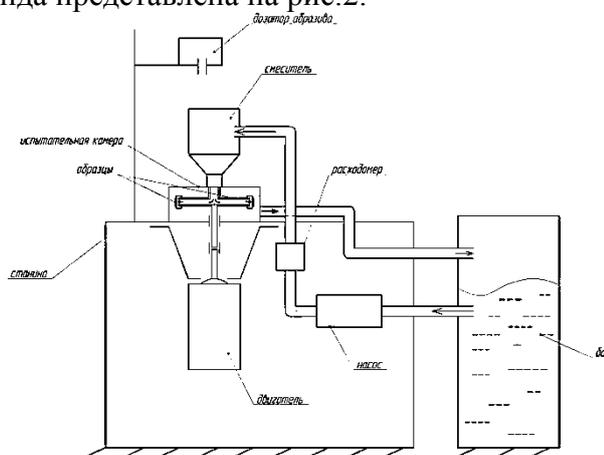


Рис.2. Кинематическая схема стенда для испытаний в условиях коррозионно-эрозионного изнашивания

АНАЛИЗ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗНОСА ФОКУСИРУЮЩИХ ТРУБОК ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ГИДРОАБРАЗИВНОЙ РЕЗКИ

ANALYSIS OF THE PHYSICAL PROCESSES OF ABRASIVE WATERJET CUTTING EQUIPMENT FOCUSING TUBE WEAR

Л.А.Тищенко – инж., асп., А.А. Ковалев – инж., асп.

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
Abstract. The article considers the basic physical processes of wear of nozzle tip abrasive waterjet cutting equipment.

В настоящее время ультраструйные технологии, в частности, технология гидроабразивного резания (ГАР), получили широкое распространение в областях высокопроизводительной обработки различных труднообрабатываемых материалов. Основными преимуществами ГАР по сравнению с традиционными процессами механической резки материалов являются: возможность резки деталей из практически любого материала, отсутствие температурных деформаций обрабатываемых деталей, малые погрешности при резке, возможность получения заготовок очень сложного контура и многое другое [1,2]. Одним из наиболее важных факторов, негативно сказывающихся на производительности и технико-экономической эффективности рассматриваемого метода резки, является процесс гидроабразивного изнашивания фокусирующей трубки (ФТ) оборудования ГАР.

В фокусирующей трубке происходит взаимодействие частиц абразива с водной струей и осуществляется разгон абразивных частиц с передачей им кинетической энергии. Изменение геометрии внутреннего канала фокусирующей трубки (износ фокусирующей трубки) оказывает существенное влияние на основные параметры процесса резания (давление гидроабразивной струи, скорость резания, угол атаки частиц абразива). В соответствии с этим, для увеличения производительности и повышения технико-экономической эффективности оборудования ГАР актуальной задачей является рассмотрение физических процессов износа фокусирующей трубки с целью дальнейшей выработки рекомендаций по увеличению рабочего ресурса ФТ.

Исходя из проведенного анализа литературных источников [1-3] выделим следующие основные гипотезы износа внутренней поверхности ФТ:

- 1) Волны Рэлея. Данная гипотеза основывается на предположении, что частицы абразива, касаясь внутренних стенок ФТ генерируют поверхностные акустические волны (волны Рэлея), которые приводят к образованию волновой картины. Волны Рэлея взаимодействуют с ударными волнами, что приводит к разрушению материала;
- 2) Возникновение области возвратного течения вследствие отрыва гидроструи от внутренней поверхности ФТ, что влечет за собой возникновение колебаний гидроструи. Пульсация струи прижимает частицы к стенкам ФТ, что приводит к разрушению стенок;
- 3) Самогенерация колебаний в фокусирующей трубке вследствие сторонних колебаний всего агрегата ГАР;
- 4) Возникновение турбулентности на входе в фокусирующую трубку вследствие ударного смешивания жидкости и абразива.

Анализ процессов, происходящих в ФТ, и характера износа ее канала дает право сделать вывод, что явления, происходящие при прохождении абразиво-жидкостной смеси по каналу ФТ носят периодический характер. Расчеты показывают, что частота вылетов частиц абразива коррелирует с периодом волнового профиля изношенного канала.

Литература

1. A Study of the Cutting Performance in Abrasive Waterjet Contouring of Alumina Ceramics and Associated Jet Dynamic Characteristics by Hua Liu, School of Mechanical, Manufacturing and Medical engineering, Queensland University of Technology, 2004.
2. Барзов А. А., Галиновский А. Л., Технологии ультраструйной обработки и диагностики материалов – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009, - 246 с.
3. Water Jet and Abrasive Water Jet Machining, Version 2 ME, IIT Kharagpur.

РАЗРАБОТКА ИЗНОСОСТОЙКИХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОТОРНЫХ МАСЕЛ¹

DEVELOPMENT OF WEAR RESISTANCE COMPOSITES BASED ON POLYTETRAFLUORETHYLENE WITH USE OF ENGINE OILS

А.Л. Федоров – м.н.с., П.Н. Петрова – к.т.н., в.н.с.

Институт проблем нефти и газа СО РАН г. Якутск, Россия

ФГАОУ ВПО Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова

Abstract. The results on wearproof polymeric composite materials development are presented in given work. These materials based on PTFE and were obtained owing to impregnation of porous polymeric halfproducts by engine oils of various nature.

Создание новых конструкций узлов трения, постоянно растущие требования к эксплуатационным характеристикам машин и механизмов обуславливают необходимость разработки новых износостойких материалов триботехнического назначения.

В данной работе представлены результаты триботехнических испытаний полимерных композиционных материалов (ПКМ) на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ), полученных пропиткой пористых полимерных заготовок моторными маслами различной природы. В качестве модификаторов ПТФЭ использованы моторные масла марки М-8В (SAE 20), Motul 5W30 (SAE 30) и Ravenol 5W40 (SAE 40), различающихся по природе и вязкости. По эффективности модифицирующего влияния на ПТФЭ, определенные нами по критерию повышения износостойкости ПКМ, эти масла можно расположить в следующий ряд: Ravenol 5W40 - Motul 5W30 - М-8В. Установлено, что более эффективным модификатором ПТФЭ являются моторное масло марки Motul 5W30 на основе сложных эфиров, и минеральное масло М-8В. Главной причиной повышения износостойкости ПКМ является то, что компоненты термообработанного масла играют роль эффективных модификаторов структурной организации полимера. Второй причиной повышения износостойкости является повышение адгезионного взаимодействия ПКМ с поверхностью контртела благодаря наличию в объеме и на поверхности композита полярных кислородсодержащих соединений, содержащихся в исходном масле или образующихся в результате его окисления в процессе переработки ПКМ. Это способствует образованию прочно прилегающего на контртеле полимерного слоя, который препятствует непосредственному контакту трущихся поверхностей, предохраняя тем самым материал от изнашивания.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 09-03-98502-р_восток_a)

ИЗМЕНЕНИЕ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТЕЙ СТАЛЕЙ ПРИ ЛАЗЕРНОМ ЛЕГИРОВАНИИ *CHANGING OF TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF STEEL SURFACES AT LASER ALLOYING*

А.А. Фишков-асп., Б.Н. Михайлин-асп., В.П. Бирюков - к.т.н., доц.
Институт машиноведения им.А.А.Благонравова РАН

Abstract. There are results of steels alloying with chromium, carbon, vanadium and cobalt. In this paper represent wear resistant increasing of alloyed layers.

Анализ известных данных показывает отсутствие однозначного определения результатов легирования: толщины легированного слоя и концентрации легирующего элемента. На образцы стали У10 наносили слой толщиной 100...300 мкм, представляющий собой 50% смесь порошка хрома со связующим веществом, выгорающим при температуре около 400 °С (оксимэтилцеллюлозой). Облучение проводили на непрерывном СО₂-лазере при плотности мощности (2...7) Вт/см², что обеспечивало получение равномерно оплавленного слоя толщиной до 1 мм, с небольшим искажением поверхности. Легирование хромом до 6...7 вес % приводит к образованию мартенситно-аустенитной структуры содержащей по рентгеновским данным до 15% остаточного аустенита с микротвердостью 10 ГПа. Дальнейшее увеличение содержания хрома приводит к увеличению содержания карбидов и α-фазы. Замечены две особенности в структуре легированного слоя: практически одинаковая концентрация хрома в одновременно присутствующих фазах (α-фаза, аустенит, карбид); при всех исследованных концентрациях хрома в легированном слое (до 40%) первым кристаллизуется аустенит.

С целью изыскания оптимального сочетания прочностных и пластических характеристик поверхностного слоя стали 40ХН проводили ее лазерное легирование. Количество остаточного аустенита в легированной стали зависит не только от режима лазерной обработки, но и от типа легирующего элемента. В случае легирования стали 40ХН кобальтом остаточный аустенит либо не обнаруживается, либо его количество не превышает 10%. При легировании же никелем количество остаточного аустенита может превышать количество мартенсита. Легирование кобальтом вызывает значительное повышение микротвердости (в 1,5 раза) по сравнению с закаленной сталью, что обусловлено измельчением структуры и появлением карбидов.

Лазерное легирование стали 20Х13 осуществляли путем предварительного нанесения на поверхность кремнийсодержащей обмазки на основе органического связующего. Толщина слоя составляла 90...300 мкм. Дальнейшее увеличение толщины слоя приводит к появлению трещин. Максимальное значение микротвердости составляло 10,2 ГПа. Износостойкость стали 20Х13 после лазерного силицирования в 1,5 раза выше, чем после стандартной термической обработки при испытании на машине трения «Шкода-Савина» методом врезания твердосплавного диска. При лазерной цементации стали 20Х13 с перекрытием упрочненных зон на режимах обеспечивающих твердость 9...11 ГПа наблюдалось равномерное распределение углерода в легированном слое. Перед лазерной обработкой на поверхность образца наносили слой обмазки из порошка графита с использованием органического связующего.

Для описания результатов лазерного легирования можно использовать зависимость глубины расплавленного слоя от основных параметров обработки, полученную для трехмерной задачи нагрева. С учетом наших исследований она примет вид:

$$Z \approx P / (dv)^n$$

где, P, v, d- мощность, скорость перемещения и диаметр лазерного луча;

n- показатель степени учитывающий характеристики легирующего элемента и технологии его нанесения.

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ХОДОВЫХ ГАЕК
ВИНТОВЫХ ПАР СКОЛЬЖЕНИЯ НА БАЗЕ УТОЧНЕННОЙ
ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИХ ИЗНАШИВАНИЯ**
*SUPPORT OF WEAR RESISTANCE OF SLIDING SCREW PAIRS LEAD NUTS
ON THE BASIS OF IMPROVED THEORETICAL MODEL OF ITS WEAR
PROCESS*

И.Ю. Цуканов – асп.

Московский государственный индустриальный университет

Abstract. The improved theoretical model of sliding screw pairs wear process, accounting unevenness of load allocation in thread turns, the process of relocation of load in connection with varied thread pitch occurrence, differentiation between tribological parameters of bedding and normal wear processes and impact of thread forming technology are presented. On the basis of this model the process of surface plastic deformation of thread turns is offered for wear resistance support. The theoretical model and tool for this process are developed.

Винтовые передачи скольжения наряду с ШВП и РВП находят свое применение в различных областях современного машиностроения, там, где требуется высокая точность перемещения и направления в совокупности со стесненными габаритами и умеренными нагрузками. Износостойкость винтовых пар скольжения – основное эксплуатационное свойство, лимитирующее долговечность таких механизмов. Для производства конкурентоспособных машин необходимо проектировать и изготавливать детали под четко определенный срок их службы, соблюдая баланс между качеством и себестоимостью. Однако имеющиеся теоретические модели изнашивания винтовых пар скольжения не позволяют провести связь между проектированием и изготовлением деталей, так как они комплексно не учитывают качество поверхностного слоя, параметры которого оказывают значительное воздействие на трибологические характеристики пары. Поэтому разработка уточненной модели изнашивания, позволяющей рассчитывать трибологические характеристики с учетом технологических воздействий и выбор видов и режимов таких воздействий для обеспечения требуемой долговечности данных механизмов по критерию износа, является актуальной проблемой. Наиболее изнашиваемым элементом пары является ходовая гайка, изготавливаемая преимущественно из бронзы, технологические воздействия на витки которой мало изучены. Все это и обусловило необходимость создания комплексной математической модели изнашивания ходовых гаек, которая была получена на основе молекулярно-механической теории трения, усталостной теории изнашивания, учения об инженерии поверхностного слоя и модели взаимодействия витков резьбы. Данная модель позволяет рассчитывать в автоматизированном режиме контактное давление, коэффициент трения и интенсивность изнашивания отдельных витков в определенный момент времени работы передачи. Причем расчет производится по различным зависимостям для периода приработки и нормального изнашивания. Особенностью расчета в период приработки является учет перераспределения интенсивностей изнашивания по виткам на основании аналогии между неравномерным износом витков и увеличением приращения шага резьбы гайки. На основании данных о трибологических характеристиках витков во времени и имеющихся зазорах между витками модель определяет основной параметр – зазор между гайкой и винтом за расчетный период времени, определяющийся итерационным процессом вычисления числа контактирующих витков и износа наименее нагруженного. Для технологического обеспечения износостойкости предложено использовать обработку витков ходовых гаек ППД как технологический процесс с возможностью широкого управления качеством поверхностного слоя. Разработаны теоретические модели, связывающие трибологические характеристики пары и режимы ППД. Спроектирован и изготовлен инструмент для ППД, проведены эксперименты на образцах и ходовых гайках.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ КОМБИНИРОВАННОГО ПРОТЯГИВАНИЯ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

PERFECTION OF METHODS OF THE COMBINATION BROACHING OF BODIES OF ROTATION

Д.И. Юшин – асп., Н.В. Хомякова - соискатель

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет «МАМИ»

Abstract. Now conducting domestic and foreign firms actively develop and introduce a perspective method of a cutting drawing of bodies of rotation mainly necks and cheeks of balance weights of cranked shaft of internal combustion engines. However, existing linear and circular broach, generated on the basis of many-sided plates aren't universal and ineffective.

В настоящее время ведущие отечественные и зарубежные станкоинструментальные фирмы активно разрабатывают и внедряют перспективный метод режущего протягивания тел вращения преимущественно шеек и щек балансиров коленчатых валов двигателей внутреннего сгорания. Однако, существующие линейные и круговые протяжки, сформированные на базе многогранных неперетачиваемых пластин не универсальны и малоэффективны.

С использованием алгоритмических процедур «систем искусственного технологического интеллекта» синтезированы новые конструкции инструмента. Новый инструмент содержит: абразивную секцию; выглаживающую секцию; секции для нанесения регулярного микрорельефа с осциллирующими и вращающимися головками.

Дальнейшее совершенствование данной технологии возможно на основе регуляризации микрогеометрии поверхности рабочих элементов, а также путем применения современных металлоплакирующих смазок, реализующих научное открытие – фундаментальный физический эффект безызносности Гаркунова-Крагельского.

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ПОСЛЕ ЭЛЕКТРО-МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

PHYSICOMECHANICAL PROPERTIES OF A BLANKET AFTER ELECTRO-MACHINING

А.П. Яковлева – к.т.н., доц.
МГТУ им. Н.Э. Баумана

Abstract. Service life of details of cars depends on quality of blankets. In work influence of electromechanical processing on physicomechanical properties of details was investigated. Application of electromechanical processing allows to raise strength.

Основными методами поверхностного упрочнения, получившими широкое распространение в машиностроении, является химико-термическая обработка и закалка ТВЧ. Однако использование данных процессов не всегда оправдано вследствие высокой стоимости и сложности термического оборудования, значительного расхода электроэнергии, нестабильности качества поверхности и возможного коробления деталей.

Электромеханическая обработка (ЭМО), основанная на электроконтактном нагреве поверхности детали, имеет ряд преимуществ перед традиционными методами закалки. Основные из них - это отсутствие коробления, сокращение длительности технологического цикла, возможность обработки труднодоступных участков наружных и внутренних поверхностей. Для ЭМО тел вращения использовалась установка, состоящая из токарного станка, источника питания и приспособления, в котором установлен ролик-электрод [3]. В качестве объекта для ЭМО выбраны валы чесальной машины, предназначенной для чесания грубой шерсти и ее смесей. Долговечность валов ограничивается износом наружных поверхностей, т.к. при эксплуатации в зазорах уплотнений накапливаются продукты износа, действующие как абразив. По существующей технологии валы изготавливаются из стали 45 с закалкой шеек валов ТВЧ до твердости HRC=46. Однако указанная термообработка не обеспечивает требуемой долговечности деталей. В связи с этим предложено внедрение ЭМО взамен ТВЧ, что позволит упрочнить наружный диаметр вала, подвергаемый повышенному износу, оставив при этом свойства сердцевины материала без изменений. Упрочненная поверхность при ЭМО формируется в результате наложения полос закалки с определенным перекрытием следов обработки. Вследствие наличия зон отпуска в местах перекрытия структура и твердость по ширине обрабатываемой детали неоднородны. На поперечном шлифе упрочненная зона имеет вид сегментов с «чашуйчатой» структурой. В местах перекрытия зон термического влияния наблюдаются темные полосы в виде дуг с выходом на поверхность, что объясняется вторичным отпуском при последующем проходе. В зонах закалки твердость достигает HRC=52...58 на глубину до 0,6 мм, в зонах отпуска твердость снижается до HRC=45...48. Однако зона отпуска составляет не более 10% по отношению ко всей упрочненной поверхности. Микроструктура упрочненной зоны – мелкодисперсный мартенсит. Таким образом, основные преимущества ЭМО перед ТВЧ состоят в повышении износостойкости валов, уменьшении трудоемкости за счет ликвидации операции правки, которые выполняются после ТВЧ.

Литература

1. Аскенази Б.М. Электромеханическое упрочнение и восстановление деталей -М: Машиностроение. 1968, - 230с.
2. Павликов П.Я. Поверхностное упрочнение электромеханической обработкой // Труды МГТУ №578 М: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000-С121-125.
3. Яковлева А.П. Комбинированная обработка вал-шестерен маслонасосов// Сборник материалов научно-технического семинара "Прогрессивные технологии и оборудование машиностроительного производства" 2010г.

СЕКЦИЯ 5.
Механика машин и управление
машинами

РЕЖИМЫ РАБОТЫ МЕХАНИЗМОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДА КЛИНОВЫХ ЗАДВИЖЕК ТРУБОПРОВОДНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ

OPERATING MODES OF ELECTRO-DRIVE MECHANISMS USED FOR PIPELINE TURNPIKES' WEDGED VALVES

В.В. Аверина – асп.

Тульский государственный университет

Abstract. Parameters of wedged gate valves for pipeline armature of different diameter and pressure which predetermine operating modes of mechanisms are systematized. Attempt to justify application of multiline drives on the basis of multithread transmissions of epicyclical type is made.

В газовой, нефтяной и атомной промышленности в качестве арматуры, как правило, используются клиновые задвижки, которые обладают достоинствами: малым гидравлическим сопротивлением и плавном перекрытии. Среда (газ, нефть, вода и пар) находится в трубопроводе с диаметром условного прохода $D_N = 50; 80; 100; 125; 150; \dots; 1000$ мм (ГОСТ 28388-89) под давлением $P_N = 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 16,0; 25,0$ МПа (ГОСТ 356-80). Магистрали требуют использования высоконадежных приводов с большим ресурсом и передаточным отношением для открытия и закрытия задвижек, т.к. отказ электроприводов может привести к аварии на трубопроводе, большим потерям и катастрофе.

Каждый привод имеет оригинальные детали передач, присоединительные и габаритные размеры по двигателю, редуктору и задвижке. Это не позволяет установить редукторы с другими размерами. Ограниченность использования повышает его стоимость, увеличивает сроки проектирования, и, конечно, снижает конкурентоспособность на рынке.

Шпиндель проходит сквозь редуктор, а при больших D_N и через двигатель. Ход шпинделя определяется как $S_{ш} = D_N + (10 \dots 50)$, мм. Ход $S_{ш}$ в свою очередь предопределяет время t_3 при открытии и закрытии трубопровода. Задаваясь диаметром шпинделя d_v определяем количество заходов i и шаг резьбы h . Параметры задают сколько оборотов N совершает гайка для открытия трубопровода $N = S_{ш} / (hi)$. Частота вращения выходного вала многооборотного электропривода $n_r = 60N / t_3$. Время t_3 для задвижек с одинаковым D_N нормируется давлением P_N . Несоблюдение заданного t_3 приводит к кавитации, вследствие чего появляются вибрация подвижных деталей и потери на трение в опорах гайки и её сопряжении с винтом, что требует использования привода с большим крутящим моментом. Устанавливаемый привод должен обладать гарантированным ресурсом до 20 лет с двукратным запасом по моменту при сдёргивании клина в крайних положениях.

Задача создания ряда приводов состоит в необходимости привести электроприводы задвижек одного диаметра D_N (или нескольких близких) к использованию двигателей одной мощности. Мощность двигателя подбирается по моменту на гайке T_r и частоте вращения, которое определяет передаточное число $u_{ред} \cong n_{дв} / n_r = n_{дв} t_3 / (60N)$. Анализ приводов задвижек показывает, что необходимы приводы с числом $u_{ред} = 30 \dots 120$. На современном уровне, реализовать такие числа удастся за счет использования электроприводов на базе многопоточной передачи планетарного типа (Патент РФ № 2402707), разработанной в ТулГУ. Передача позволяет за счет смены колес быстроходной ступени при неизменной тихоходной изменять передаточное число в разы. При смене колес сохраняется межосевое расстояние во всех зубчатых зацеплениях. Таким образом, новая планетарная передача позволяет унифицировать электроприводы клиновых задвижек по габаритным размерам и мощности при разных режимах работы задвижек, что резко уменьшает их номенклатуру, массу, габариты и стоимость.

ПЛАНИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРА С ПОДВЕСОМ СХВАТА НА ГИБКИХ ЗВЕНЬЯХ

PLANNING THE MOVEMENT TRAJECTORIES OF MANIPULATOR WITH FLEXIBLE LINKS SUSPENSION

А.В. Алепко, Ю.А. Валюкевич – к.т.н., доц.

ФГБОУ ВПО "Южно-Российский Государственный университет экономики и сервиса"

Abstract. Set and solved direct and inverse kinematics tasks of the ticks for the position and velocity for the manipulator with the suspension on the flexible links. In general terms were formulated task of planed trajectory of manipulator movement. The solution of the kinematics task on the position of the zone-servicing in the form of three-dimensional tetrahedron and the box to speed - in the form of the box was received.

В работе исследуется конструкция манипулятора с подвесом схвата на гибких звеньях. Интерес к этой проблеме обозначен наличием достаточно большого количества патентов на кинематические схемы в патентных агентствах США, Китая, Японии и некоторых других стран. Известные конструкции предназначены для перемещения относительно малых грузов, и/или обладают весьма ограниченной зоной обслуживания. Кроме того, пространство зоны обслуживания представленных манипуляторов ограничено простыми фигурами, такими как треугольная призма или параллелепипед.

Настоящая работа посвящена созданию манипулятора с подвесом схвата на гибких звеньях, имеющего зону обслуживания сложной формы, большого объема, с возможностью перемещения объектов большой массы. Одной из основных задач при создании подобного манипулятора является планирование траектории перемещения схвата. Для решения задачи планирования аналитически решаются прямая и обратная задача кинематики по положению для общего случая конструкции манипулятора с подвесом схвата на гибких звеньях. Для частного случая, а именно для зоны обслуживания в виде параллелепипеда, получено аналитическое решение прямой и обратной задач кинематики по скорости.

Предложены и исследованы на компьютерной модели алгоритмы формирования траектории перемещения схвата в заданную точку зоны обслуживания. Результаты исследований способов планирования показали, что для практического применения пригодны алгоритмы, основанные на позиционировании по скорости изменения обобщенных координат. Кроме этого, в работе предложен и исследован алгоритм перемещения по траектории, представляющей собой отрезок прямой, с постоянной скоростью. Получены аналитические выражения для скоростей изменения обобщенных координат тросов.

Достоверность полученных результатов показана с помощью компьютерной модели. Результаты работы могут быть использованы для определения параметров конструкции манипулятора с подвесом схвата на гибких звеньях.

ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИВОДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

THE FEATURES OF THE DYNAMIC RESEARCH OF DRIVERS IN TECHNOLOGICAL MACHINES

М.Н. Булатова – к.т.н.

ФГБОУ ВПО «Тульский государственный университет»

Abstract. The article consider the question of necessity of the account mutual influence of the processes occurring in a mechanical part of a drive gear and power-driven induction motor.

Увеличение мощности привода, являющегося одним из важнейших структурных элементов большинства технологических машин, и скорости движения рабочих органов приводит к постоянному увеличению значения динамических процессов, протекающих в механической системе технологических машин, и, в частности, в её приводе. Чтобы оценить реальные нагрузки, действующие на элементы машины, ресурс работы и эксплуатационную надежность необходимо тщательное исследование динамических процессов, протекающих в приводе.

Первым шагом динамического исследования любой машины является составление расчетной схемы и математической модели исследуемой системы. Очевидно, что чем полнее расчетная схема отображает действительные свойства исследуемой системы, тем точнее расчетные динамические характеристики будут соответствовать реальным. По полноте отражения реальных динамических свойств исследуемых механических систем все расчетные схемы и, соответственно, математические модели можно разделить на две большие группы: линейные и нелинейные. Методика составления линейных математических моделей, исследования на их основе динамических процессов и соответствующие программные средства разработаны достаточно полно. Для нелинейных динамических моделей приводов технологических машин большое число задач остается нерешенным. Это объясняется, с одной стороны, сравнительно незначительным влиянием нелинейных свойств машин при небольших скоростях и мощностях привода на динамические характеристики, с другой – отсутствием готовых расчетных и математических моделей и инструментальных средств для их исследования. В то же время практически все технологические машины являются нелинейными системами. Нелинейность механических систем указанных машин обуславливается нелинейностью механических характеристик используемых асинхронных электродвигателей, передаточных механизмов и механических характеристик рабочих машин.

Исследования динамических процессов в приводах технологических машин, описываемых нелинейными математическими моделями, ведутся в двух направлениях. Первое направление связано с исследованием влияния переходных электромагнитных процессов в асинхронных электродвигателях на динамику системы. Механическая часть системы в этом случае представляется упрощенно, как правило, в виде одномассной системы, с параметрами, приведенными к валу двигателя. Момент сил сопротивления считается постоянным или задается в виде некоторой известной функции времени.

Работы, выполненные во втором направлении, достаточно полно учитывают инерционные и упругие свойства механической части рассматриваемой системы, однако механическая характеристика двигателя принимается упрощенной.

Очевидно, что процессы, происходящие в механической части системы и приводном асинхронном электродвигателе, оказывают значительное влияние друг на друга. Получить достоверные и точные характеристики динамических процессов, происходящих в системе можно только при построении математической модели, учитывающей нелинейность электромагнитных процессов, происходящих в асинхронном электродвигателе, нелинейность передаточных механизмов и механических характеристик рабочих машин. А современные программные продукты позволяют проводить такие исследования.

КУЛАЧКОВЫЕ УДАРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ С ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ СТРУКТУРОЙ В РАБОЧЕМ ЦИКЛЕ

THE SHOCK CAM MECHANISMS THAT CHANGE OWN STRUCTURE DURING WORK CYCLE

С.Ю. Волынщиков – асп.

Ульяновский Государственный Технический университет

Abstract. Mechanisms based on shock principle are used in many engineering branches. In this work author has described the basic types of shock cam mechanisms and their components.

Элементами силовой импульсной системы для возбуждения ударных нагрузок являются источник энергии, виброударный механизм (генератор силовых импульсов), механизм подачи, связывающий виброударный механизм с опорной системой; волновод, обеспечивающий передачу силового возбуждения к обрабатываемой среде.

Виброударные механизмы для генерирования силовых импульсов создают возбуждение в инструменте, взаимодействующем с обрабатываемой средой, периодических ударных нагрузок, которые в виде ударных волн передаются среде и разрушают или деформируют ее. Возбуждение ударных нагрузок осуществляется в результате возвратно-поступательного движения ударной массы - ее периодических соударений с рабочим инструментом. Возвратно-поступательное движение ударной массы может быть осуществлено с помощью различных устройств преобразования движения, среди которых выделим класс кулачковых механизмов.

Класс кулачковых виброударных механизмов можно подразделить на механизмы с фрикционной связью ведущего звена (кулачка) с ударной массой (рис. 1, а) и механизмы с геометрической связью (рис. 1, б, в, г), устойчивость которой обеспечивается в большинстве случаев с помощью силового замыкания звеньев.

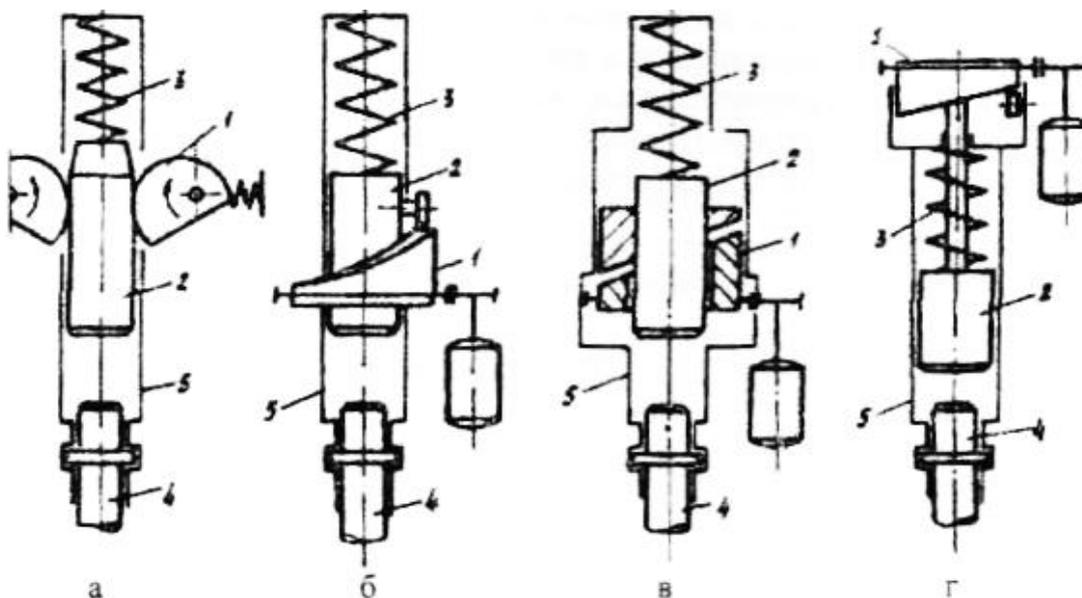


Рис. 1. Схемы кулачковых ударных механизмов: 1 – кулачок, 2 – ударная масса, 3 – пружина, 4 – рабочий инструмент, 5 – корпус

Построена математическая модель кулачковых ударных механизмов как механических систем с изменяющейся структурой в рабочем цикле, с существенно нелинейными свойствами, обусловленными процессом удара.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУЙНОГО ЗАГРУЗОЧНОГО УСТРОЙСТВА

COMPUTER SIMULATION OF A FLUIDIC CHARGING APPARATUS

А.И. Галковский, Е.В. Стегачев

Волгоградский государственный технический университет

Abstract. In the work the authors perform computer simulation of a fluidic charging apparatus. The results of the simulation allow receiving required geometric parameters of the apparatus and different fluid characteristics.

Струйные загрузочные устройства находят широкое применение для автоматической загрузки деталей в рабочую зону технологических машин. На кафедре «Автоматизация производственных процессов» Волгоградского государственного технического университета предложено такое устройство с новой конструкцией ориентирующего блока (Патент РФ № 2199428). Ориентирующий блок обеспечивает осевое ориентирование деталей (Д) путем создания восходящего вихревого потока тангенциально направленными каналами (ТК), вращающего деталь и ориентирующего ее симметрично осевым линиям восходящего вихревого потока, тем самым обеспечивается совмещение оси вращающейся детали с осью загрузочного канала (ЗК) с последующим ее транспортированием по каналу посредством нисходящего эжекторного потока воздуха, созданного эжекторным каналом (ЭК).

В данной работе было выполнено компьютерное моделирование такого загрузочного устройства (ЗУ) в программном пакете Flow Simulation, геометрия для которого предварительно была построена в программном пакете Solid Works (рисунок 1). Полученная компьютерная модель позволяет получить векторные и скалярные поля различных параметров потока, изолинии, траектории течения (рисунок 2), с целью определения наилучших технологических и геометрических параметров загрузочного устройства.

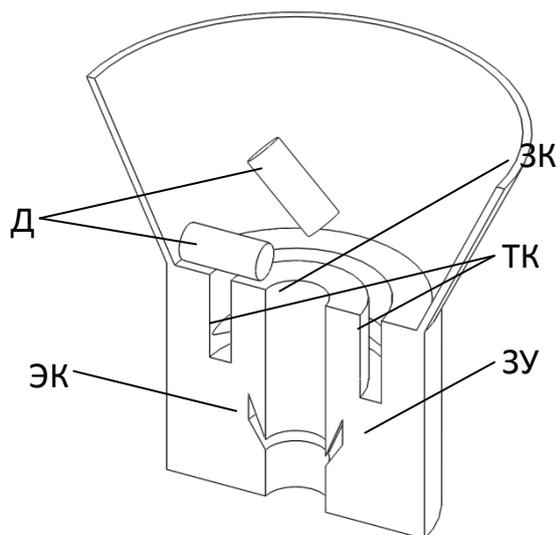


Рис. 1.

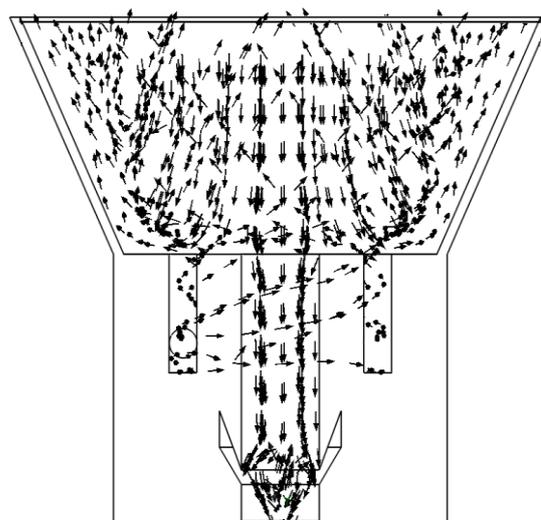


Рис. 2.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РОБОТОВ С НИЗКОЙ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТЬЮ

DESIGN OF LOW POWER CONSUMPTION ROBOTS

В. Глазунов³ - д.т.н., проф., Д. Ван Ринь² – асп.,
А. Риван² – инж., В. Аракелян¹ - д.т.н., проф.

¹ Национальный Институт Прикладных Наук, Рен, Франция

² Комиссариат по Атомной Энергии, центр в Фонтней Роз, Франция

³ Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Москва, Россия

Abstract. The loading of manipulator actuators depends on the distribution of mass in the links as well as the efficient motion generation. This paper deals with the second approach based on the opposite rotation of the links of the reconfigurable manipulator. It allows the linearization and decoupling of dynamic equations of the manipulator, and reduces input torques. The suggested approach is illustrated by numerical simulations carried out using ADAMS software.

Цель данной работы заключается в разработке новой концепции реконфигурируемых роботов с линейной динамикой и низким энергопотреблением. Предлагаемая структура робота показано на рисунке 1. В данной конструкции длины звеньев 1 и 2 являются переменными и могут быть изменены в соответствии с заданной траекторией захвата, а структура статически сбалансирована для всех конфигураций робота. Известно, что есть два решения, соответствующие двум различным конфигурациям руки с углами $\theta_{11}, \theta_{12}, \theta_{21}, \theta_{22}$ соответствующие заданному положению «Р».

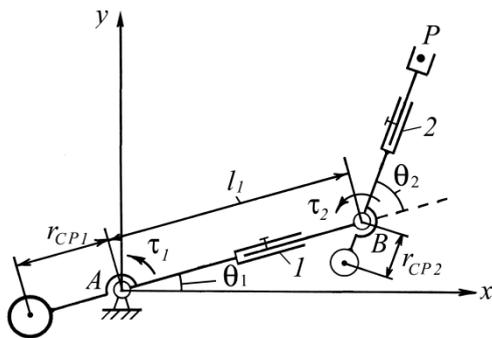


Рис. 1.

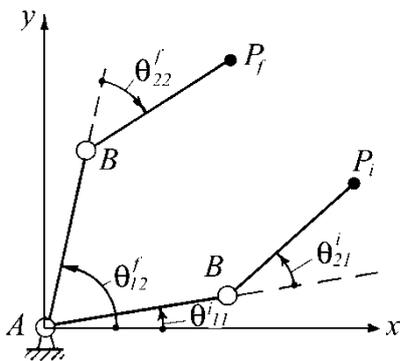


Рис. 2.

Такая концепция реконфигурируемого манипулятора позволяет аннулировать динамические нагрузки на второй привод, т.е. второй привод будет преодолевать только силы трения. Она также обеспечивает линеаризацию и развязку динамических уравнений, что значительно упрощает его управление. Предлагаемый подход иллюстрируется численным моделированием выполненным с помощью программного обеспечения ADAMS.

В данной конструкции длины звеньев 1 и 2 являются переменными и могут быть изменены в соответствии с заданной траекторией захвата, а структура статически сбалансирована для всех конфигураций робота. Известно, что есть два решения, соответствующие двум различным конфигурациям руки с углами $\theta_{11}, \theta_{12}, \theta_{21}, \theta_{22}$ соответствующие заданному положению «Р». Назавем их «нижнее положение руки» и «верхнее положение руки». Управление робота осуществляется таким образом, что в начальном положении захвата (P_i) манипулятор находится в нижней конфигурации, а в конечном положении (P_f) в верхней (Рис.2). Длины звеньев выбираются таким образом, что звенья выполняют противоположное вращение с одинаковыми угловыми ускорениями, т.е. $\ddot{\theta}_1 = -\ddot{\theta}_2$. Учитывая эти условия динамические уравнения робота упрощаются:

$$\tau_1 = \left(C_A + J_1 + m_2 l_1^2 \right) \ddot{\theta}_1$$

$$\tau_2 = 0$$

где τ_1 и τ_2 динамические нагрузки на привода.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ В КОСМИЧЕСКОЙ РОБОТОТЕХНИКЕ

APPLICATION OF PARALLEL STRUCTURE MECHANISMS IN SPACE ROBOTICS

С.М. Демидов¹ – асп., Ю.Н. Артеменко² – зав. отделом, Ле Тхань Нам² – асп.

¹ Институт машиноведения им. А.А. Благоднарова РАН, Москва, Россия,

² Физический Институт им. П.Н. Лебедева РАН,

³ Национальный транспортный институт Вьетнама

Abstract. Parallel mechanisms have many applications as technological, medicine, measurement simulation robots. But they could find their application in space as manipulators for space telescopes. Particularly parallel mechanism is proposed for space telescope “Millimetron”. This mechanism must move the mirror of the telescope.

Механизмы параллельной структуры могут применяться в качестве технологических, медицинских, измерительных, тренажерных роботов. Но они могут найти свое применение также и в космосе в качестве манипуляторов для телескопов. В настоящее время широко известны космические телескопы, в которых не предусмотрены робототехнические системы для взаимного перемещения антенны относительно базовой платформы. Это телескопы «Хаббл», «Гершель», «Кепплер» и др. В некоторых из этих телескопов присутствуют системы для виброгашения взаимных колебаний указанных частей. Однако в телескопах нового поколения планируется устанавливать робототехнические системы для перемещения антенны. Это очень сложная задача ввиду температур, близких к абсолютному нулю, требуемой высокой точности, необходимости гашения взаимных колебаний.

В настоящее время идут работы по созданию космического радиотелескопа нового поколения «Миллиметрон», который должен функционировать на удалении 1,5 млн км от Земли в одной из точек Лагранжа (Рис. 1). Одной из важнейших проблем при создании космической обсерватории «Миллиметрон» является задача наведения раскрываемого телескопа диаметром 10-12 м. с точностью до 0,3-0,1 угл.сек., осложняющаяся не жесткой гантелеобразной конструкцией космического аппарата с постоянно ориентированными на Солнце радиационными экранами для защиты телескопа от солнечного нагрева. Предполагается применить специальное многофункциональное устройство – манипулятор наведения, представляющий собой механизм параллельной структуры с тремя степенями свободы (Рис. 2).

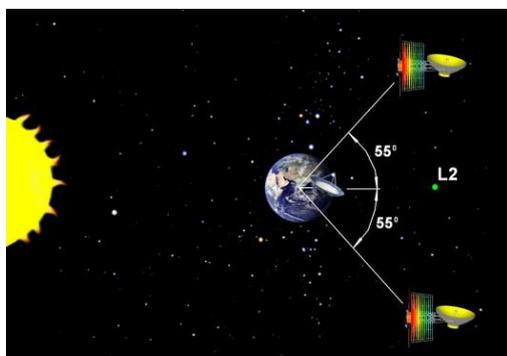


Рис. 1.

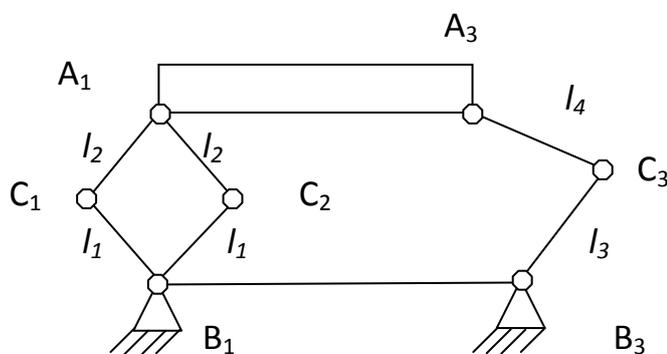


Рис. 2.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕХАНИЗМА ПРИВОДА ТИСКОВ ГРЕБНЕЧЕСАЛЬНОЙ МАШИНЫ СЕНЧЕРИ-720

MATHEMATICAL MODELS OF DRIVING MECHANISM OF VICE ON COMBING MACHINE CENTURY-720

А. В. Денисов – асп., А. В. Марковец – д.т.н., проф.

Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна

Abstract. In article the combing machines vice drive mechanism dynamic and mathematical model considering variability of his structures is consider.

В докладе рассматривается задача разработки математической модели механизма привода тисков гребнечесальной машины Сенчери-720. Данная машина осуществляет процесс гребнечесания, который является одним из составляющих технологической цепочки производства пряжи. В процессе работы тиски осуществляют зажим волокон холстика во время чесания гребенными барабанчиками и подачу прочесанного продукта на спайку. Исследование механизма тисков гребнечесальных машин осложняется тем, что их структура изменяется за каждый цикл.

Тиски содержат нижнюю и верхнюю губки. В машине Сенчери-720 нижняя губка тисков совершает возвратно-поворотные движения относительно неподвижной направляющей и приводится с помощью сложного многосвязного рычажного механизма, в структуру которого входит трехповодковая четырехзвенная группа Ассура. Привод верхней губки тисков содержит систему рычагов и пружину. При повороте нижней губки в машину верхняя губка опускается и прижимает прочесываемый продукт к нижней губке. При дальнейшем движении в том же направлении осуществляется прочес продукта гребенным барабанчиком, при этом деформируется пружина, установленная в системе рычагов привода верхней губки тисков. При повороте нижней губки из машины нижняя и верхняя губки размыкаются и зажатый ранее продукт передается на спайку. Таким образом, механизм привода тисков гребнечесальной машины следует рассматривать как механизм переменной структуры в моменты смыкания и размыкания тисков.

На основании анализа кинематической схемы, исследуемый механизм был разбит на две части: привод вала нижней губки тисков и рычажную систему верхней губки. При этом оказывается, что привод вала нижней губки тисков имеет неизменяемую структуру. Для анализа движения рычажной системы привода верхней губки тисков разработана динамическая и математическая модель. При этом рычаги нижней и верхней губок считаются абсолютно твердыми телами, учитывается податливость пружины, осуществляющей замыкание верхней губки на нижнюю посредством рычага, соединенного кинематической связью со стойкой.

Математическая модель механизма привода тисков представлена системой дифференциальных уравнений, описывающих движение верхней губки тисков и отдельных рычагов. В математической модели учитывается существенно нелинейные силы, действующие со стороны замыкающей пружины в приводе верхней губки, установленной между упорами, а также, сила, возникающая между верхней и нижней губками в период их смыкания. Так как система дифференциальных уравнений является существенно нелинейной, для ее решения необходимо воспользоваться численными методами, для чего необходима разработка алгоритмического и программного обеспечения. Решение задачи математического моделирования движения тисков гребнечесальной машины необходимо для последующей оптимизации ее конструкции, повышения качества выпускаемого продукта, снижения виброактивности машины и повышения производительности.

РАСЧЕТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПАЛЬЧИКОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ

NUMERICAL INVESTIGATION OF FINGER SEAL PERFORMANCE

И.Ю.Дзева - инж., Ю.М. Темис - д.т.н., проф., А.В.Селиванов - нач. сектора
ФГУП ЦИАМ им. П.И. Баранова, Москва, Россия

Abstract. Multi-fields method and mathematical models are developed for investigation of new high-efficient finger seal. This method is comprised gas flow simulation and stress-deformed analysis. Mathematical models have different level of refinement and can be used both for fast optimizations and full analysis of the finger seal.

Ключевым моментом при разработке новых высокоэффективных уплотнений ГТД является переход от жестких конструкций к уплотнениям с гибкими деформируемыми элементами, которые способны реагировать на изменение рабочих условий, в том числе подстраиваться под изменение радиальных размеров деталей, составляющих уплотнительный узел. В перспективном пальчиковом уплотнении гибкие элементы («пальчики») балансируют на тонкой газовой пленке над ротором, благодаря чему обеспечивается бесконтактная работа с очень малым радиальным зазором между ротором и корпусом на протяжении всего полетного цикла. Очевидно, что при проектировании таких уплотнений необходимо использовать модели и методы междисциплинарного математического моделирования для учета взаимодействия потока газа и гибких элементов.

Разработана междисциплинарная математическая модель пальчикового уплотнения, включающая расчет течения газа, НДС и перемещений пальчиков под действием газовых сил. Построенные модели имеют различный уровень детализации, что позволяет использовать их как для быстрых предварительных расчетов, так и для полного анализа уплотнения с учетом всех особенностей конструкции.

Моделирование течения газа проведено на основе упрощенных 1D-2D моделей Рейнольдса, а также в трехмерной постановке. Для решения нелинейного уравнения Рейнольдса использован метод конечных элементов в комбинации с методом Ньютона.

Для расчета НДС уплотнения (с учетом действия газовых нагрузок) использовано два подхода. В первом подходе пальчик заменен моделью криволинейной консольной балки, к торцевому сечению которой приведены усилия от газового слоя под площадкой: равнодействующая сил давления газа $R = \iint_D \Delta p \, s, z \, dsdz$ и векторный момент, вызванный переносом точки приложения силы. Для повышения точности в модели учтено действие осевого перепада давления и введено понятие эффективной длины пальчика. Для вычисления перемещений и углов поворота использованы интегралы Мора. Во втором подходе расчеты проведены на основе трехмерных моделей пальчиков с учетом их контактного взаимодействия.

Проведено расчетное исследование пальчикового уплотнения и показана его эффективность и работоспособность. Согласно полученным оценкам, уровень утечки через это уплотнение на 50-70% ниже, чем через стандартное лабиринтное уплотнение. Рассмотрены различные конструктивные модификации пальчикового уплотнения, включая изменение подъемной площадки, формы пальчиков, добавление балансирующей полости и др. Выделен ряд перспективных решений, требующих дальнейшей проработки.

ИНЕРЦИОННАЯ ГИДРОДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ АВТОМАТИЧЕСКАЯ ПЕРЕДАЧА ГОРОДСКОГО АВТОБУСА *THE INERTIA HYDRODIFFERENTIAL AUTOMATIC TRANSMISSION FOR THE CITY BUS*

С.А. Дмитриев – асп., С.П. Баженов – д.т.н., проф.
Липецкий государственный технический университет

Abstract. In this work process of designing of inertial hydrodifferential automatic transmission for city bus is considered. The analysis of design decisions of the basic units is resulted.

Автоматическая передача городского автобуса представляет собой инерционный гидродифференциальный бесступенчатый автоматический трансформатор вращающего момента (ИГТВМ), являющийся механической передачей с внутренним саморегулированием силового потока в зависимости от частоты вращения двигателя и момента внешнего сопротивления. ИГТВМ имеет три режима работы: стоповый; трансформация момента; динамической муфты. Диапазон силового регулирования $D = 7$, внешняя характеристика определяется приведенным моментом инерции реактора. ИГТВМ включает четыре узла: преобразователь момента; выпрямитель инерционного момента; систему смазки и подпитки; механизм обратной связи.

В качестве преобразователя момента (ПМ) принят дифференциальный ряд внешнего зацепления при ведущем звене – водиле, ведомом – центральной (солнечной) шестерне с пятью неуравновешенными сателлитами. Максимальная величина выходного момента определяется параметрами дифференциального ряда и количеством неуравновешенных сателлитов. Пять сателлитов обеспечивают минимальные массу и геометрические размеры. При проектировании рассматривались три варианта ПМ: сателлит выполнен одним целым с грузом и осью; сателлит выполнен вместе с грузом и отдельная ось; сателлит, грузы и ось – отдельные детали. Оптимальным признан первый вариант конструкции.

Выпрямитель инерционного момента гидродифференциального типа представляет собой дифференциальный ряд, опорными звеньями которого поочередно становятся солнечная или коронная шестерни, торможение происходит двумя гидротормозами противоположного действия. Реверсирование и режим «парковки» обеспечивает распределитель. Дифференциальный ряд подобран под требуемый момент инерции реактора. Ведущее звено – коронная шестерня, ведомое – водило. Работа гидротормоза основана на свободном перетекании жидкости при подаче в одну сторону и запираении потока при подаче в другую – контур циркуляции замыкается обратным клапаном. Гидротормоза выполнены в виде проходных многоступенчатых гидромашин. Ведомые периферийные шестерни – меньшего размера: три у корпусного и две у выходного гидротормоза. При проектировании учтены особенности работы гидротормоза: из конструкции исключены разгрузочные каналы; торцевые зазоры компенсируются комбинированным способом; увеличена торцевая уплотняющая поверхность; созданы разгрузочные полости перед уплотнениями.

Гидравлическая часть выпрямителя включает распределитель и два обратных клапана, подобранные из выпускаемых серийно. Для бесперебойной работы и отсутствия кавитации гидросистема подпитывается от насоса смазки-подпитки через обратные клапаны, исключая выброс рабочей жидкости из контуров при работе.

Механизм обратной связи служит для торможения двигателем и запуска с помощью буксира. Он состоит из обгонной муфты и торсиона обратной связи.

Особенность передачи: силовой поток передается механическим путем, гидротормоза замыкают на корпус опорные звенья дифференциального ряда. Вращение гидромашин происходит в одном направлении в свободном режиме; потери холостого хода происходят в одной из них, т. к. они работают поочередно. КПД сопоставим с механическими передачами.

О ВЛИЯНИИ ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА НА ЕГО РЕСУРС

ABOUT INFLUENCE OF THE REGIMES OF STARTING AND BRAKING OF BELT CONVEYOR TO ITS RESOURCE

К.В. Гальченко – студ., **В.В. Исаев** – асп., **Л.В. Лукиенко** – д.т.н., проф.
ФГБОУ Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева

Abstract. The paper presents the results of the study start-up and braking modes conveyor carried out on a mathematical model. Studies have shown that the pick-up conveyor drums, formally commemorates the movement of the elastic wave deformation along the branches of the tape, but they are of different nature. At a low speed drive drum speed of the front tape involving the movement will be much small compared with the velocity of propagation of elastic waves. The increase in the capacity of the drive motor will not cause the growth of belt tension during acceleration pipeline.

При современной высокой нагрузке на действующие промышленные производства эффективная эксплуатация транспортных систем оказывает решающее влияние на обеспечение бесперебойной работы предприятия. Важную роль при этом играет безаварийная работа конвейерных систем, немалая часть из которых представлена ленточными конвейерами, испытывающими значительные нагрузки. Поэтому разработка метода учёта влияния жёсткости ленты на переходные процессы даст возможность конструкторам при проектировании принимать более обоснованные решения. Таким образом, избранная тема исследования является актуальной.

В работе приняты следующие допущения: все элементы конвейера кроме ленты, рассмотрены как абсолютно жёсткие; сила упругости ленты пропорциональна деформации; диссипативная сила пропорциональна скорости деформации; транспортируемая масса не оказывает сопротивления деформациям ленты; масса отрезков ленты, роликов и груза сосредоточены на барабанах; смещение груза относительно ленты отсутствует. При изучении процесса торможения конвейера тормозные усилия на барабанах считаем постоянными. При составлении расчётной схемы принято, что расстояние между роликотпорами на грузовой ветви 1,4 м, а на порожней – 2,8 м.

При выполнении исследований разработана программа расчёта неустановившихся режимов работы ленточного конвейера, применение которой позволяет значительно сократить время расчёта и таким образом повысить результативность исследований.

Проведённые исследования ленточного конвейера производительностью 230 т/ч длиной 300м, транспортирующего груз вверх под углом 5° к горизонтали, оснащённого колодочным тормозом, имеющего двухбарабанный привод с жёсткой кинематической связью между барабанами без турбомуфты на разработанной математической модели показали, что разгон двигателя при пуске конвейера длится 0,3 с, а натяжение ленты достигает максимального значения через 2,9 с. Процесс трогания барабанов конвейера формально напоминает движение упругой волны деформаций вдоль ветвей ленты, но при этом они имеют разную природу. При малой частоте вращения приводного барабана скорость фронта вовлечения ленты в движение будет несоизмеримо малой по сравнению со скоростью распространения упругой волны. При этом увеличение мощности приводного двигателя не вызовет роста натяжения ленты в период разгона конвейера.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ ДЛЯ РАДИАЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПЕРЕСЕКАЮЩИХСЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК ПРИ НАГРУЖЕНИИ МОМЕНТОМ

DEFINITION OF THE LIMIT MOMENT LOADS FOR RADIAL INTERSECTIONS OF CYLINDRICAL SHELLS

А.Д. Емельянова – асп., А.К. Фокин – асп.

Московский Государственный Индустриальный Университет

Abstract. In this paper, the method of definition of limit plastic load in the intersecting cylindrical shells using a criterion of rate maximum of relative plastic work is discussed. Numerical elastic-plastic analysis using the finite element method, shell theory and plasticity theory was performed. Comparisons of obtained plastic momentums on the nozzle for experimental model vessels under out-of-plane and in-plane momentum are presented.

Соединения пересекающихся цилиндрических оболочек являются широко распространенными конструктивными узлами для сосудов давления и аппаратов, имеющих в своей конструкции узлы с патрубками или штуцерами, а также трубопроводов различного назначения во многих отраслях машиностроения. При действии различных нагрузок в оболочках наблюдается высокий уровень концентрации напряжений. В настоящее время для таких узлов наряду с упругим расчетом проводится определение предельной нагрузки на основе нелинейного анализа, что позволяет более надежно оценивать допускаемые нагрузки. Среди расчетных нагрузок обязательно выделяются внешние силы и изгибающие моменты, приложенные к патрубку. Поэтому оценка предельного момента является актуальной задачей нелинейного анализа пересекающихся оболочек.

В данной работе рассматривалось радиальное соединение пересекающихся цилиндрических оболочек (основной оболочки и патрубка) при действии изгибающего момента в продольной или поперечной плоскости соединения. Для определения предельной нагрузки проводился численный упругопластический анализ с использованием метода конечных элементов, теории оболочек и теории пластического течения с изотропным упрочнением. Разработанная прикладная методика была реализована в специализированной вычислительной программе SAIS.

Процедура определения предельной пластической нагрузки базируется на построении характеристической кривой «параметр нагрузки q – деформационный параметр δ ». За рубежом используются два основных способа определения предельной нагрузки по кривой $q - \delta$: способ двойного упругого наклона и способ пересечения касательных. В данной работе предлагается альтернативный подход на основе критерия максимума скорости изменения относительной пластической работы. Для этого вводятся следующие параметры: $C_p(q) = W_p/W$ – относительная пластическая работа, $C'_p = dC_p / dq$ – скорость возрастания относительной пластической работы при увеличении нагрузки.

Как показали расчетные исследования, зависимость $C'_p(q)$ изменяется не монотонно и имеет локальный максимум при некоторой нагрузке, что связано с механизмом пластического деформирования оболочек. В связи с этим, для определения предельного пластического момента ($M_{пр}$) предлагается использовать условие максимума функции $C'_p(M)$.

Проведено сравнение расчетных результатов для предельного пластического момента с известными экспериментальными и расчетными данными для опытных моделей цилиндрического сосуда с радиальным патрубком, нагруженных моментом в продольной или поперечной плоскостях соединения. При этом результаты, полученные с использованием предлагаемого способа, показывают хорошее соответствие с известными данными.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОГО ПОЛОЖЕНИЯ ЛЕНТЫ НА КРИВОЛИНЕЙНОМ УЧАСТКЕ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА ASSURING OF STEADY POSITION BELT ON THE CURVILINEAR AREA OF THE BELT CONVEYOR

Р.Б. Иваницкий – асп.

Брянский государственный технический университет

Abstract. Steady belt control over a long period is not possible if the belt edges are supported by lateral guide rollers in the curve section as the belt buckles and starts creeping at the rollers. This causes premature destruction of the belt, especially on the edges.

Использование ленточных конвейеров (ЛК) с изгибами трассы, находит все большее распространение. Появляются специальные конструкции ЛК, которые способны изгибаться в пространстве посредством специальных элементов и использования специальных лент. Но эти типы ЛК с добавлением поддерживающих роликов и специальным профилем лент оказываются неэкономичны в сравнении с обычным ЛК, это главным образом обусловлено сравнительно высоким износом лент при сходе.

При сходе ленты происходит ее разрушение, наиболее интенсивно на кромках. Поэтому устойчивое положение ленты на криволинейном участке ЛК является важной задачей.

При прохождении ленты через горизонтальные криволинейные участки (рис. 1), силы, действующие диагонально прямой движения, пытаются сдвинуть ее. Эти силы состоят из:

- сила, вызванная местной силой натяжения ленты к внутренней кривой;
- сила, вызванная силами тяжести, возникающими от ленты и груза находящегося на ней, направлена к внешней кривой;

Наилучшее положение ленты на роликоопоре установится, только если сумма вышеупомянутых сил получится в пределах установленных ограничений для горизонтального смещения ленты к центру желоба (рис. 2).

$F_{ц1} = F_{б1} - F_{гр1} - F_{yc1}$ и $F_{ц3} = F_{гр3} - F_{б3} - F_{yc3}$ – центростремительная сила для бокового ролика, $F_{ц2} = F_{гр2} - F_{yc2}$ – центростремительная сила для центрального ролика. Где $F_{би}$ – сила, возникающая от бокового давления груза, $F_{гри}$ – сила, возникающая от веса груза и ленты, F_{yci} – сила, возникающая от усилия поперечного сдвига ленты, для i -ого ролика.

Принимая в расчет данные всей системы, натяжения ленты и положение груза на криволинейном участке, задачей проектного и эксплуатационного расчета криволинейного участка ленточного конвейера подразумевается обеспечение равновесия между действующими силами.

Условие не смещения ленты на роликоопоре при движении по криволинейному участку ленточного конвейера:

$$F_{гр} - F_{б} - F_{yc1} = 0.$$

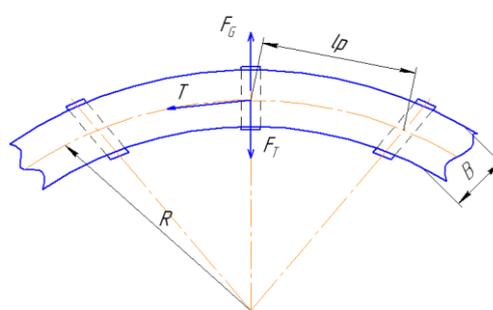


Рис. 1. Конвейерная лента с горизонтальным изгибом, активные силы: F_G – сила возникающая от веса груза и ленты, T – сила натяжения ленты, l_p – шаг установки роликоопор, R – радиус кривизны, $F_T = T \cdot l_p / R$ – сила, возникающая от усилия поперечного сдвига ленты. B – ширина ленты.

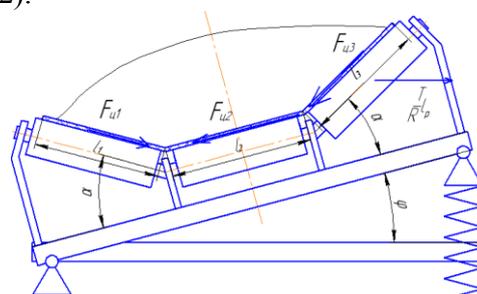


Рис. 2. Силы, действующие на роликоопоре от груза и ленты

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВЛИЯНИЯ ИЗНАШИВАНИЯ ДВИЖИТЕЛЯ БСП НА ЕГО НАДЁЖНОСТЬ

RESULTS OF COMPUTATIONAL EXPERIMENT TO DETERMINE THE EFFECT OF WEAR FOR THE RACK AND PINION RELIABILITY

В.В. Исаев– асп., **К.В. Гальченко**– студ., **Л.В. Лукиенко**– д.т.н., проф.
ФГБОУ Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева

Abstract. The paper sets out by the preliminary results of computer simulation of studying wear of Rack and Pinion gear. The goal was to prepare computer models of used gear and an analysis of their stress-strain state. Obtained results are well comparable with results calculated previously by traditional methods. The main advantage is time savings for research.

Зубчато-реечные передачи получили весьма широкое преимущество при перемещении машин, работающих со значительными нагрузками, при динамическом характере их приложения. Важным вопросом при их разработке является возможность прогнозирования на стадии проектирования их ресурса для сравнения различных конструктивных вариантов. Наиболее современным решением этой задачи является использование вычислительного эксперимента. Для его проведения использован программный комплекс APM WinMashine, который предназначен для подготовки расчётных моделей с целью исследования их напряжённо-деформированного состояния (модули APM Studio и APM Structure) с использованием метода конечных элементов. В работе проведены исследования зубчатого колеса толщиной 80 мм, изготовленного из стали 30ХГС и предназначенного для работы с цевочной рейкой с шагом зацепления 150 мм и диаметром цевки 75 мм, имеющего радиус профиля зуба колеса 78 мм. Величина тангенциальной нагрузки на колесо составила 400 кН. При расчётах в качестве конечного элемента была принята равнобедренная пирамида с длиной грани 7 мм. Анализируя результаты расчёта твердотельной модели можно отметить, что наиболее нагруженным местом является ножка зуба. Поэтому, при проектировании необходимо избегать концентрации напряжений в этом месте. Моделирование изношенного профиля зубчатого колеса было проведено посредством исследования напряжённо-деформированного состояния зубчатого колеса, профиль зубьев которого имеет меньший момент инерции сечения по отношению к исходному профилю. Обработка результатов эксперимента позволила установить, что полученная зависимость коэффициента запаса прочности от момента инерции относительно продольной оси колеса может быть аппроксимирована уравнением прямой линии с коэффициентом детерминации $R^2=0.6859$. Эквивалентные напряжения в элементах колеса незначительно снижаются при увеличении радиуса профиля зуба.

Анализ результатов эксперимента показал хорошую сходимость с результатами ранее проведённых модельных экспериментов на машине трения СМЦ-2 и в промышленных условиях. Сравнивая оба вида экспериментальных исследований можно отметить, что вычислительный эксперимент обладает несомненными достоинствами: значительной экономией времени, снижением материальных затрат, возможностью свободного управления характеристикой контактирующего профиля. Однако при этом необходимо помнить, что применение вычислительного эксперимента имеет реальный смысл только в том случае, когда есть экспериментальная база, с которой можно сопоставить результаты вычислительного эксперимента.

ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АВТОКОЛЕБАНИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ ЛЕЗВИЙНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ *THERMO-MECHANICAL MODEL OF AUTO-OSCILLATIONS AT THE METAL PROCESSING*

Г.К. Корендяев – м.н.с.

Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН

Abstract. A thermo-mechanical model of the tool auto-oscillations at the metal processing was developed. This model is based on temperature dependence of ultimate strength dropping characteristic. In the paper we analyzed the steady-state solution of the model on stability. The analysis revealed that the model allows explaining qualitatively appearance of the auto-oscillations.

Повышение эксплуатационных свойств металлорежущих станков и качества обработки заготовок лезвийным инструментом немислимо без изучения динамических процессов, происходящих при металлообработке.

Существует множество теорий автоколебаний при обработке металлов резанием, однако, на сегодняшний день, нет единой точки зрения на природу этого явления. Сложность и многообразие физических процессов, происходящих при резании металлов, позволяет предположить, что возникновение и поддержание данных автоколебаний определяется не одним, а несколькими физическими явлениями, которые могут взаимодействовать между собой. В данной работе выдвинута гипотеза о термомеханической природе данных автоколебаний. Тепловые и механические процессы, протекающие при резании, неразрывно связаны друг с другом. Механические процессы, происходящие в зоне резания, приводят к интенсивному тепловыделению, что в свою очередь вызывает значительный рост температуры обрабатываемого изделия и инструмента. При повышении температуры, в материале заготовки происходят структурные превращения, и как следствие, изменение механических свойств материала. Характер зависимости между механическими и тепловыми составляющими процесса резания позволяет предположить возможность появления в системе «резец-заготовка» термомеханических автоколебаний.

Для большинства металлов, обрабатываемых резанием, характерна падающая зависимость предела прочности σ_b от температуры. Сила резания непосредственно зависит от σ_b обрабатываемого материала и описывается эмпирической зависимостью:

$P_z = C_m \sigma_b^q$. При подстановке в данное уравнение выражения $\sigma_b = \sigma_b(\Theta)$ получаем зависимость $P_z(\Theta)$, которая также имеет отрицательный угол наклона. Математически модель автоколебаний резца была описана системой дифференциальных уравнений:

$$m\ddot{u} + b\dot{u} + ku = F_0 - \chi\Theta \quad (1)$$

$$CM\dot{\Theta} + H(\Theta - \Theta_0) = jF(\Theta)(v - \dot{u}) \quad (2)$$

где m – масса колеблющегося элемента; k и b соответственно коэффициент жесткости и коэффициент вязкого сопротивления; F_0 – сила резания без учета температурного разупрочнения материала; χ – коэффициент, характеризующий угол наклона прямой $F(\Theta)$; Θ_0 – температура окружающей среды; M – нагреваемая масса; C – удельная теплоемкость; H – коэффициент теплоотдачи; j – механический эквивалент теплоты; v – скорость главного движения станка. Уравнение (1) представляет собой уравнение колебаний резца, а выражение (2) является уравнением теплового баланса. Для данной системы было получено решение, соответствующее установившемуся режиму. Анализ этого решения на устойчивость показал, что в системе «резец-заготовка» теоретически возможна потеря устойчивости и, как следствие, возникновение термомеханических автоколебаний.

ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ КРАНА-МАНИПУЛЯТОРА ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МАШИНЫ ДЛЯ СВАРКИ ТРУБОПРОВОДОВ *OPTIMAL DESIGN OF A TRUNK PIPELINE WELDING MACHINE CRANE-MANIPULATOR*

И.А. Лагереv – асп.

Брянский государственный технический университет

Abstract. The optimal design method for the trunk pipeline welding machine crane-manipulator is under consideration in this article. The method is based on total hydrocylinders load and stress minimization.

Целью оптимизации трехзвенного гидравлического крана-манипулятора транспортно-технологической машины для сварки магистральных трубопроводов на стадии модернизации является максимальное выявление и использование резервов несущей способности его металлоконструкции и материала, а также энергетических характеристик силового гидропривода краново-манипуляционной установки.

Задачу нелинейной условной оптимизации крана-манипулятора в общем случае формулируется следующим образом: для кинематической схемы требуется найти такое сочетание ее варьируемых размеров, при котором достигается минимум оптимизируемого критерия качества (целевой функции) с учетом конструктивных, компоновочных и прочностных ограничений.

Если модернизация направлена на повышение энергоэффективности силового гидропривода крана-манипулятора, в качестве критерия оптимальности целесообразно использовать условие минимума суммы максимальных тяговых усилий, развиваемых гидроцилиндрами в процессе движения:

$$Ц_1 = a_1 U_1 + a_2 U_2 \rightarrow \min$$

где U_1 и U_2 – максимальные значения эксплуатационной нагрузки на штоки гидроцилиндров привода рукояти и стрелы крана-манипулятора соответственно (Н); a_1 и a_2 – весовые коэффициенты (обычно $a_1 = a_2 = 1$).

Если модернизация направлена на повышение грузоподъемности крана-манипулятора, в качестве критерия оптимальности целесообразно использовать условие минимума суммы максимальных относительных напряжений в трех секциях при движениях рукояти и стрелы:

$$Ц_2 = c_1 \sigma_1 + c_2 \sigma_2 + c_3 \sigma_3 \rightarrow \min$$

где $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ – максимальные напряжения в рукояти, стреле, поворотной колонне крана-манипулятора соответственно (Па); c_1, c_2, c_3 – весовые коэффициенты влияния вклада напряжения в элементе крана-манипулятора.

Оптимизация по первому критерию обеспечивает минимизацию необходимых значений мощности и производительности силового гидропривода крана. Применение оптимальной кинематической схемы при модернизации энергетической машины АСТ-4-А приводит к снижению номинальной мощности и подачи рабочей жидкости до 50%. Оптимизация по второму критерию обеспечивает максимально равномерное и полное (не менее 90%) использование несущей способности металлоконструкции крана-манипулятора.

Повышение грузоподъемности машины увеличивает эффективность применения подобных кранов-манипуляторов в связи с расширением номенклатуры перемещаемых ими грузов и, как следствие, с сокращением числа типоразмеров используемых при строительстве трубопроводов грузоподъемных машин, что особенно актуально для удаленных и труднодоступных районов РФ.

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ПРЯМОЙ ЗАДАЧИ О ПОЛОЖЕНИЯХ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО МАНИПУЛЯТОРА С ТРЕМЯ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ

FORWARD KINEMATICS' GEOMETRICAL INTERPRETATION FOR PARALLEL MANIPULATOR WITH THREE DEGREES OF FREEDOM

П.А. Ларюшкин¹ – асп., С.В. Хейло¹ – доц.,
Чан Куанг Ньят² – асп., В.А. Глазунов³ – д.т.н., проф.

¹ Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина,

² Национальный технологический университет, Вьетнам,

³ Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН

Abstract. Geometrical approach on forward kinematics of parallel manipulator with three degrees of freedom was developed. Basics of solution algorithm are presented in the paper.

Для большинства параллельных манипуляторов прямая задача о положении не имеет аналитического решения, поэтому для ее решения применяются численные методы. Если задача решается вдоль какой-либо траектории, то достаточно в качестве начального приближения использовать решение этой же задачи в предыдущей точке, однако если требуется получить решение в отдельно взятой точке, то применение данного алгоритма невозможно, и возникает вероятность получения решения, не соответствующего рассматриваемой конфигурации манипулятора.

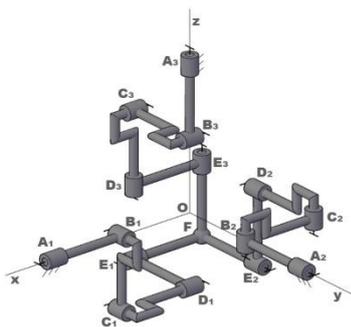


Рис. 1.

В связи с указанными недостатками, достоверный ответ на вопрос о том, какое количество решений имеет прямая задача о положениях, не может быть получен аналитически. Однако этот вопрос можно рассмотреть геометрически.

Каждая кинематическая цепь рассматриваемого манипулятора (рис. 1) при неизменном угле поворота входной пары допускает такие положения выходного звена, которые принадлежат поверхности, представляющей собой цилиндр с образующими, являющимися дугами известного радиуса (рис. 2).

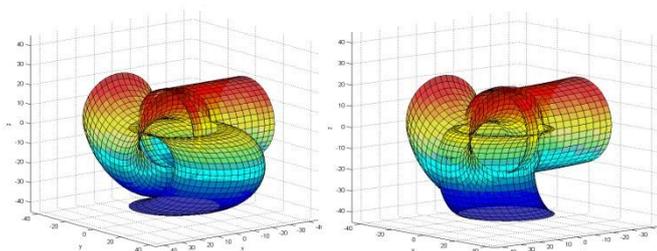


Рис. 2.

Точки, в которых одновременно пересекаются все три поверхности, будут являться решениями прямой задачи о положениях. Таким образом, выбор адекватного начального приближения можно осуществлять на основе визуального анализа данных поверхностей.

ОСОБЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПЛОСКОГО РОБОТА-ТРИПОДА

THE SINGULARITIES OF THE PLANAR ROBOTIC TRIPOD

А.Б. Ласточкин¹ – к.т.н., с.н.с., С.М. Демидов¹ – асп.,
В.А. Глазунов¹ – д.т.н., проф., зав. лаб., Чан Куанг² – асп.
¹ИМАШ РАН

²Национальный транспортный университет Вьетнама

Abstract. In this work the authors observe the planar robotic tripod and analyze its singularities. The analysis is based on the theory of screws. There exist two types of singularity.

Благодаря своим особенностям механизмы параллельной структуры обладают повышенной точностью и грузоподъемностью в сравнении с механизмами с последовательной структурой. Однако, ввиду замкнутой структуры кинематических цепей, существуют кинематические и динамические связи, что приводит к возникновению особых положений механизма. Различают два типа особых положений: положения, когда наблюдается неуправляемая подвижность, и потеря степени свободы. Данные эффекты были нами подробно рассмотрены на примере плоского трипода с вращательными двигателями. Потеря степени свободы наступает при условии, когда матрица, описывающая звено и состоящая из винтов составляющих его кинематических пар, вырождается, при этом все кинематические пары выстраиваются параллельно (рис. 1А).

Наличие мгновенной подвижности для трипода наступает в случае, когда вырождается матрица, описывающая силовые винты (рис. 2Б), действующие на выходное звено механизма, кроме того очевидно, что подобная сингулярность проявится в случае если силовые винты, определяющие движение выходного звена, пересекутся в одной точке. Также возможно сочетание двух этих типов особых положений.

Таким образом, макет планарного трипода ведет себя в соответствии с расчетными данными. Возможность нахождения точек особых положений позволяет избегать их еще на стадии программирования задачи по перемещению выходного звена.



Рис 1. Особые положения планарного трипода

НОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ

NEW PARALLEL STRUCTURE MECHANISMS

А.Е. Лысогорский¹ – асп., А.В. Календарев¹ – асп.,
Бу Ван Чьонг² – асп., Бу Ван Куи² – асп.

¹Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина,

²Национальный транспортный институт Вьетнама

Abstract. Parallel mechanisms have many applications but this area is extending constantly. Many publications of the XIII World Congress on MMT represent new parallel structure mechanisms.

Механизмы параллельной структуры имеют много применений, однако эта область все время расширяется. Многие публикации в трудах XIII Всемирного конгресса по ТММ посвящены этим механизмам. Приведем некоторые примеры.

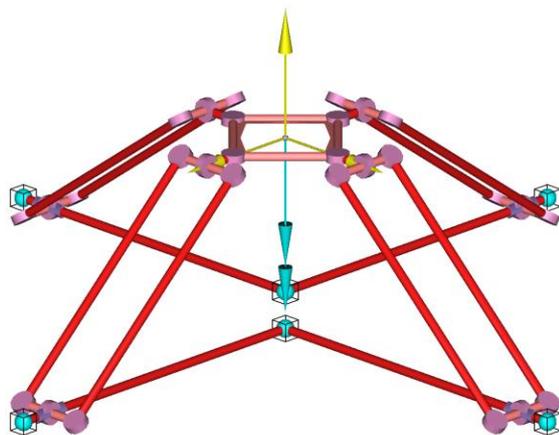


Рис. 1

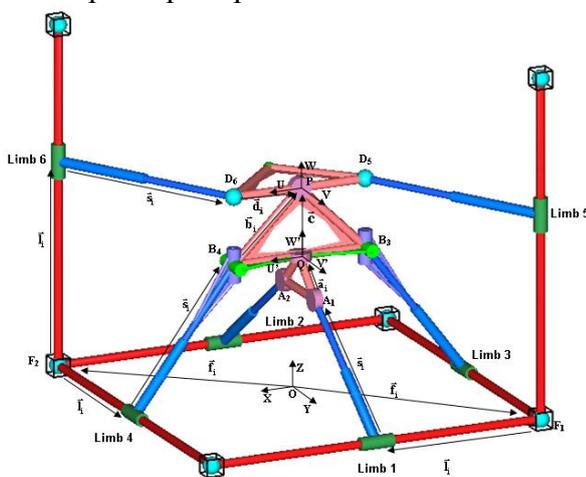


Рис. 2

Механизмы на рис. 1 и 2 показывают соответственно развитие концепции робота Дельта и роботов с кинематической развязкой.

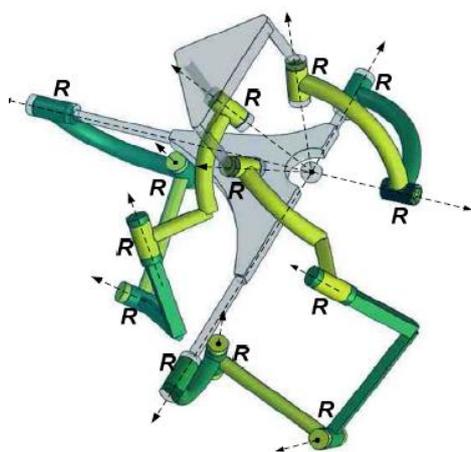


Рис. 3

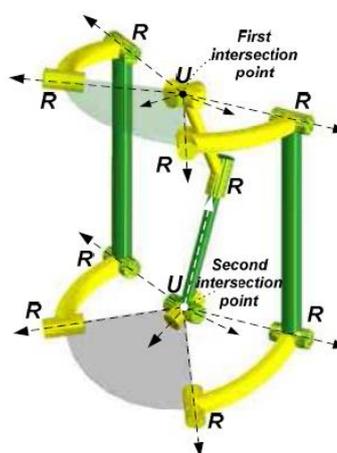


Рис. 4

Механизмы на рис. 3 и 4 показывают соответственно развитие концепции сферических роботов, о чем свидетельствует наличие пар, пересекающихся в одной точке.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АДАПТИВНОГО ВНУТРИТРУБНОГО РОБОТА

MATHEMATICAL MODELING OF ADAPTIVE IN-PIPE ROBOT

А.В. Мальчиков – асп.

«Юго-Западный государственный университет»

Abstract. In this paper the robotic system designed for inspection operating properties of pipelines was described. A mathematical modeling of snake-like robot motion was carried out. The optimal constructive parameters and robot control system properties were defined.

Одной из важнейших задач при строительстве и эксплуатации трубопроводов стало обеспечение надежности их функционирования. Для определения эксплуатационного состояния трубопроводов разработаны множество способов мониторинга и диагностики внутренней поверхности трубы. Наиболее прогрессивным и эффективным является использование робототехнических систем, оснащенных системами датчиков и способных самостоятельно перемещаться по трубопроводу. Проведенный автором работы анализ существующих роботизированных систем, показал, что использование в качестве способа перемещения принцип движения змеи позволит значительно повысить эффективность функционирования устройства. Взаимодействие змееподобных роботов с поверхностью трубы происходит непосредственно корпусом, что с одной стороны увеличивает силу трения, позволяющую роботу удерживаться в вертикальных и наклонных трубах, а с другой значительно упрощает и удешевляет конструкцию, повышает устойчивость к загрязнению, что немаловажно при перемещении в реальных условиях бытовых трубопроводов.

Змееподобный робот состоит из 6 звеньев, соединенных между собой шарнирами и приводимыми в движение 5 независимыми приводами (рисунок 1). В конструкции отсутствуют специальные приспособления, такие как колеса или гусеницы, а перемещение внутри трубы осуществляется за счет изменяемой геометрии робота.

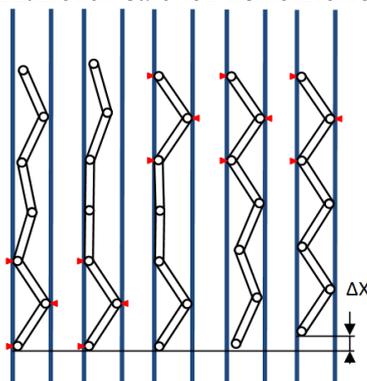


Рис. 1. Алгоритм прямолинейного движения змееподобного робота

Алгоритм движения устройства состоит из нескольких фаз: сначала робот фиксирует заднюю часть в трубе и перемещает переднюю часть по направлению движения. После этого робот фиксирует переднюю часть, и подтягивает заднюю, тем самым осуществляя перемещение внутри трубы.

В рамках работы была создана математическая модель квазистатического движения робота, проведено численное моделирование. Также, были разработаны алгоритмы движения робота и система автоматического регулирования электроприводами. Анализ результатов исследования позволил определить оптимальные параметры конструкции и системы автоматического управления роботизированного комплекса для перемещения внутри трубопроводов.

ВЫСОКОТОЧНЫЙ РУЧНОЙ ОДНОСПИНДЕЛЬНЫЙ ГАЙКОВЁРТ ПРЯМОГО ДЕЙСТВИЯ НОВОГО КЛАССА

HIGH-PRECISION MANUAL SINGLE-SPINDLE SCREWDRIVER WITH DIRECT ACTION

Ю.Н. Матросова – к.т.н., доц., Ю.З. Житников – д.т.н., проф., И.В. Житникова – асп.
Ковровская государственная технологическая академия им. В.А. Дегтярёва

Abstract. The kinematic structure of the new-class' manual single-spindle screwdriver with improved accuracy is proposed.

В промышленности требуется значительно повысить точность осевых сил затяжки резьбовых соединений. Погрешности не должны превышать 10% от номинальных значений.

Авторами разработана оригинальная кинематическая схема ручного одношпиндельного гайковёрта нового класса (рис. 1) с погрешностью осевой силы затяжки в пределах 5÷8%. Гайковёрт состоит из двигателя 1, планетарного редуктора 2,3, муфты предельного момента 4, зубчатых передач, шпинделя 5, патрона 6, рычага для переключения скоростей вращения и системы измерения угла поворота.

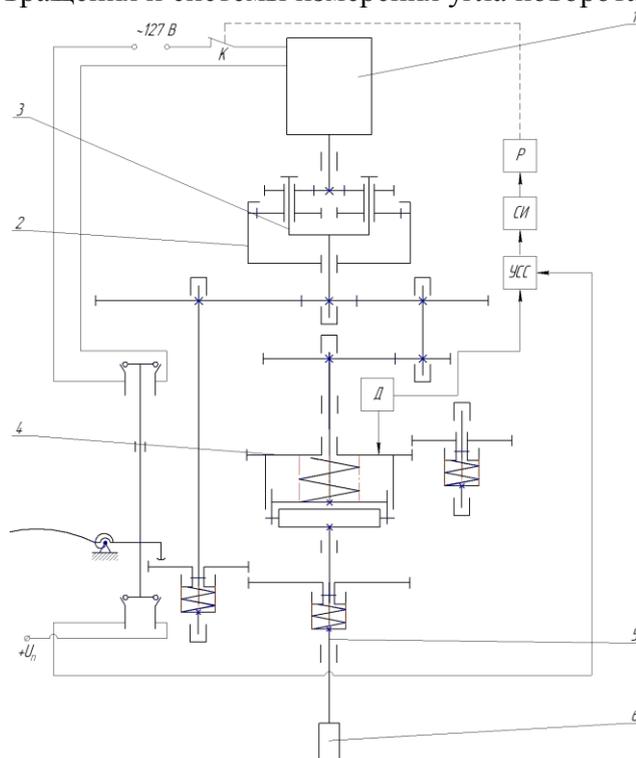


Рис.1. Кинематическая схема гайковёрта

На основании обоснованных требований и технологии сборки соединений разработана структурная схема управления процессом сборки.

Результаты моделирования процесса сборки и испытания гайковёрта подтвердили точность осевых сил затяжки в указанных пределах.

Литература

1. Житников Ю.З., Матросова Ю.Н., Житникова И.В. Высокоточный ручной одношпиндельный гайковёрт прямого действия нового класса

МОДЕЛИРОВАНИЕ И НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЛИТЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ КОЛЕС ПРИ УДАРНЫХ НАГРУЗКАХ

MODELING AND STRESS-STRAIN STATE OF ALLOY AUTOMOTIVE WHEELS AT IMPACT LOADS

В.В. Миронова – ст. преп., **И.В. Демьянушко** – д.т.н., проф.,
Е.М. Логинов – асп.
МАДГТУ (МАДИ)

Abstract. The purpose of the present paper is the analysis of dynamic impact effect for vehicle light alloy wheels of few types, which can be occurred in various situations on the road (head-on crash, drift, crash with other car). This study was applied to simulate the impact behavior caused by a dynamic loading of vehicle wheels by impact testing of various type wheels according to the scheme of certification tests with static and dynamic strain measurement for definition of deformation fields and impact stresses. Results of experiments were compared with FEM calculations results, which have allowed to formulate demands to optimum FEM's models for a casting aluminums alloys wheels and to show the capability of prediction of behavior and reliability of wheels at impact loading with tires and without the tire according to FEM analysis at a simulative static loading.

Изложены исследования влияния ударного воздействия на поведение колес автомобиля.

Рассматривается воздействие ударных нагрузок на колесный узел автомобиля при различных аварийных ситуациях (наезд на препятствие, занос, столкновение с другим автомобилем).

Экспериментальные исследования проведены на ударном стенде с шиной и без шины, для колес различного типа с использованием тензометрии и скоростной фотосъемки.

Экспериментальные данные использовались для построения анализа расчетных моделей колесного узла, построенные с помощью МКЭ, что дало возможность разработки метода и оценки надежности и долговечности колес различной конструкции при проектировании.

ДИНАМИКА РАБОТЫ МЕХАНИЗМА СВОБОДНОГО ХОДА ИМПУЛЬСНОЙ БЕССТУПЕНЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ

THE DYNAMICS OF THE PULSED VARIABLE SPEED GEAR ONE-WAY MECHANISM

О.Г. Мохова – асп., **В. Г. Карабань** – к.т.н., доц.
Волгоградский государственный технический университет

Abstract. Paper describes investigation of the one-way mechanism dynamics for pulsed continuously variable transmission. The control problem was formulated.

Под бесступенчатой передачей понимается механизм для плавного изменения передаточного числа, т.е. отношения частоты вращения ведущего звена к частоте вращения ведомого. Бесступенчатая передача – часть вариатора, который состоит из одной или нескольких бесступенчатых передач и устройств, обеспечивающих их функционирование.

Применение бесступенчатых приводов машин позволяет обеспечить плавное изменение их скоростных параметров, что является одним из эффективных способов повышения производительности труда и выпуска качественной продукции.

Импульсную механическую передачу можно представить как механический генератор колебаний с регулируемой амплитудой с механизмом свободного хода (МСХ), позволяющим преобразовывать колебательное движение ведомого вала в однонаправленное.

В последние годы существенно возрос интерес к механическим импульсным передачам, обеспечивающим бесступенчатое регулирование скорости в приводах технологических машин. Обычно вращательное движение ведущего вала у этих передач преобразуется в колебательное движение, которое с помощью МСХ вновь трансформируется во вращательное движение, но уже ведомого вала. Механизм, преобразующий вращательное движение ведущего вала передачи в колебательное движение звена, жестко связанного с ведущим звеном МСХ, называют преобразующим механизмом. В качестве преобразующих механизмов в импульсных передачах применяют различные рычажные, зубчато-рычажные и кулачковые механизмы.

Динамика работы МСХ вносит существенные особенности в работу передачи. Работа МСХ можно разделить на четыре фазы: включение, включенное состояние, выключение, выключенное состояние. Переход к каждой фазе обусловлен конструкцией, показателями точности, материалами, рабочей средой и сочетанием прочих условий работы механизма. Каждая последующая фаза зависит от предыдущей. Разработанные математические модели позволили исследовать ряд кинематических и динамических процессов. При переходном режиме работы механизма свободного хода наблюдается неравномерность работы за счет импульсного характера движения.

На основе решения уравнений графоаналитическим методом построен алгоритм движения выходного вала преобразующего механизма

Для планирования заданного движения системы необходимо решить обратную задачу о положении механизма. Суть данной задачи состоит в определении требуемых перемещений звеньев системы по заданному закону движения рабочего органа. Для этого проведено исследование динамики работы преобразующего механизма, построены кинематические характеристики преобразующего механизма при неизменном и увеличивающемся эксцентриситете. В соответствии с логикой включения и выключения механизма свободного хода построена динамическая характеристика.

ЭПИЦИКЛОИДАЛЬНЫЕ И ГИПОЦИКЛОИДАЛЬНЫЕ ПЕРЕДАЧИ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ (ОБЗОРНЫЙ ДОКЛАД)

EPICYCLOID AND HYPOCYCLOID TRANSMISSIONS TRENDS (REVIEW REPORT)

О.Г. Мугин – асп., О.О. Мугин – с.н.с., к.т.н.
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН

Abstract. The main trends in the mechanical transmission on the basis of the epicycloid and hypocycloid. Results are based on patent search. Research is a basis for a number of original inventions, at selection and introduction of most effective of them.

В последние годы широкое распространение получают планетарно-цевочные передачи, с использованием внецентроидного внутреннего цевочного зацепления, как альтернативные традиционным зубчатым механизмам. Использование циклоидальных зацеплений обеспечивает таким редукторам ряд преимуществ по сравнению с использованием эвольвентного зубчатого зацепления. Эти передачи обладают уменьшенными объёмами и габаритами, меньшей массой, повышенной несущей способностью и долговечностью. Важной особенностью редукторов (и мультипликаторов), построенных по данным схемам является возможность передачи движения через взаимодействующие без зубчатых зацеплений тела, разделённые между собой подшипниками качения, что ведёт к отсутствию скольжения, передачи движения через механизм качения и, как следствие, к существенному повышению коэффициента полезного действия передач. Изготавливаемые в настоящее время отечественные редукторы могут достигать в одной ступени передаточных отношений до 200-500. Планетарно-цевочная передача - редуктор в своей основе в одной ступени содержит следующие элементы: входной эксцентриковый вал, сепаратор с закреплёнными на нём роликами, корпус с профилированными поверхностями, по которым обкатываются ролики таким образом, что траектория движения осей роликов воспроизводит эпициклоиду или гипоциклоиду и механизм передачи движения с сепаратора на выходной вал.

В настоящее время известен ряд патентов, относящихся к использованию планетарно-цевочных редукторов и мультипликаторов. Основное требование к исследуемому объекту – долговечность, способность воспринимать высокие пиковые нагрузки без ущерба для себя, минимальные требования к обслуживанию. Научные разработки в данной области приводят к усовершенствованию и модернизации конструкций и устройств.

Цель проведённых исследований – повысить создания работоспособной продукции с высокими показателями и снижения риска технологического характера.

Анализ тенденций развития исследований и разработок в данной области позволил осуществить выбор наиболее перспективного направления.

Полученная информация для разработчиков и руководителей является очень важной и необходимой для принятия дальнейших решений с целью успешного выполнения поставленных задач для организации в целом.

Наше исследование является основой для ряда оригинальных изобретений, при отборе и внедрении наиболее эффективных из них, открывается широкая перспектива по производству качественной продукции с принципиально новыми механизмами передачи крутящего момента.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЗМОВ ПО НЕСКОЛЬКИМ КРИТЕРИЯМ КАЧЕСТВА. РАЗЛИЧНЫЕ МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ

THE MECHANISMS PARAMETERS OPTIMIZATION BY SEVERAL QUALITY CRITERIA. VARIOUS APPROACHES AND SYSTEMS

А.П. Нелюбин – м.н.с., С.Ю. Мисюрин – зав. лаб., д.ф.-м.н.,
А.В. Лунев – н.с., А.О. Титова – н.с.

Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН

Abstract. A lot of problems in mechanisms optimal design have multiple characteristics which have to be optimized simultaneously. Various methods of multiobjective optimization and Pareto front analysis are discussed.

Задача оптимального синтеза конструкции механизмов и оптимального выбора управления ими заключается в отыскании таких допустимых параметров, которые обеспечат оптимальные значения по одному или нескольким критериям (характеристикам, показателям качества). Большинство таких задач являются многокритериальными. В частности для робототехнических систем, используемых в промышленности, строительстве и других областях, оптимизируются такие характеристики, как маневренность, жесткость конструкции, точность позиционирования, максимальная полезная нагрузка, размеры рабочей области и другие.

Для оценки вариантов в параметрическом пространстве необходимо построить функции отображения в критериальное пространство. Для задач оптимального выбора параметров механизмов характерным является то, что эти функции задаются неявно и вычисляются с помощью численного моделирования процесса работы механизма. Поэтому параметрическое пространство исследуется путем варьирования искомых переменных в допустимых пределах. Таким образом, производится генерация дискретного набора альтернатив – отличающихся между собой наборов искомых параметров. Среди используемых подходов следует отметить метод ЛП_τ (равномерно распределенных) последовательностей [1], а также эволюционные (генетические) алгоритмы, имеющие множество модификаций.

Решение многокритериальной задачи в теории принятия решений принято делить на два этапа. Первый – многомерная оптимизация – завершается выделением множества Парето-оптимальных вариантов, далее не сравнимых с точки зрения формальной математики. Второй – собственно многокритериальный анализ, в котором учитывается дополнительная информация о предпочтениях лица, принимающего решение (ЛПР). При проектировании механизмов такая информация может быть получена от экспертов, конструкторов, конечных пользователей. Существует целое множество корректных процедур выяснения относительной важности критериев [2], позволяющих сузить множество Парето с целью выбора конечного оптимального варианта. Для решения задач многокритериального выбора в настоящее время все шире применяются компьютерные системы поддержки принятия решений (СППР).

Кроме того, прямой анализ множества Парето может дать новые возможности в выборе специализации и направлений исследований. Если имеется информация о характеристиках образцов конкурентов (коммерческое производство) или противников (военная промышленность), то перспективным является выделение ядра и рассмотрение тех областей критериального пространства, в которых может быть получено преимущество.

Литература

1. Соболев И.М., Статников Р.Б. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями. М.: Наука, 1981. – 110 с.
2. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения / Пер. с англ. — М.: Радио и связь, 1981. 560 с.

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О ПОЛОЖЕНИИ ПЛОСКИХ И ПРОСТРАНСТВЕННЫХ МЕХАНИЗМОВ НА ПРИМЕРЕ ПОДВЕСКИ АВТОМОБИЛЯ

THE NUMERICAL SOLUTION OF THE PLANAR AND SPATIAL MECHANISMS POSITION ON A CAR SUSPENSION EXAMPLE

А.П. Нелюбин – м.н.с., С.Ю. Мисюрин – зав. лаб., д.ф.-м.н.
Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН

Abstract. The kinematics of independent five-link wheel suspension was considered. The position problem is solved numerically using modifications of Newton's and Gauss's methods. The offered computation procedure is universal for all types of mechanisms with the closed kinematic chains.

Изучение функции положения плоских и пространственных механизмов с замкнутыми кинематическими цепями представляет значительные трудности. Эта функция может быть неявно задана в виде системы нелинейных алгебраических уравнений $f_i(x_1, \dots, x_n) = 0, i = 1, \dots, n$, выражающих связи.

В качестве примера механизма рассматривается независимая передняя подвеска с пятью жесткими звеньями, имеющая 1 степень свободы. Задача определения положения звеньев подвески по заданному вертикальному положению колеса имеет размерность $n = 17$ и требует численного решения.

Если проанализировать работы последних лет, связанных с численным решением задачи о положении, то можно обнаружить огромное количество работ, где авторы пытаются разработать свой, новый численный метод, применимый только к определенной конструкции механизма. Зачастую предлагаемые методы являются не обоснованными, медленно сходящимися и не эффективными.

Для решения задачи о положении нами используется итерационный метод Ньютона, обобщенный на многомерный случай. Выбирая некоторое начальное значение вектора неизвестных параметров $x^0 = (x_1^0, \dots, x_n^0)$, последовательные приближения x^{k+1} находят путем решения уже линейной системы алгебраических уравнений (СЛАУ):

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n J_{1i}(\vec{x}^k) z_i = -f_1(\vec{x}^k) \\ \dots \\ \sum_{i=1}^n J_{ni}(\vec{x}^k) z_i = -f_n(\vec{x}^k) \end{cases},$$

где числа $J_{ji}(\vec{x}^k)$ составляют якобиан исходной нелинейной системы. Решением СЛАУ является вектор приращений z , так что $\vec{x}^{k+1} = \vec{x}^k + \vec{z}$.

Для численного решения СЛАУ используется модифицированный метод Гаусса с выделением главного элемента по столбцу. В процессе решения был выявлен ряд вычислительных проблем и сложностей. В частности, вспомогательная матрица СЛАУ в некоторых случаях оказывалась вырожденной или плохо обусловленной. Поэтому был использован метод регуляризации по Тихонову.

Метод Ньютона показал высокую эффективность как в скорости вычислений, так и в определении диапазона хода колеса. Основное же преимущество метода заключается в его универсальности. Описанные в данной работе методы могут быть использованы при расчете положения самых разнообразных механизмов с замкнутыми кинематическими цепями.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ
НА ТОЧНОСТЬ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ
ПЯТИКООРДИНАТНОГО СТАНКА С ЧПУ**
*THE RESEARCH OF INFLUENCE OF COOLING SYSTEM
ON ACCURACY OF POSITIONING 5-AXES CNC MACHINE TOOL*

И.В. Никуличев¹ – асп., **Н.А. Серков²** – к.т.н., с.н.с.

¹ МГТУ "Станкин"

² Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН

Abstract. A heat allocation in carrying system of the machine tool influences to accuracy of the basic knots. During research the connection between temperature change of knots in the machine tool and deviations of the casual component of positioning is established.

В настоящее время высокоскоростная обработка металлов резанием приобретает широкое применение в машиностроении. Для этих целей в металлорежущих станках применяются высокоскоростные шпиндели с встроенными электродвигателями. Другой прогрессивной тенденцией развития станков является применение безредукторных приводов (direct drive) на базе линейных электродвигателей для линейных координат и на базе синхронных электродвигателей с постоянными магнитами и полым ротором для угловых координат. При работе указанных приводов выделяется большое количество тепла (10% потребляемой энергии). Выделяемое тепло отводится от станка в окружающую среду с помощью системы охлаждения с холодильным агрегатом, находящимся рядом со станком. Непрерывное выделение тепла в несущей системе станка и отвод его в релейном режиме приводит к циклическому изменению температуры основных узлов станка, что существенно влияет на точностные характеристики станка. Влияние температурных деформаций основных узлов станка на суммарные отклонения исполнительных органов станка является таким же существенным, как и влияние первичных отклонений механизмов несущей системы (отклонения изготовления, статические и динамические деформации).

Цель настоящего исследования состояла в изучении механизма влияния алгоритма работы холодильного агрегата на отклонения позиционирования по каждой отдельной управляемой координате прецизионного (класс точности А) 5 координатного многоцелевого станка мод. МС -300 (ОАО "НИАТ").

В ходе экспериментов было выявлено, что циклический характер изменения температуры основных узлов станка, вызванный работой системы охлаждения, отражается на случайной составляющей отклонения позиционирования. Уменьшение диапазона регулирования температуры переключения холодильного агрегата с $19^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ на диапазон $19^{\circ} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ позволило существенно уменьшить случайную составляющую отклонения позиционирования для каждой из 5 управляемых координат и достигнуть заданных норм точности позиционирования, естественно, при использовании совместно с проведением коррекции функциональной составляющей. Далее, было выявлено, что тепловой режим в основных узлах станка (станина, поворотные столы, стойка, шпиндельная бабка) выходит на установившийся цикловой режим примерно через 2 часа после включения станка (кривые отклонений позиционирования перестают постепенно смещаться со временем) и уже практически не меняется в течение наблюдаемых интервалов времени (8-10 часов).

Следует отметить, что изучение и наблюдение «связи» поведения функциональной составляющей отклонения (кривой) позиционирования с фиксированием времени включения холодильного агрегата может использоваться как диагностический признак оценки правильности работы (настройки) холодильного агрегата.

При проведении экспериментальных исследований использовалось измерительное оборудование ЦКП при ИМАШ РАН «Исследование и диагностика точности машин».

АДАПТИВНЫЙ УДАРНЫЙ МЕХАНИЗМ ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ

THE ADAPTIVE STROKE MECHANISM WITH VARIABLE STRUCTURE

Д.А. Новиков – асс., В.Н. Бакурин – студ.

ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет»

Abstract. The stroke mechanism with variable structure is considered. Structure change arises when the position of the mass changes over the rack. There is stroke mass capture at critical angles of the mechanism's members. Then mechanism passes in stroke operation mode. The mechanism is capable for strokes in dependence on technological environment properties.

В различных отраслях техники широкое применение находят механизмы, использующие эффект удара для генерирования больших по величине и кратковременных по длительности усилий при выполнении разнообразных технологических операций.

Возбуждение ударных нагрузок осуществляется в результате возвратно-поступательного движения ударной массы и ее периодических соударений с рабочим инструментом. Возвратно-поступательное движение ударной массы может быть осуществлено с помощью различных устройств преобразования движения, среди которых выделим класс адаптивных ударных механизмов переменной структуры (рис. 1).

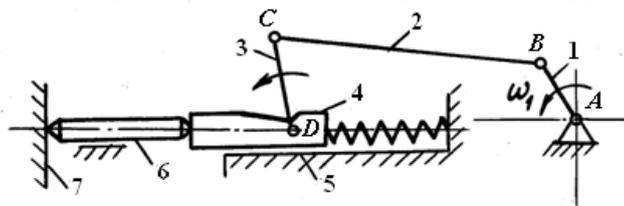


Рис. 1. Схема адаптивного ударного механизма: 1 – кривошип, 2 – шатун, 3 – коромысло, 4 – ударник, 5 – стойка, 6 – рабочий инструмент, 7 – технологическая среда

Ударный механизм представляет собой пятизвенный механизм, состоящий из кривошипа 1, шатуна 2, коромысла 3, ударной массы 4 и корпуса 5 (стойки механизма). Шарнирно-рычажный механизм обеспечивает захват ударной массы, ее взвод и сжатие пружины, которая затем осуществляет разгон ударной массы и ее соударение с инструментом 6.

Угол передачи движения от шатуна к коромыслу в крайних положениях кривошипа зависит от положения ударной массы, которая может измениться при перемещении стойки 5 относительно инструмента 6. Как только угол передачи движения достигнет своего критического значения, исключается возможность движения коромысла относительно ударной массы. Тем самым обеспечиваются передача движения от шатуна непосредственно к ударной массе, сжатие рабочей пружины и накопление потенциальной энергии.

В конце взвода ударной массы угол передачи движения от шатуна к коромыслу выходит из зоны критических значений. Механизм приобретает вторую степень свободы и ударная масса за счет потенциальной энергии, накопленной в пружине, разгоняется и наносит удар по инструменту.

Важной особенностью ударных механизмов данного класса является то, что в этих схемах удается связать через инструмент положение ударной массы и свойства технологической среды. Вследствие этого в зависимости от свойств среды система способна возбуждать ударные нагрузки. В этом проявляются ее адаптивные свойства.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ДВИЖЕНИЯ УДАРНЫХ СИСТЕМ С РАЗРЫВНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

MOVEMENT PROCESSES MODELING IN THE STROKE SYSTEMS WITH EXPLOSIVE CHARACTERISTICS

Д.А. Новиков - асс.

ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет»

Abstract. The paper describes the movement model of the stroke system. The system was considered at periodic force impact with alterable directions. The stroke occurs when the force are changing its direction. Calculation of parameters of stroke system was carried out. The system's movement modeling results are presented.

При создании ударных механизмов возникает необходимость построения рациональных законов движения ударной массы. На режим движения оказывает влияние множество факторов, к числу которых можно отнести силы, разгоняющие массу для нанесения удара и отводящие ее в исходное состояние, заданный период между ударами, время переключения сил, восстановление скорости ударника и другие.

Модель виброударной системы представлена динамической системой с разрывными функциями силового воздействия, с нелинейными свойствами ударного взаимодействия. Разработана процедура моделирования процесса движения ударной системы при периодическом силовом воздействии с учетом возможных многократных ударов (явления дребезга) за период силового воздействия. Решение этой проблемы найдено путем определения минимального числа последовательных ударов, превышение которого позволяет с заданным уровнем погрешности отсекалть последующие малые перемещения ударника и определять начальные значения для следующего цикла движения.

Разработан проблемно-ориентированный программный комплекс для моделирования движения виброударных систем с учетом соударений, разрывных функций силового воздействия на объект, явления дребезга, графическим и числовым воспроизведением параметров движения в процессе моделирования, фиксированием длительности переходных процессов и предельных циклов движения; включением в систему блока случайных изменений параметров, позволяющим вводить случайное малое отклонение входных параметров системы.

На рис. 1 представлены характерные результаты моделирования движения виброударной системы, когда ее параметры реализуют сложный переходной процесс.

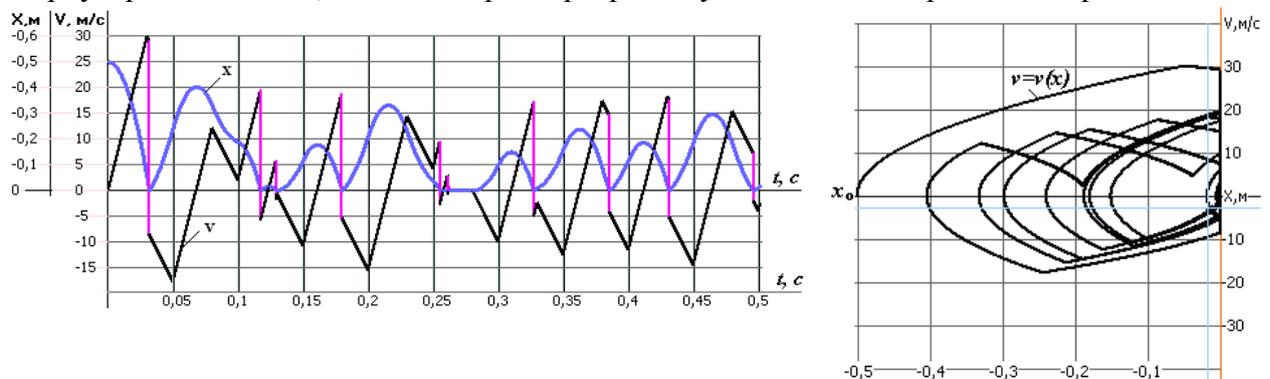


Рис. 1. Диаграммы движения ударной массы $x = x(t)$, $v = v(t)$ и фазовая диаграмма

Разработана процедура расчета параметров виброударной системы при различном фазовом соотношении момента переключения сил к времени нанесения удара.

ПЕРЕНОС ЭНЕРГИИ ПРОДОЛЬНОЙ ВОЛНЫ ДЕФОРМАЦИИ В СОЕДИНЕНИИ СТЕРЖНЕЙ

THE CARRYING OVER ENERGY OF THE LONGITUDINAL DEFORMATION WAVE IN THE RODS JOINTS

И.А. Новикова – старший преподаватель
ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет»

Abstract. The paper gives a review of transformation of longitudinal strain wave with constant intensity in the heterogeneous rods and elastic element joints. The article describes a technique for calculating the parameters of generated strain waves in the rod system, strain wave energy and wave energy transfer efficiency.

В работе рассмотрена задача о преобразовании продольной волны деформации на границе разнородных стержней с упругим элементом. Схема стержневой системы изображена на рис. 1.

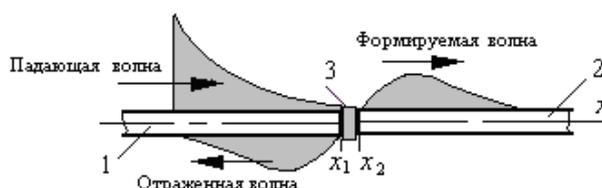


Рис. 1. Схема стержневой системы: 1, 2 – стержни, 3 – упругий элемент

В случае, например, падающей волны постоянной интенсивности формируемая в стержне 2 волна описывается функцией

$$\tilde{f}'_2(a_2 t - 0) = \begin{cases} \frac{2r}{r+1} \cdot \frac{a_1}{a_2} \left(1 - \exp\left(-\tilde{k} \frac{r+1}{r} \tilde{t}\right) \right), & 0 \leq \tilde{t} \leq \tilde{T}, \\ \frac{2r}{r+1} \cdot \frac{a_1}{a_2} \left(1 - \exp\left(-\tilde{k} \frac{r+1}{r} \tilde{T}\right) \right) \cdot \exp\left(-\tilde{k} \frac{r+1}{r} (\tilde{t} - \tilde{T})\right), & \tilde{t} \geq \tilde{T}. \end{cases}$$

где $r = \frac{E_1 A_1}{a_1} \frac{a_2}{E_2 A_2}$ – отношение волновых сопротивлений стержня 1 и стержня 2;

E_1, E_2 – модули упругости материалов стержней;

A_1, A_2 – площади поперечных сечений стержней;

a_1, a_2 – скорости распространения волн деформаций в стержнях;

$\tilde{k} = \frac{k \cdot \Delta l}{E_2 A_2}$ – отношение жесткости упругого элемента к продольной жесткости

единицы длины стержня 2;

$\tilde{t} = \frac{t}{\Delta T}$ – отношение текущего времени t к ΔT ;

$\Delta T = \frac{\Delta l}{a_2}$ – время прохождения волной деформации расстояния Δl во втором

стержне;

$\tilde{T} = \frac{T}{\Delta T}$ – отношение длительности падающей волны T к ΔT .

Получены аналитические зависимости, позволяющие анализировать влияние на процесс преобразования падающей волны линейной формы (треугольной с нарастающей интенсивностью, треугольной с убывающей интенсивностью, прямоугольной, трапециoidalной) жесткости упругого элемента, соотношения волновых сопротивлений стержней, длительности действия падающей волны, соотношения скоростей звука в материале сопряженных стержней.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРИВОДА
ПОВОРОТА ПЛАНШАЙБЫ 5-КООРДИНАТНОГО СТАНКА MC-300**
*RESEARCH OF DYNAMICS THE DIRECT DRIVE
OF THE ROTARY TABLE 5-COORDINATE MACHINE TOOL MC-300*

О. М. Орешкин¹ – асп., **Н. А. Серков²** – к.т.н., с.н.с.

¹ОАО «НИАТ»

²Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН

Abstract. Research the dynamics of the electric drive is important for support the machine tool's accuracy. Experiments were conducted to measure the response of the system "faceplate - drive - control system".

5-координатные многоцелевые станки с ЧПУ являются перспективным технологическим оборудованием машиностроительного производства, позволяющие существенно повысить производительность труда, а также точность выпускаемых машин (полная обработка детали с одной установки, эффективная обработка «сложных скульптурных» поверхностей). По данным ЛМТОФ с 2000 г. по 2006 г. доля 5-координатных многоцелевых станков с ЧПУ выросла с 8,2% до 34,2% к объёму выпускаемых станков с ЧПУ. Одним из основных направлений совершенствования 5-координатных многоцелевых станков с ЧПУ является применение безредукторных приводов (direct drive) на базе линейных электродвигателей для линейных координат и на базе синхронных электродвигателей с постоянными магнитами и полым ротором для угловых координат. Исследование динамических свойств безредукторных приводов, встроенных в 5-координатные многоцелевые станки с ЧПУ, является актуальной задачей и её решение необходимо как для проектирования этих станков, так и для разработки методики их настройки в процессе сборки и эксплуатации.

Объектом данного исследования был круглый поворотный стол (планшайба, поворачиваемая безредукторным приводом от системы ЧПУ) 5-координатного станка мод. MC – 300 с ЧПУ Sinumerik 840 D и приводного модуля SIMODRIVE 611D. Функционально модуль управления приводом поворотного стола (координата C), также как и модули управления по каждой из остальных 4-х координат, состоит из 3-х контуров (управление по току, управление по скорости, управление по положению). На рис. 1 показана конструкция круглого поворотного стола.

В ходе проведённых экспериментов измерялся отклик системы «планшайба – привод – система управления» в виде рассогласования между заданным и действительным

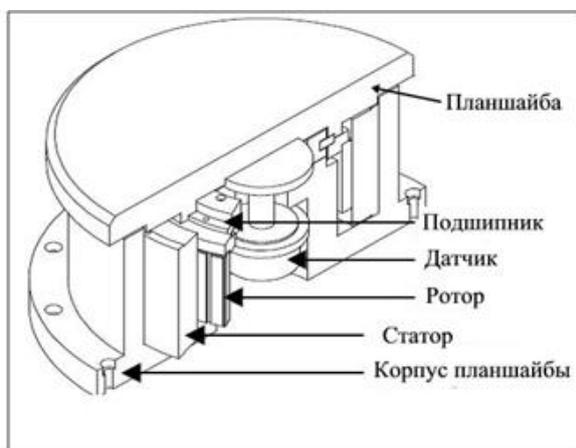


Рис. 1. Конструкция поворотного стола

угловым положением планшайбы на внешнее воздействие в виде скачкообразно изменяющейся нагрузки. Рассогласование было измерено при различных значениях параметров настройки всех 3 контуров системы управления круглым поворотным столом, включая параметры, определяемые по результатам проведения автоматической процедуры оптимизации, предлагаемой ф. Siemens AG. Дополнительно была измерена статическая жесткость несущей системы «планшайба – привод – система управления».

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ПАРАМЕТРОВ
ТОРМОЗНЫХ УСТРОЙСТВ ТРАКТОРНОГО ПОЕЗДА
RECOMMENDATIONS FOR CHOOSING PARAMETERS BRAKE
MECHANISMS OF THE TRACTOR TRAIN**

А.Ю. Пожидаева – студ., **Р.Н. Дёмкин** – магистр, **Л.В. Лукиенко** – д.т.н., проф.
ФГБОУ Новомосковский институт РХТУ им. Д.И. Менделеева,
ФГБОУ ТГПУ им. Л.Н. Толстого

Abstract. On the basis of research of superficial model by a method of final elements is minimum possible thickness of a brake disk is defined, dependence for definition of the necessary brake moment is offered.

Работа тормозных устройств определяет безопасность эксплуатации тракторных поездов, широко применяющихся в сельском хозяйстве. Значение тормозных устройств возрастает в связи с интенсификацией производства, увеличением движущихся масс, скоростей перемещения и частоты торможений. Наибольший интерес представляют многодисковые фрикционные и дисково-колодочные тормоза с несущей конструкцией в виде силовой скобы. К достоинствам первых относятся большая энергоёмкость, значительные тормозные моменты при сравнительно небольших размерах самого тормоза; стабильность работы; большая суммарная площадь поверхности трения; уравновешенность тормоза; трение по плоскости, обеспечивающее равномерное распределение давления по всей поверхности трения; независимость тормозного момента от направления вращения тормозного вала. Дисково-колодочные тормоза с несущей конструкцией в виде силовой скобы отличаются весьма малым отношением площади фрикционных накладок к номинальной поверхности трения тормозного диска. При торможении до 95% поверхности трения диска периодически выходит из контакта с фрикционными накладками и свободно омывается воздухом. Удельная энергоёмкость дисково-колодочных выше удельной энергоёмкости многодисковых фрикционных в 10 раз. По сравнению с другими дисково-колодочные тормоза обеспечивать реализацию более высокие значения моментов. Однако, для их эффективной работы необходим тщательный выбор фрикционного материала.

В качестве объекта исследования выбран тракторный поезд (трактор МТЗ 80, массой 3346 кг с прицепом 2ПТС-4,5 и груз 4,5т., углы подъёма трактора с прицепом на сухом незадернённом грунте 12 градусов, тормоза – дисковые, сухие) движущийся со скоростью 30км/ч в условиях интенсивного движения на ровном участке. Для определения необходимой и достаточной толщины диска тормозного устройства с использованием программы АРМ WinMashine была составлена расчётная модель с использованием метода конечных элементов. Учитывая незначительную толщину диска (при исследованиях изменялась от 4 до 8 мм), было принято решение использовать поверхностную модель с длиной стороны конечного элемента типа ДКТ, с дискретным наложением теории Кирхгофа - 4 мм. В качестве нагрузочных факторов были использованы: нормальное усилие (в расчётах изменялась от 1000 до 10000 Н) и температура (300⁰ С). Кроме этого, производилось моделирование работы тормозного устройства с использованием различных материалов тормозного диска. Анализ проведённых исследований позволил установить, что назначать толщину диска менее 4,5 мм не рационально, т.к. при этом коэффициент запаса усталостной прочности будет меньше 1. При этом сравнительный анализ различных материалов для изготовления тормозного диска показал, что наиболее предпочтительна для этого сталь 45Х которая имеет такой же запас прочности как и диск из стали 30 ХГС. Однако, при этом затраты на изготовление будут меньше на 10,8%. Толщину тормозного диска не целесообразно назначать менее 4,5 мм, исходя из обеспечения необходимого коэффициента запаса прочности.

СЕГМЕНТНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АЭРОСТАТИЧЕСКОГО ШПИНДЕЛЬНОГО УЗЛА СО СФЕРИЧЕСКИМИ ОПОРНЫМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ

SEGMENT MODEL FOR DETERMINING THE STATIC AND DYNAMIC SPHERICAL AEROSTATIC SPINDLE ASSEMBLY CHARACTERISTICS

Р.А. Пошехонов – асп.
МГТУ имени Н.Э.Баумана

Abstract. The report describes a mathematical model that allows the identification of static and dynamic characteristic spindle with spherical aerostatic supports.

Расчет силовых и динамических характеристик шпинделя прецизионного станка на сферических аэростатических опорах связан с необходимостью решать уравнение Рейнольдса в нелинейной постановке численными методами. Такой расчет осложняется тем, что состояние аэростатического слоя определяется всеми шестью обобщенными координатами и шестью обобщенными скоростями шпинделя. Для преодоления данной трудности предложена упрощенная сегментная модель сферической аэростатической опоры. Сферическая опорная поверхность была разделена на сегменты, прилегающие к отверстиям наддува. После ряда допущений распределение давления p на поверхности в пределах одного сегмента и его равнодействующая сила \bar{F} стали определяться через нормальное смещение u_n и нормальную скорость V_n шпинделя центра сегмента. В фазовом пространстве сегмента $u_n - V_n$ была проведена интерполяция компонент силы \bar{F} двухмерным полиномом и оценены границы, в пределах которых данную интерполяцию можно осуществить. Для любых смещений и скоростей шпинделя можно вычислить нормальные смещения и нормальные скорости шпинделя в центре каждого сегмента, по интерполяционным зависимостям вычислить равнодействующие силы давления на поверхность шпинделя и суммарные равнодействующие опорные реакции. На основании этого была рассмотрена динамическая модель шпинделя, опорные реакции, массовую нагрузку, и внешнее воздействие, имитирующие силу резанье. Данная динамическая модель позволила получить статические и динамические характеристики шпиндельного узла.

Работа выполнена при поддержке
целевой программы "Развитие научного
потенциала высшей школы (2009-2010 годы)"
№ 2.1.2/5277 и грантом CRDF HOЦ – 018

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАНКОВ НА БАЗЕ УНИФИЦИРОВАННЫХ МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ

THE MACHINE-TOOLS DESIGN BASED ON UNIFIED MECHATRONIC MODULES

Б.М. Рывкин – асп.
ФГБОУ ВПО МГТУ «Станкин», кафедра «Станки»

Abstract. The problem of increase in the machine-tools production efficiency was considered. The turning lathe units were presented as unified mechatronic modules.

Приближение условий работы станкозаводов к условиям сборочных производств позволяет повысить эффективность производства, а именно:

- изготовление новых станков в сжатые сроки за счет широкой унификации;
- сокращение затрат, повышение надежности и качества благодаря изготовлению мехатронных модулей специализированными предприятиями.

В работе рассматриваются станки токарной группы. Проведен анализ размерных рядов токарных обрабатывающих центров для установления разновидностей и основных параметров комплектующих изделий, выполненных в виде мехатронных модулей. Далее были выявлены основные типоразмеры (обрабатываемы диаметры), мехатронные модули (такие как – мотор-шпиндель, револьверная головка, привод подач и др.). Составлены диаграммы зависимости типоразмера от основных параметров: от мощности, частоты вращения, момента. Выявлены зависимости основных параметров станка от типоразмера. Далее по полученным диаграммам все станки были разбиты на группы. Для каждой из групп, в общем, и для каждого типоразмера в частности были рассчитаны режимы резания. Созданы математические и трехмерные модели мехатронных модулей. Проведены статические и динамические расчеты на жесткость.

СИНТЕЗ ДВУХПОТОЧНЫХ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ ПО СТРУКТУРНЫМ СХЕМАМ

TWO-STREAM TRANSMISSIONS' SYNTHESIS BY MEANS OF STRUCTURES

К.Б. Саламандра – к.т.н., с.н.с., Б.Л. Саламандра – к.т.н., в.н.с.

Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН

Abstract. One of the modern trends in transmissions design is the increase in the number speed ratios. Two-stream transmissions allow obtaining greater number of speeds with fewer clutches. The synthesis method is proposed. Examples of 8 and 12-speed transmissions synthesis are presented.

Чем больше ступеней в коробке передач транспортного средства, тем лучше характеристики управления и топливной экономичности.

С помощью метода обобщенных структурных схем (см. Волков Д.П., Крайнев А.Ф. Планетарные, волновые и комбинированные передачи строительных и дорожных машин - М.: Машиностроение, 1968) были синтезированы структурные схемы двухпоточных многоскоростных коробок передач (рис. 1 а, рис. 2 а). Анализ показал, что такие коробки передач позволяют получить в каждом из механизмов не только определенное число режимов, но и сумму сочетаний этих режимов, и таким образом увеличить количество ступеней в коробке при меньшем числе управляющих элементов. Кроме того, мощность на выходное звено передается двумя потоками, что уменьшает нагрузки на внутренние механизмы. Подставляя схемы соответствующих механизмов в структурную схему, могут быть получены двухпоточные коробки передач с требуемыми свойствами.

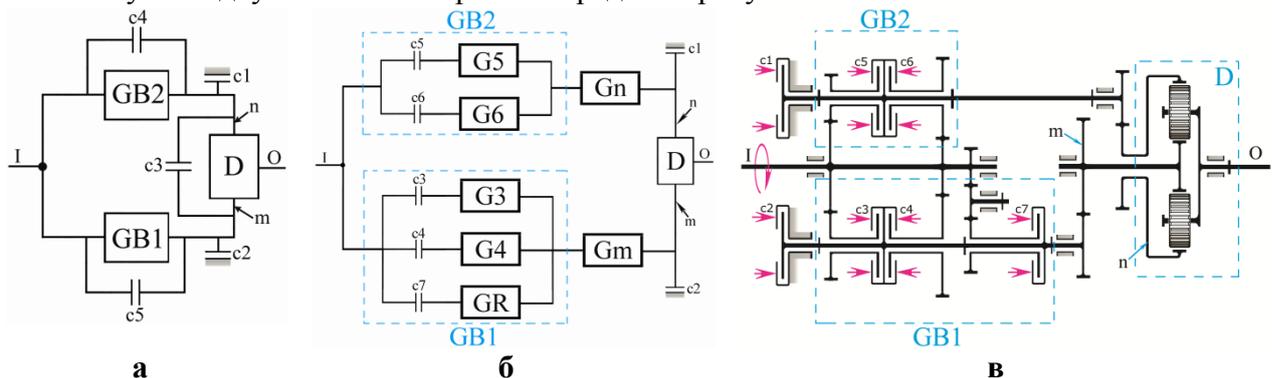


Рис. 1. Пример структурного синтеза кинематической схемы 8-ми ступенчатой двухпоточной коробки передач с дифференциалом, суммирующим силовые потоки (US Patent Application 2011/0245014)

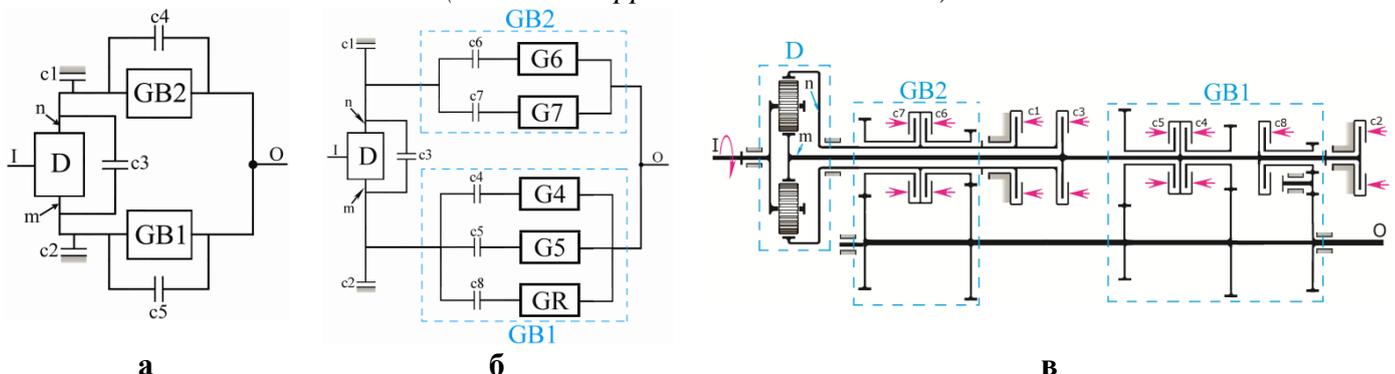


Рис. 2. Пример структурного синтеза кинематической схемы 12-ти ступенчатой двухпоточной коробки передач с дифференциалом, распределяющим силовые потоки (Патент РФ № 2391588).

Обозначения на рисунках: **I**, **O** – входное и выходное звенья; **c** – управляющие элементы; **G** – двухзвенные зубчатые механизмы с 1-й степенью свободы; **GB** – внутренняя коробка передач, состоящая только из механизмов **G**; **D** – дифференциал; **m**, **n** – звенья дифференциала **D**.

ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НОСИМЫХ РОБОТОВ С ПРИВОДАМИ НА ОСНОВЕ СОКРАЩАЕМЫХ ПОЛИМЕР ГЕЛЕЙ

DYNAMIC ANALYSIS OF WEARABLE ROBOTS WITH CONTRACTILE POLYMER GEL ACTUATORS

С.А. Саргсян^{1,2} – инж.-иссл., М.Г. Арутюнян² – к. т. н., проф.

В. Аракелян¹ – д.т.н., проф.

¹ Национальный институт прикладных наук, Рен, Франция

² Государственный инженерный университет Армении, Ереван, Армения

Abstract. A dynamic model of an actuator of a wearable robot: biomechatronic exoskeleton is presented. The actuator is based on a contractile polymer gel which undergoes volume changes in response to changes in pH. The system uses an acid-base reaction to directly convert chemical to mechanical energy. The direct dynamic problem of the motion of wearable robot is solved, and a low variation of pH is determined.

В последнее время появился новый тип приводов, рабочий принцип которого похож на принцип человеческой мышцы, а сокращаемый материал, приводится в действие с помощью химических или электрических сигналов. Примером такого привода является сокращаемый полимер-гель, который подвергается изменению объема в ответ на изменение pH. Для моделирования полимер-геливых приводов использован антагонистический принцип работы мышц.

Модель привода состоит из трех компонент: гидравлической системы, сокращаемых полимер-гелиевых волокон и механической системы. Гидравлическая система обеспечивает среду, необходимую для протекания кислотно – химической реакции. Сокращаемые полимер-гелиевые волокна подвергаются изменению объема в ответ на изменение pH. Отсюда следует, что необходимо рассчитать значение pH в растворителе:

$$\text{pH} = \begin{cases} -\log([\text{HA}]_0 - [\text{B}]_0), & [\text{HA}]_0 - [\text{B}]_0 > 0 \\ 14 + \log([\text{B}]_0 - [\text{HA}]_0), & [\text{HA}]_0 - [\text{B}]_0 \leq 0 \end{cases}$$

где А и В – обозначают количество кислоты и щелочи в растворе, соответственно.

Рассмотрена прямая динамическая задача, где известны уравнения движения носимого робота и надо определить действующие на систему силы. Учитывая, что действующие силы меняются в зависимости от значения pH, определен закон изменения pH_i для каждого i-ого звена биомехатронного экзоскелета. Динамическая система определяется по следующему уравнению:

$$J_i \ddot{q}_i + 2R_i^2 b_{mi} \dot{q}_i + 2R_i^2 k_{mi} q_i = R_i (F_{1i} - F_{2i}), \quad i=1..N,$$

где N – число звеньев носимого робота,

$q_i, \dot{q}_i, \ddot{q}_i$ – обобщенные координаты, скорость и ускорение i-ого звена носимого робота,

J_i – инерция звена,

R_i – радиус ролика,

b_{mi} – демпфирование привода,

k_{mi} – жесткость привода,

F_{1i}, F_{2i} – силы i-ого привода, которые возникают и управляются в результате изменения pH_i.

На основе достигнутых результатов можно заключить, что рост pH приводит к соответствующему росту действующих сил, что, в свою очередь, соответствует закону движения каждого звена биомехатронного экзоскелета. Таким образом, изменяя значение pH, можно управлять движением привода, то есть рассматриваемым биомехатронным экзоскелетом.

СИСТЕМА АДАПТАЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ К УСЛОВИЯМ ДВИЖЕНИЯ *MOTOR VEHICLE OPERATING CONDITION ADAPTING SYSTEM*

П.И. Саркисов – асп.

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана»

Abstract. Article represents multidisciplinary research of four-axle vehicle with lift axles. Issues of upgrade and development of necessary units are considered in details, new units were designed.

Современный мир не может существовать длительное время в текущем состоянии. Климатические изменения имеют необратимый характер. Но возможно ли сегодня представить жизнь без транспорта? Единственным выходом является баланс, или так называемая экологически устойчивая транспортная система. Но для эффективного движения к ней недостаточно решений Киотского протокола – нет технологий, нет инфраструктуры. Нужны промежуточные точки: эко-ориентированные решения существующих сегодня задач.

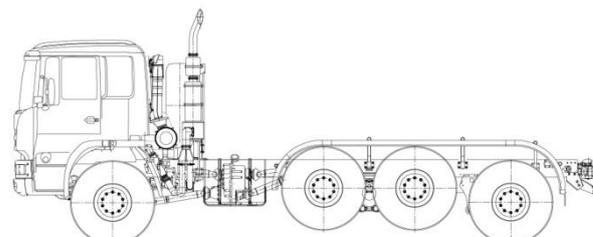


Рис. 1. Общий вид шасси

Внедрить такие дорогие и специфичные технологии на рынок сложно. Согласно анализу рынка, сегодня нужны меньшие габариты и большая грузоподъемность одновременно, что обеспечивает высшую производительность – то есть прибыль. В этом свете актуальна концепция четырёхосных шасси с трансформируемым двигателем, то есть с подъёмной балансирной тележкой, поднимающейся при порожнем ходу.

Это обеспечивает сокращение износа шин и трансмиссии, снижение расход топлива и выбросов парниковых газов, наряду с повышением показателей манёвренности.

В работе выполнен проверочный расчёт напряжённо-деформированного состояния несущей системы, исследовано распределение нагрузки по осям, динамика криволинейного движения. Скорость, регламентируемая при испытаниях на управляемость и устойчивость, сократилась на 9% относительно традиционной схемы.

Проанализированы вопросы конструктивной реализации новой схемы шасси.

Необходимость отключения привода на подъёмные оси привела к доработке раздаточной коробки с приоритетом унификации. Внедрены два механизма отключения привода – для переднего моста и для тележки.

Анализ тормозной динамики показал, что передняя ось воспринимает возросшую нагрузку. Поэтому разработан дисковый тормоз закрытого типа – колодки разжимаются в два разнесённых диска. Это гибрид дискового и барабанного тормоза – есть барабан, но поверхности трения – плоские.

Проведены консультации с инженерами завода Knorr-Bremse во Франции, г. Лизьё. Изготовлен прототип в масштабе 1:4, получены два патента на полезную модель: свидетельство РФ №102584; свидетельство РФ №105253.

Преимуществами являются меньший износ, расход топлива, выбросы, и лучшие показатели манёвренности и проходимости. К недостаткам относятся конструктивное усложнение тормозных механизмов, раздаточной коробки и устройства подъёма тележки.

Сегодня существуют автомобили с исследованной схемой расположения осей и рулевого направления – на них формируется стабильный спрос, но подъёмная ось там только одна. То есть разработанное шасси предполагает более продвинутый уровень, что, как показывает мировая практика, востребовано, перспективно и актуально.

ИССЛЕДОВАНИЕ МАНИПУЛЯТОРОВ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ШТУЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ В АСПЕКТЕ ТРЕНИЯ

RESEARCH OF THE MANIPULATORS (THAT USED FOR PIECE WARES TRANSFER) IN THE FRICTION ASPECT

Н.А.Середа – асп.

ФГБОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет»

Abstract. The manipulators have a wide utilization in the automated technological lines where is necessary the piece wares transfer. Seven manipulator's designs were developed. The manipulators research in friction aspect should be given a particular attention.

В технологических линиях лёгкой, пищевой и рыбной промышленности процесс передачи штучный изделий из позиции в позицию или от машины к машине нередко лимитирует производительность машин и линий, приводит к росту энергозатрат на осуществление процесса передачи изделий. В таких условиях важной является задача обеспечения непрерывности технологического процесса, что, как известно, достигается путём совершенствования средств, используемых для передачи штучных изделий. Для решения такой задачи разработаны кинематические схемы семи манипуляторов для передачи штучных изделий.

Каждый манипулятор содержит передаточный механизм 1, исполнительный механизм 2 с губками 3 для передачи изделий и привод 4 (рис. 1). При этом устройства различаются структурой кинематических цепей, преимущественно передаточных, а иногда и исполнительных механизмов. Так, кинематические цепи манипуляторов содержат следующие передаточные механизмы: многозвенный рычажный механизм, построенный на базе центрального кривошипно-коромыслового механизма; кулисный механизм с переменной длиной кулисы, совершающей сложное движение (рис.1); многозвенный зубчато-рычажный механизм; комбинированный рычажно-зубчатый механизм с выходным звеном, совершающим возвратно-поступательное движение. Следует выделить манипуляторы карусельного типа, каждый из которых имеет по два исполнительных органа и, соответственно, обеспечивает более высокую производительность. Различия в структуре кинематических цепей манипуляторов определяют такие показатели совершенства устройств, как производительность, точность выполнения операций передачи изделий, компактность устройств, простота обслуживания, масса передаваемых изделий, число кинематических пар (пар трения).

Кинематическая схема одного из манипуляторов представлена на рис. 1.

Разработанные манипуляторы для передачи штучных изделий можно представить как устройства с различными парами трения: «шарнир вращения», «кулиса – камень», сопряжения: зубчатое (реечное) зацепление и копир, пары с протяжённым контактом, а также пары с неравновеликими поверхностями трения. Очевидно, что методы оценки трения для перечисленных выше пар, их выбор и обоснование различны и во многом определяются условиями работы устройств.

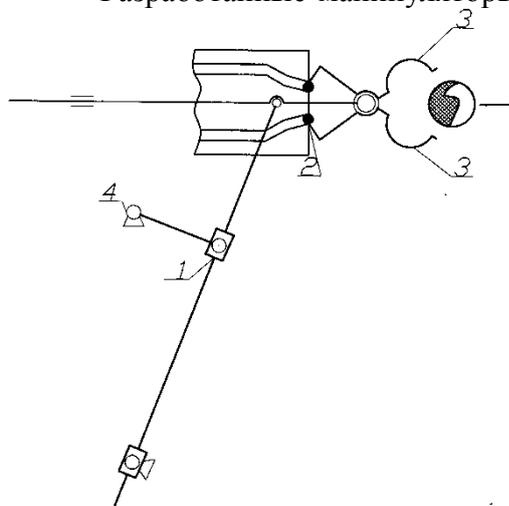


Рис. 1.

Таким образом, исследование манипуляторов для передачи штучных изделий в аспекте трения будет способствовать дальнейшему развитию синтеза технологических машин.

СТРУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ КЛАССА ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ПОДВИЖНОЙ ПЛАТФОРМЫ

TYPE SYNTHESIS OF PARALLEL MECHANISMS CLASS WITH PLANAR MOTION OF A MOVING PLATFORM

Р.А. Сидоренко, А.В. Чичварин – к.т.н.

Старооскольский технологический институт (филиал) НИТУ «МИСиС»

Abstract. By means of a technique based on the screw theory, structural synthesis of a class of the parallel mechanisms with planar motion of a moving platform is executed.

Рассмотрим класс параллельных механизмов, подвижная платформа которых совершает плоскопараллельное перемещение, т.е. линейное перемещение в некоторой плоскости и повороты относительно оси, перпендикулярной этой плоскости

В любом не особом положении группа силовых винтов параллельной кинематической цепи, соответствующей такому механизму, состоит из всех силовых винтов с бесконечным параметром ζ_∞ , расположенных в плоскости движения и всех силовых винтов с нулевым параметром ζ_0 , перпендикулярных этой плоскости, т.е. представляет собой $2-\zeta_\infty-1-\zeta_0$ -членную группу. Этой параллельной кинематической цепи можно поставить в соответствие виртуальную последовательную цепь

Так как группа силовых винтов параллельной кинематической цепи является линейной комбинацией групп силовых винтов всех ее опор, то группа силовых винтов любой опоры параллельной кинематической цепи является подгруппой группы ее силовых винтов.

Комбинации подгрупп силовых винтов, образующих заданную группу силовых винтов могут быть определены из уравнения $\sum c^i = 6+3+\Delta$ где c^i — порядок подгруппы силовых винтов, Δ — число избыточных связей.

Для всех возможных подгрупп группы силовых винтов рассматриваемой кинематической цепи осуществим синтез 3-подвижных одноконтурных кинематических цепей, включающих виртуальную цепь.

Для простоты, но, не теряя общности, далее рассматриваются кинематические цепи, состоящие только из вращательных и поступательных кинематических пар первого порядка. Из синтезированных опор следует отбросить те, в которых кинематические винты всех пар, кроме входящих в виртуальную цепь, линейно зависимы.

Структуры опор могут быть получены из полученных одноконтурных кинематических цепей посредством удаления виртуальной цепи

Параллельная кинематическая может быть проучена посредством сборки полученных опор, выбранных в соответствии с комбинациями групп силовых винтов, определенных ранее. При сборке должно соблюдаться следующее условие: линейная комбинация групп силовых винтов опор должна составлять $2-\zeta_\infty-1-\zeta_0$ -членную группу.

Далее выбираются приводные кинематические пары в соответствии со следующими условиями:

- приводные пары должны быть расположены по возможности равномерно;
- приводные пары желательно располагать на основании или ближе к нему;
- не должно быть пассивных поступательных кинематических пар.

Таким образом, получены все возможные параллельные механизмы, подвижная платформа которых совершает плоскопараллельное перемещение, состоящие из вращательных и поступательных кинематических пар.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ АВТОЦИСТЕРН ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ НАГРУЖЕНИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ

MODELING THE CONDUCT OF ROAD TANK CAR UNDER VARIOUS LOADING AND OPTIMIZATION OF THE DESIGN

А.И.Старостин – асп.

И.В. Демьянушко – д.т.н., проф., **Р.Н. Мясницкий** – к.т.н.
МАДГТУ (МАДИ)

Abstract. The work is devoted to research of behavior of shells of tank vehicles at various types of loading. For calculation of the space vehicle structure the method of finite elements is used. The application for automated construction of finite-element model of a tanker with possibility of change its geometrical characteristics is developed. Possibility of repeated calculation of shell of a tanker depending on the chosen parameters that allows to apply a multi-method designing for further optimization of a design is realized.

Работа посвящена исследованию поведения корпусов автоцистерн при различных видах нагружения. Для расчета пространственной конструкции цистерны используется метод конечных элементов. Разработано приложение для автоматизированного построения конечно-элементной модели автоцистерны с возможностью изменения ее геометрических характеристик. Реализована возможность многократного расчета корпуса автоцистерны в зависимости от выбранных параметров, что позволяет применять метод многокритериального проектирования для дальнейшей оптимизации конструкции.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК ОШИБКИ ИНТЕРПОЛЯЦИИ ТРАЕКТОРИЙ
ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГРУЗА
ПРОСТРАНСТВЕННОГО МАНИПУЛЯТОРА С ГИБКИМИ НИТЯМИ**
*STATISTICAL ANALYSIS OF POSITIONING ERROR FOR SPATIAL
MANIPULATOR WITH FLEXIBLE CABLES*

О.Г. Толстунов – асп, **Ю.А. Валюкевич** – к.т.н., доц.
ФГБОУ ВПО «Южно-Российский государственный университет экономики и сервиса»

Abstract. In this work author makes a statistical analysis of positioning error for spatial manipulator with flexible cables. Author makes analysis of variance, standard deviation and maximum value of positioning error. In article also proposes a method for generating line segments of linear trajectories.

В настоящее время, как в России, так и за рубежом возрастает актуальность к исследованию и разработке манипуляторов с параллельной кинематической структурой в связи с тем, что они находят широкое применение в различных отраслях народного хозяйства и в отличие от классических последовательных манипуляторов обладают повышенной конструктивной жесткостью, точностью, а также пониженной энергоемкостью.

Объектом исследования в данной работе является параллельный пространственный манипулятор (ПМ) с гибкими нитями (см. рис.) позволяющий перемещать объекты различного назначения в пределах пространства своей рабочей зоны большого объема (более 1×10^6 м³) с повышенной энергоэффективностью при пониженной материалоемкости конструкции. Такой ПМ может быть использован в таких отраслях народного хозяйства, как строительство, сельское хозяйство, промышленность, геология и других.

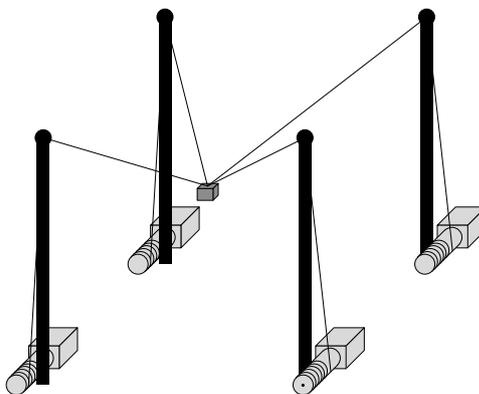


Рис.1. Пространственный манипулятор с гибкими нитями

Весьма актуальной задачей является исследование статистических характеристик ошибки линейной интерполяции траектории перемещения груза ПМ, решение которой позволит определить зависимость точности перемещения объектов от параметров применяемого оборудования, необходимого для практической реализации ПМ. Для исследования ошибки линейной интерполяции использовались известные статистические характеристики такие как дисперсия, среднеквадратическое отклонение, а также максимальное значение ошибки интерполяции, которые анализировались в пределах всей зоны обслуживания ПМ с помощью предложенного способа формирования семейства отрезков прямых. В результате были получены пространственные зависимости статистических характеристик ошибки линейной интерполяции отрезков прямых от их расположения в пределах зоны обслуживания ПМ.

**ПОВЫШЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ШПИНДЕЛЬНОГО УЗЛА СТАНКА
ДЛЯ ОБРАБОТКИ ГОРБЫЛЯ**
*INCREASE OF RIGIDITY OF OPERATED SPINDLE UNIT OF THE MACHINE
FOR PROCESSING SLABS*

А.А. Фомин - к.т.н., доц., **А. А. Марышев** - магистрант
Владимирский Государственный Университет
им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых

Abstract. A great influence on the product quality and performance of the processes of mechanical processing provides the rigidity of the technological system. In the experimental studies several recommendations to improve the rigidity of the electrically operated spindle host machine for processing slabs were withdrawn.

Большое влияние на качество выпускаемой продукции и производительность процессов механической обработки оказывает жесткость технологической системы, вследствие чего этот параметр необходимо повышать не только при обработке металлов и сплавов, но и других материалов. Авторами на базе Владимирского инновационно-технологического центра разработан и изготовлен станок для обработки горбыля (патент на полезную модель № 95589) позволяющий проводить более глубокую переработку древесины. Было проведено исследование жесткости шпиндельного узла фасонной фрезы, который имеет установочные перемещения по вертикальным направляющим типа ласточкиного хвоста. После настройки станка на заданный размер (требуемую толщину) готового изделия шпиндельный узел жестко фиксируется в вертикальном положении.

Жесткость измеряли в направлении, перпендикулярном оси шпинделя, которое совпадает с направлением подачи горбыля. Внешнюю силовую нагрузку прикладывали к шпиндельному узлу ступенчато с шагом 250 Н, начиная от 0 до 1500 Н. Численные значения прикладываемой силы регистрировали динамометром, а упругие перемещения, вызванные действующей силой, – индикатором часового типа с точностью 0,01 мм. После доведения нагрузки до максимума 1500 Н силу с указанным интервалом уменьшали до 0.

Ветвь нагрузки графика жесткости не совпадает с ветвью разгрузки. После снятия нагрузки упругая деформация шпинделя не принимает нулевых значений, а остаточная деформация численно равна величине зазоров сопрягаемых поверхностей узла станка.

Для определения жесткости шпиндельного узла в противоположном направлении силу P прикладываем под углом 180° по сравнению с первым случаем. Эксперименты проводили при закрепленной и незакрепленной направляющей «ласточкин хвост».

Упругое перемещение шпинделя при закрепленной охватываемой направляющей и максимальной силе 1500 Н составило 0,27 мм в направлении продольной подачи горбыля, что соответствует жесткости 5555,6 Н/мм. При нагружении шпинделя усилием той же величины, но в направлении, противоположном подаче горбыля, перемещение составило 0,238 мм, что соответствует жесткости 6202,5 Н/мм и в 1,12 раза превышает жесткость полученную в предыдущем случае. Остаточная деформация после нагружения в направлении подачи равна 0,015 мм, а в противоположном – 0,005 мм.

При максимальном нагружении шпиндельного узла в направлении подачи горбыля, но с незакрепленной направляющей получили перемещение шпинделя 2,37 мм, что соответствует жесткости 632,9 Н/мм, а в направлении, противоположном подаче, – 1,195 мм, что соответствует жесткости 1255,2 Н/мм. Жесткость в направлении, противоположном подаче, выше в 1,98 раза. Остаточная деформация после нагружения в направлении подачи равна 0,07мм, а в противоположном – 0,02 мм.

Таким образом, для обеспечения максимальной жесткости шпиндельного узла станка перед обработкой горбыля охватываемую направляющую ласточкиного хвоста необходимо закрепить, а шпиндельный узел располагать так, чтобы силовая нагрузка прижимала шпиндель к направляющей.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ УРАВНОВЕШИВАНИЯ ОПРОКИДЫВАЮЩЕГО МОМЕНТА

EFFICIENCY OF EQUILIBRATION OF TORQUE REACTION

М.С.Хайдакин – к.т.н.

Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН, Москва

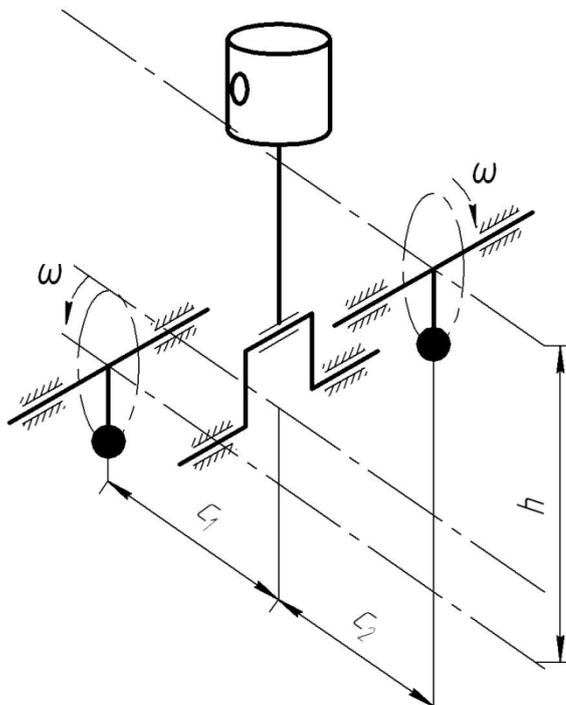
Abstract. Engine vibrations testify to its disbalance - basic deficiency of engines. The author considers modes of an balance of forces and the moments acting in engines. Classification of balancer systems of engines to destination and to constructive signs is stated. Constructions of various balancer systems are presented. Recommendations of application of classification are made.

Рост мощности и быстроходности двигателей увеличили их вибронгруженность. Поэтому при создании каждой новой модели двигателя необходимо уделять серьезное внимание проблеме уменьшения его колебаний. Решение проблемы усложняется тем, что применяются двигатели с неполностью уравновешенными силами инерции движущихся масс кривошипно-шатунного механизма и с повышенной неравномерностью крутящего момента.

Возникновение возмущающих воздействий, вызывающих колебания силового агрегата, на установившемся режиме работы двигателя свидетельствуют о его внешней неуравновешенности – принципиальном недостатке поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Причиной неуравновешенности двигателя могут являться неуравновешенные силы инерции возвратно-поступательно движущихся и вращающихся масс, моменты от этих сил, а также опрокидывающий момент двигателя.

Для устранения отрицательных последствий, связанных с вибрациями, двигатель должен быть уравновешен, т.е. должна быть создана такая система сил, в которой равнодействующие сил и их моменты должны быть постоянны по величине и направлению или равны нулю.

Колебания двигателя, на установившемся режиме работы, свидетельствуют о его внешней неуравновешенности – принципиальном недостатке поршневых двигателей внутреннего сгорания. Автором рассмотрены способы уравновешивания сил и моментов, действующих в двигателях. Изложена классификация механизмов уравновешивания рядных ДВС по назначению и конструктивным признакам. Описаны конструкции различных механизмов уравновешивания. В заключении даны рекомендации применения классификации при проектировании двигателей.



ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА ДИНАМИКИ МЕХАНИЗМОВ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ

GEOMETRICAL METHOD FOR SOLVING OF PARALLEL MECHANISMS DYNAMICS

А.В. Чичварин¹ – к.т.н., Л.А. Рыбак² – д.т.н., проф.

¹ Старооскольский технологический институт (филиал) НИТУ «МИСиС»

² Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Abstract. Is proved that Jacobean of parallel mechanism, and, hence, all its dynamic characteristics, depend, only from a translational matrix, and is entirely defined by geometry of the parallel mechanism.

Рассмотрим обобщенный параллельный механизм, имеющий n степеней свободы и n опор. Для простоты, но, не теряя общности, далее рассматриваются кинематические цепи, состоящие только из вращательных и поступательных кинематических пар первого порядка.

В неподвижной системе координат, связанной с основанием параллельного механизма, обозначив за \mathbf{p}_i вектор координат точек крепления опор к подвижной платформе, а за \mathbf{b}_i вектор координат точек крепления опор к основанию, решение обратной задачи кинематики имеет вид

$$\rho_i^2 = \mathbf{p}_i - \mathbf{b}_i^T \mathbf{p}_i - \mathbf{b}_i, \quad i = 1, \dots, n.$$

Продифференцировав это уравнение по времени, получаем выражение для Якобиана рассматриваемой системы:

$$\rho_i \dot{\rho}_i = \mathbf{p}_i - \mathbf{b}_i^T \dot{\mathbf{p}}_i, \quad i = 1, \dots, n.$$

С другой стороны, глобальное уравнение скоростей может быть записано в виде

$$\mathbf{A} \mathbf{t} = \mathbf{B} \dot{\boldsymbol{\rho}}$$

где $\mathbf{A} = [\mathbf{m}_i^T]^T$, $\mathbf{B} = \text{diag } \rho_i$, $\mathbf{m}_i = \begin{bmatrix} \mathbf{Q} \mathbf{r}_i' \times \mathbf{p}_i - \mathbf{b}_i \\ \mathbf{p}_i - \mathbf{b}_i \end{bmatrix}$.

С другой стороны, $\dot{\mathbf{p}}_i = \dot{\mathbf{p}} + \Omega \mathbf{Q} \mathbf{r}_i'$, где \mathbf{Q} — матрица поворота подвижной системы координат, связанной с подвижной платформой, с неподвижной системой координат, связанной с основанием.

Таким образом, видно, что Якобиан системы, и, следовательно, все ее динамические характеристики, зависят, исключительно от матрицы поворота, и всецело определяется геометрией параллельного механизма.

УСТРОЙСТВО ИНЕРЦИОННОГО ТИПА ДЛЯ АЛМАЗНОГО ВЫГЛАЖИВАНИЯ ОТВЕРСТИЙ

A DEVICE OF INERTIAL TYPE FOR DIAMOND SMOOTHING OF HOLES

А.Н. Швецов – магистрант, Д.Л. Скуратов – д.т.н., проф.
Самарский государственный технический университет

Abstract. We propose a design and describe principles of operation of a device for diamond smoothing of holes in machine and mechanism elements.

Для алмазного выравнивания отверстий разработано устройство, конструкция которого представлена на рис. 1. Устройство в себя включает: хвостовик 1; корпус 2; грузы 3; ножку 4; винт крепления алмазного инструмента 5; алмазный инструмент 6; винт и гайка крепления державки алмазного инструмента 7; ползун 8; пружина сжатия 9.

Устройство работает следующим образом. При сообщении устройству вращательного движения от шпинделя станка через хвостовик 1, грузы 1 (рис. 2) установленные на рычагах 2, перемещают рычаги 3 и оси 6, взаимодействующие с рычагами 3 через ползуны 7. При этом ползуны 7 передвигаясь, заставляют сжиматься пружины 4 и разжимают пружины 5. Усилие, создаваемое пружинами 5, обеспечивает возврат механизма в исходное состояние, а пружины 4 препятствуют появлению перекосов при движении ползуну 6 и облегчают работу по возврату механизма в исходное состояние.

В процессе работы оси 8 перемещаются вместе с рычагами 3. С одной из осей 8, поступательное движение передается на ползун 8 (рис. 1), перемещающуюся в корпусе устройства и имеющую величину хода равную 15 мм, и далее через ножку 4 устройства на алмазный инструмент. Радиальная сила P_y , с которой алмазный инструмент действует на обрабатываемую поверхность, определяется массой грузов 3 и частотой вращения шпинделя станка. Изменяя эти параметры можно получить требуемые усилия выравнивания.

Наладка на обрабатываемый размер осуществляется путем перемещения ножки вдоль паза ползуна 8 и фиксируется винтами. Данное устройство предназначено для выравнивания отверстий в диапазоне диаметров от 43 до 139 мм.

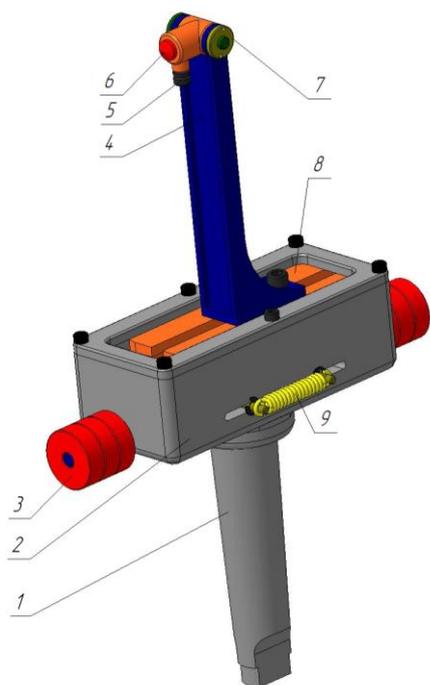


Рис. 1. Устройство для алмазного выравнивания отверстий

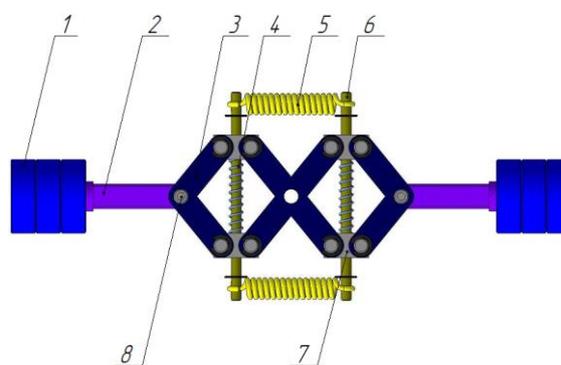


Рис. 2. Рабочий механизм устройства для алмазного выравнивания отверстий

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД МАНИПУЛЯТОРА ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ *THE EXPERIMENTAL STAND OF THE PARALLEL STRUCTURE MANIPULATOR*

М.А. Ширинкин - асп., **В.А. Глазунов** – д.т.н., проф., **С.В. Хейло** – к.т.н., доц.
Московский государственный текстильный университет имени А.Н. Косыгина

Abstract. In the given work the description of a design of a breadboard model of the manipulator of parallel structure with four degrees of freedom is presented.

В данной работе представлено описание физической модели манипулятора параллельной структуры с четырьмя степенями свободы. Данная экспериментальная установка состоит из металлической рамы-основания, на которой установлены четыре



шаговых двигателя, подвижной выходной платформы, перемещаемой посредством трех аналогичных кинематических цепей, контроллера управления шаговыми двигателями и источника питания. Движения подвижной платформы по вертикали развязаны относительно движений в плоскости по трем координатам. Таким образом, для управления движениями «поднять-опустить» достаточно включить в работу лишь один двигатель поступательного перемещения (в физической модели вращательный шаговый двигатель с передачей винт-гайка). Так как основные силы тяжести действуют на вертикальные перемещения, то это требует установки двигателя повышенной мощности. Для управления перемещением подвижной платформы в плоскости достаточно трех вращательных двигателей меньшей мощности. Для анализа перемещений выходного звена манипуляционного механизма и соответствующих траекторий применялся лазерный модуль, светящий в «крест».

В результате были получены следующие технические характеристики экспериментальной установки:

- | | |
|---|-----|
| 1) Грузоподъемность, кг..... | 3,5 |
| 2) Высота подъема груза, мм | 130 |
| 3) Скорость подъема (опускания) груза, см/с..... | 2 |
| 4) Погрешность позиционирования, мм..... | 0,1 |
| 5) Максимальный угол поворота подвижной платформы вокруг
оси вращения, град..... | 210 |
| 6) Погрешность отработки траектории подвижной платформы, мм..... | 0,1 |
| 7) Габаритные размеры макета вместе с блоком управления, мм:
длина – 420, ширина – 420, высота - 800 | |
| 8) Общая масса, кг..... | 9,8 |
| 9) Масса блока системы управления, кг..... | 2 |
| 10) Масса подвижных элементов макета, кг..... | 2 |
| 11) Число одновременно управляемых координат..... | 4 |
| 12) Напряжение, В..... | 220 |

МНОГОДИСЦИПЛИНАРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОНАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ РОТОРА КОМПРЕССОРОВ

MULTIDISCIPLINARY NUMERICAL SIMULATION OF THERMAL-STRESS STATE OF COMPRESSORS ROTOR

Г.Г. Юрченко – инж., Ю.М. Темис – д.т.н., проф., А.В. Селиванов – нач. сектора
ФГУП ЦИАМ им. П.И. Баранова, г. Москва

Abstract. To obtain more accuracy data about heat-transfer coefficient distribution and another secondary flow parameters which are used as boundary conditions for calculation of thermal-stress state of HPC rotor, the method of calculating secondary flow on the base of combining one-dimensional and two-dimensional flow models is developed.

Определение термонапряженного состояния деталей горячей части ГТД относится к сложным проблемам многодисциплинарного математического моделирования и предполагает на каждом временном шаге последовательное решение задач газовой динамики, теплопроводности и напряженно-деформированного состояния (рис. 1).

В работе основное внимание уделено расчету течения газа во вторичном тракте. Известны методики такого расчета, основанные на построении гидравлической сети и одномерных моделей течения. Однако в междисковых полостях КВД реализуется циркуляционное течение, для которого применение одномерных моделей не дает удовлетворительных результатов. Поэтому в единую расчетную схему объединены одномерные модели течения в каналах и двумерные модели течения в полостях, что позволило уточнить распределения коэффициента теплоотдачи, температуры и давления в междисковых полостях. На основании полученных данных осуществлен более точный расчет термонапряженного состояния ротора КВД.

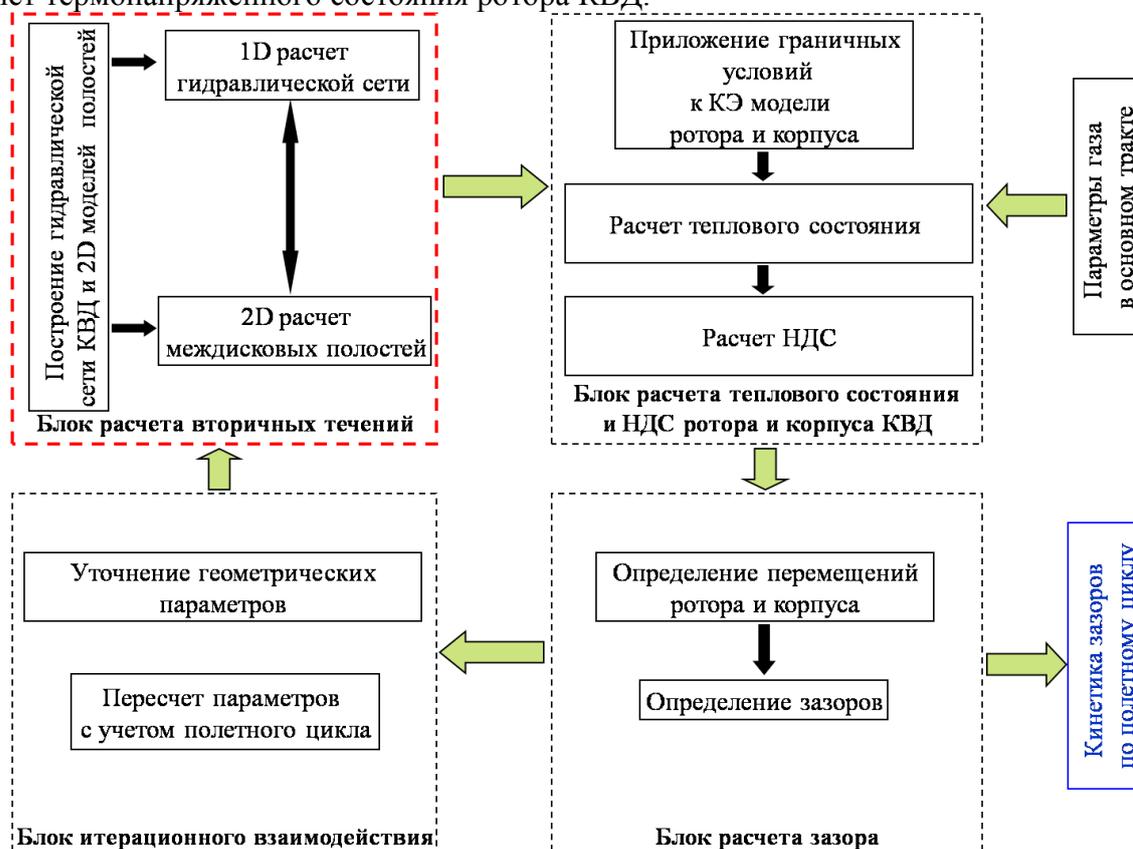


Рис. 1. Алгоритм расчета термонапряженного состояния

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ РОБОТА, ПЕРЕМЕЩАЮЩЕГОСЯ С ОТРЫВОМ ОТ ПОВЕРХНОСТИ

INVESTIGATION OF DYNAMICS OF THE ROBOT MOVING WITH THE JUMPS FROM THE SURFACE

С.Ф. Яцун – д.т.н., проф., Л.Ю. Волкова – асп., А.В. Ворочаев – студ.
Юго-Западный государственный университет, Курск

Abstract. In paper the construction and mathematical model of the jumping robot, dynamics of its movement, phases of jump are considered.

Прыгающий робот (рис. 1 а) состоит из корпуса 1 и звеньев 2 и 3. Робот приводится в движение при помощи трех приводов 4, 5, 6, углы α_{12} и α_{23} определяют положение звеньев робота друг относительно друга. Приводы 4 и 6 создают моменты M_{12} и M_{23} , обеспечивающие поворот корпуса робота на требуемый угол до его отрыва от поверхности, привод 5 создает силу F_{12} , под действием которой робот осуществляет прыжок.

На рис. 1 б показана упрощенная расчетная схема прыгающего робота. Корпус робота представляет собой прямоугольник с размерами $2a \times 2b$. Будем считать, что робот движется в неподвижной системе координат Oxy под действием силы F_{12} и момента M_{12} , его положение определяется обобщенными координатами x_C, y_C, φ . Корпус периодически контактирует с поверхностью в двух точках А и В, равноудаленных от его центра масс С, причем в точке А при контакте с поверхностью действуют силы нормальной реакции N_A и сухого трения F_{fr} , а в точке В – только нормальная реакция N_B .

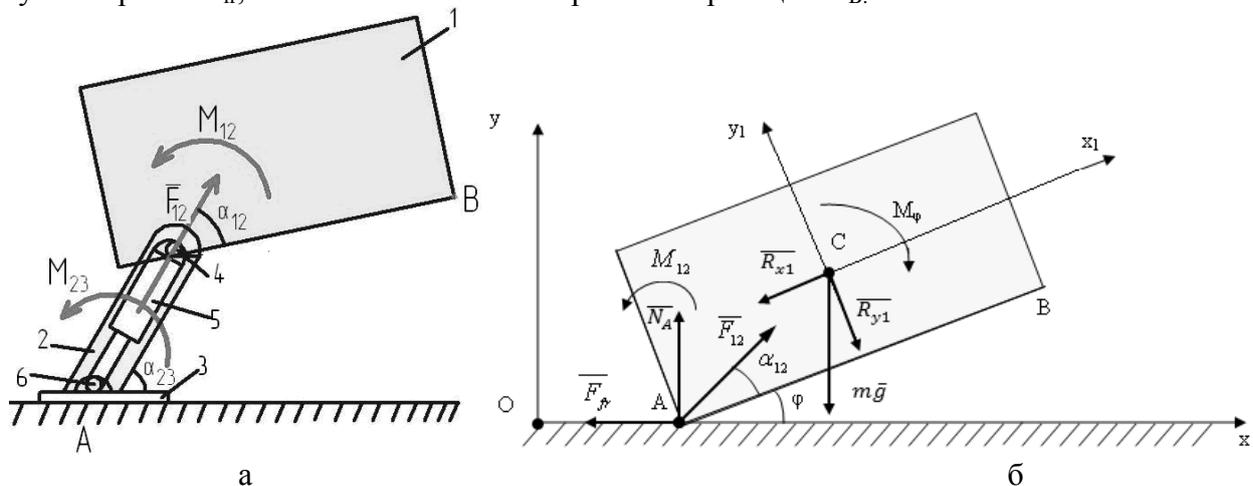


Рис. 1. а – общий вид робота, б – расчетная схема

Каждый прыжок робота можно разбить на два этапа: 1 – нахождение робота на поверхности, при этом корпус может двигаться прямолинейно, поворачиваться относительно неподвижной точки А, совершать плоскопараллельное движение, 2 – полет (движение с отрывом от поверхности). В модели принято, что этап полета начинается, когда вертикальная координата точки А превысит некоторое значение y^* , определяемое равенством нулю нормальной реакции N_A . Считаем, что при приземлении робота на опорную точку А (В) происходит абсолютно неупругий удар. После этого цикл прыжка повторяется.

В соответствии с разработанной математической моделью было проведено исследование динамики прыгающего робота, заключающееся в определении влияния момента M_{12} и силы F_{12} на высоту и длину прыжка.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ДВУНОГОГО ШАГАЮЩЕГО АППАРАТА

INVESTIGATION AND DEVELOPMENT OF TWO-LEGGED WALKING MACHINE

С.Ф. Яцун - д.т.н., проф., М.С. Понедельченко – асп.
Юго-Западный государственный университет, Курск

Abstract. In article is presented the design of the walking biped robot of anthropomorphous type. Robot can move on difficult surfaces at the expense of adaptation of contact elements to a moving surface.

В настоящее время во многих технически развитых странах мира проводится разработка двуногих шагающих роботов. Такие аппараты при движении используют для опоры лишь некоторые точки на поверхности в отличие от колесных и гусеничных машин, имеющих непрерывную колею. Это позволяет значительно повысить проходимость робота. Разрабатываемый шагающий робот состоит из 7 звеньев, соединенных между собой десятью мотор-редукторами, что обеспечивает уверенную походку (рис. 1 а, б). Тазобедренные и голеностопные «суставы» (рис. 1 а, д, е) представляют собой активные двухкоординатные шарниры, благодаря которым робот остается устойчивым при передвижении за счет смещения центра масс в поперечном направлении. В тазобедренном «суставе» возможен поворот бедра на угол до 90° , коленный «сустав» робота (рис. 1 в, г) обеспечивает поворот звена «голень» относительно звена «бедро» до 140° , а стопа способна развернуться на угол до 30° , что позволяет преодолевать препятствия довольно больших размеров. На стопах ног робота (рис. 1 д, е) расположены контактные элементы, в которых установлены датчики давления, необходимые как для статического, так и для динамического распределения нагрузки во время ходьбы. Каждый привод оснащен системой позиционирования на базе энкодера.

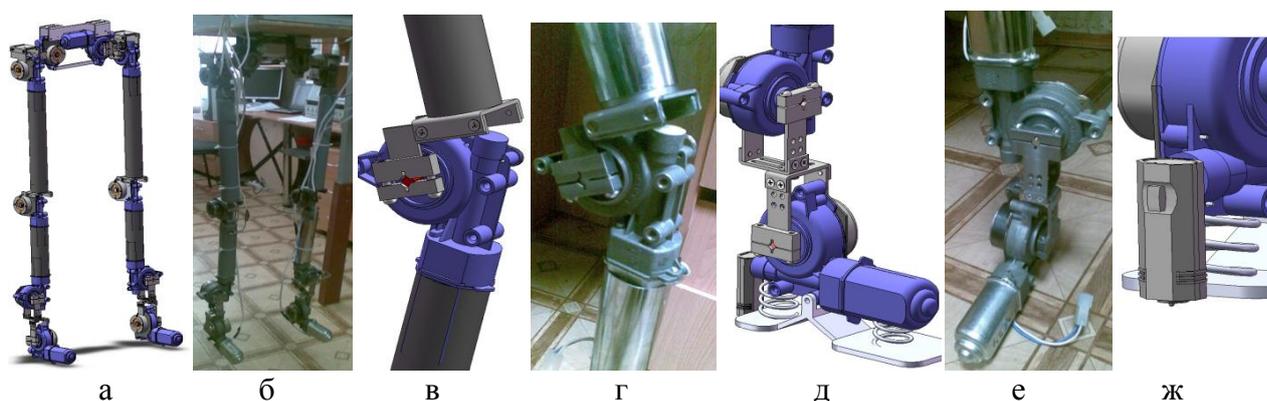


Рис. 1. а – 3D модель общего вида робота, б – общий вид робота, в – 3D модель коленного сустава робота, г – коленный сустав робота, д – 3D модель стопы робота, е – стопа робота, ж – 3D модель датчика распознавания структуры поверхности

Так же, для того чтобы шагающий аппарат успешно перемещался и преодолевал различные препятствия, важно иметь информацию о характере и состоянии среды, в которой происходит передвижение, поэтому стопы шагающего робота снабжены датчиками распознавания структуры поверхности (рис. 1 ж).

Шагающий робот может перемещаться в различных режимах движения, которые выбираются с учетом данных, полученных с датчиков, расположенных на стопах.

СЕКЦИЯ 6.
Биомеханика и медицинские
технологии

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКА НА ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ ПЛАЗМЕННЫХ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

RESEARCH ULTRASOUND EFFECTS ON MICROPOROUS STRUCTURE THE CERMET COATING DURING PLASMA SPRAYING

И.П. Гришина - асп. А.В. Лясникова - д.т.н., проф.,
Н.В. Бекренев - д.т.н., проф., О.А. Дударева - к.т.н., доц.,
Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина

Abstract. A qualitative model of ultrasonic vibrations of the basis influencing the formation of microporous structure in plasma coating is developed. Experimental study of the surface of titanium-hydroxyapatite plasma spraying coatings is carried out. It had been established that during the plasma spraying the base gives ultrasonic vibrations so that we can watch the formation in agglomerates of spheroidal homogeneous micropores coating, whose sizes are determined by combination of parameters acoustic effects and modes of plasma spraying.

Данная работа посвящена исследованию возможности образования при помощи ультразвукового воздействия в структуре металлокерамического титан-гидроксиапатитового покрытия микропор с размерами, соответствующими нанодиапазону размеров.

Эксперименты по напылению проводились на установке электроплазменного напыления ВРЕС 744.3227.001. Применялись следующие режимы воздействия ультразвуковых колебаний: частота $f = 22$ кГц и амплитуда $A = 4-18$ мкм. Электроплазменное напыление титанового подслоя на подвергнутые воздушно-абразивной обработке пластинки титана реализовывалось при напряжении 35В, силе тока 450А, дистанции напыления 100 мм и дисперсности титанового порошка ПТС (ТУ 14-1-3086-80) 100-120 мкм. Расход аргона составлял 55-60 л/мин. Напыление порошка гидроксиапатита (ГА) производилось при силе тока 450 А, напряжении 35 В, дистанции 80 и 120 мм, дисперсности 70-75 мкм и расходе аргона 65-70 л/мин. Расход транспортирующего газа поддерживался на постоянном уровне $5 \pm 0,5$ л/мин. Для исследования плазменного напыления с воздействием ультразвука в камере установки был размещен пьезокерамический излучатель с устройством закрепления образцов. Питание излучателю сообщалось от генератора УЗГ-И разработки ООО «Ультразвук-ТЕО» (г. Саратов). Предварительно образцы подвергались воздушно-абразивной обработке на установке «Чайка-20». Перед напылением пластины с полученным микрорельефом подвергались очистке от жировых загрязнений на установке УЗ очистки ПБС ГАЛС. Статистическая обработка проводилась с помощью компьютерного анализатора изображений микроструктур АППМ-6М, элементы структуры с размерами менее 1 мкм изучались на атомно-силовом микроскопе СММ-2000.

В результате проведенных исследований установлено, что при плазменном напылении металлокерамических покрытий с одновременным сообщением подложке ультразвуковых колебаний в их агломератах протекают кавитационные процессы, приводящие к возникновению микропузырьков, образующих при кристаллизации агломератов каверны-поры, размеры которых определяются соотношением режимов напыления и ультразвукового воздействия. При амплитудах колебаний подложки более 15 мкм на частоте 22 кГц и скорости частиц, превышающей 24 м/с, в покрытии образуются поры размерами до 0,3 мкм, количество которых составляет до 30% от общего количества пор. На наноуровне исследований при амплитуде 8 мкм примерно 80% поверхности оказывается покрытой лунками с поперечными размерами 100-160 нм и глубиной около 6 нм; при увеличении амплитуды до 15 мкм практически вся поверхность агломерата покрыта кратерообразными лунками размерами 150-300 нм и глубиной до 50 нм. Это позволяет считать ультразвук одним из инструментов наноструктурирования плазмонанпыленных металлокерамических покрытий.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫМ СЕРДЦЕМ THE CONTROL SYSTEM OF ARTIFICIAL HEART

И.А.Ефремов – асп.

Владимирский Государственный университет им А.Г. и Н.Г. Столетовых

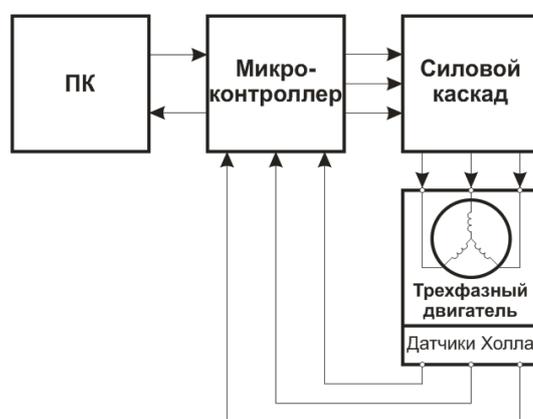
Abstract. Research in the field of building management systems artificial heart man are considered. The results of the system development and results of the first laboratory tests. Described the overall system design, system design and results of the first results of laboratory tests.

Развитие современных технологий в области электромеханических и микроэлектронных устройств позволяет разрабатывать высокоэффективные системы для любых отраслей науки и техники. Одним из таких направлений являются системы жизнеобеспечения человека и в частности – искусственное сердце.

К подобным системам предъявляются крайне строгие требования по техническим и эксплуатационным параметрам. Для приведения в действие искусственного сердца используются трехфазные двигатели с датчиками холла, так как они имеют достаточную мощность и варьлируемые параметры работы.

Общая структурная схема электронной части искусственного сердца приведена на рисунке.

Микроконтроллер, с разработанным специализированным программным обеспечением осуществляет управление и контроль работы трехфазного двигателя. Поскольку двигатель имеет большую мощность, но должен работать от автономного питания, то работа с ним должна проводиться на малых напряжениях (до 12 В), но с большим током. Поэтому одним из основных элементов системы



управления является силовой каскад, который преобразует сигналы управления, поступающих от микроконтроллера, в мощные сигналы для двигателя. Для управления скоростью вращения двигателя использовалось три канала широтно-импульсного модулятора микроконтроллера. Данное решение дает возможность установить необходимую скорость вращения ротора, максимально снизив ток потребления. Для настроек параметров, контроля и мониторинга микроконтроллер связан с персональным компьютером, на котором установлено специально разработанное программное обеспечение.

На данный момент разработанное программное обеспечение контроллера и персонального компьютера позволяет осуществлять следующие функции управления двигателем искусственного сердца:

- Запуск/остановка двигателя
- Изменение направления вращения
- Пошаговое движение
- Режим биения – осуществляет попеременное вращение двигателя в разные стороны с заданным количеством оборотов
- Регулирование скорости вращения

Разработанная система прошла первые успешные испытания. Система будет дорабатываться и дополняться новыми возможностями, такими как биение с разной скоростью вращения для обоих направлений движения, мониторинг параметров системы (температура, время наработки, количество выполненных «ударов» сердца и т.д.), системой резервного переключения на запасной блок управления и другими.

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ЛОГИЧЕСКОГО СИНТЕЗА - ЗАДАЧИ РАЗДЕЛЕНИЯ И СЛИЯНИЯ

MAIN PROBLEMS OF LOGIC SYNTHESIS - THE DIVISION AND MERGE PROBLEMS

Х.К.Н.Нгуен¹ – асп., Д.М.Малиничев² – доц.

¹ Национальный морской университет, г.Хайфон (Вьетнам)

² Московский технический университет связи и информатики

Abstract. Perspective development of the element base for modern technical devices and systems is user-programmable matrixes. The incipient division and merge problems are solved by the special computational algorithms.

Одним из перспективных направлений развития элементной базы современных технических устройств и систем различного назначения являются программируемые пользователем вентиляльные матрицы (ППВМ), сочетающие преимущества стандартных или заказных интегральных схем и вентиляльных матриц с удобствами проектирования устройств, которые программируются пользователем. Проблема логического синтеза ППВМ гораздо сложнее, чем у традиционных интегральных схем или вентиляльных матриц, что обусловлено как особенностями архитектуры их базисных блоков, так и более сложными ресурсами взаимосвязей между ними в кристаллах.

Сильным положительным моментом предлагаемого алгоритма с позиции сокращения объема перебора является то, что минимальный коэффициент ищется не во всей таблице длиной $2n$, а лишь среди C_{in} коэффициентов, где n - общее число аргументов, а i - число аргументов на конкретном ярусе.

Задачу слияния - предлагается решать путем анализа таблицы функции автокорреляции соответствующей булевой функции (БФ). При этом следует учитывать два возможных уровня решения проблемы слияния. На более высоком уровне задача слияния решается не только для исходной БФ, но и с учетом ранее проведенной ее декомпозиции. При этом задача существенно усложняется из-за существенного увеличения количества перебираемых вариантов. В качестве одного из возможных методов решения данной задачи предлагается иерархический алгоритм. На первом этапе производится анализ таблицы функции автокорреляции БФ на предмет поиска пар ее значений, в формировании которых участвует не более трех входов «CLB».

Следующим этапом является проверка условия об ограничении общего числа входов пятью. Такой порядок проверки кандидатов на возможное слияние обусловлен тем обстоятельством, что общее количество входов всегда ограничено в соответствии с неравенствами: $C_{n3} \leq C_{n4} \leq C_{n5}$, что приводит к сокращению общего числа перебираемых вариантов.

Таким образом, использование спектральных методов анализа БФ в базисе Уолша при решении задач разделения и слияния обладает высокой эффективностью.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА И ТЕПЛООБМЕНА В РЕАЛЬНОЙ НОСОВОЙ ПОЛОСТИ ЧЕЛОВЕКА

NUMERICAL SIMULATION OF AIR FLOW AND HEAT TRANSFER IN A REAL HUMAN NASAL CAVITY

А.С.Садовский – студ., **В.М.Фомин** – д. ф.-м. н., академик РАН,
В.Л. Ганимедов – к. ф.-м. н., доц., **М.И. Мучная** – с.н.с., к. ф.-м. н.

Учреждение Российской академии наук
Институт теоретической и прикладной механики им. С.А.Христиановича СО РАН

Abstract. The present work is devoted to study of air flow in nasal cavity. The air flow visualization has been carried out, the flow development along nasal cavity has been considered, and there have been presented the main parameters which influenced on the state of received flow. In the present work the geometric models of several concrete people are examined. The shape of the nasal cavity is modeled with the use of the Gambit graphical software system and tomography data. A numerical solution is obtained by the Fluent commercial software system.

В последние годы активно изучается течение воздуха в носовой полости человека на основе математических моделей. Рассматриваемой теме посвящено много зарубежных работ и несколько отечественных. Исследование течения воздуха в дыхательном тракте является актуальным, так как сейчас активно развиваются новые методы введения лекарственных препаратов через нос. Математическая модель дает также возможность проводить виртуальные операции на носовой полости человека перед реальным хирургическим вмешательством.

В данной работе геометрия носовой полости человека моделировалась по серии томограмм, выполненных в параллельных коронарных сечениях. Томографические снимки получены на рентгеновском томографе с шагом 2÷5 мм. Построение геометрии модели и расчеты в рамках уравнений Навье – Стокса проводились с помощью пакета прикладных программ “Fluent” и его геометрического препроцессора “Gambit”.

По результатам работы проведена визуализация течения в носовой полости человека от вестибуля носа до начала носоглотки (хоаны). Расчеты проводились для режимов вдоха и выдоха, при различных значениях перепада давления. Получены зависимости массового расхода от перепада давления и зависимости, описывающие прогрев вдыхаемого атмосферного воздуха (зависимости минимальной температуры в сечении и температуры, осреднённой по массе, от длины носового хода). Представлены поля скорости и температуры в коронарных и сагиттальных сечениях при вдохе и выдохе. Установлено наличие зон возвратного течения и застойных областей в носовой полости, сделаны предположения об их роли в процессе дыхания. На основании распределения давления проведен анализ сил, действующих на носовую перегородку со стороны правого и левого носовых ходов в процессе дыхания, по результатам которого, вероятно, можно прогнозировать направление искривления носовой перегородки.

Полученные данные дают возможность создания новых методов проведения виртуального хирургического вмешательства в носовой полости человека. Виртуальное оперирование должно значительно увеличить качество проводимых реальных операций, так как с помощью такого подхода можно учесть все особенности трехмерного потока в носовой полости и особенности анатомического строения до проведения операции и по серии моделируемых операций подобрать для пациента оптимальный вариант проведения хирургического вмешательства.

НЕЙРОКИБЕРНЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К БИОПРОТЕЗИРОВАНИЮ

NEURAL ENGINEERING APPROACH TO BIOPROSTHESIS

И.В. Степанян - к.т.н., **В.И.Свирин** – инж.

Институт машиноведения им.А.А.Благонравова РАН

Abstract. Intellectual information system of manipulator for biomechanical control of bioprosthesis was described. Neurophysiological model of auditory and visual analyzers created. The models are promising for bioprosthesis and medico-social rehabilitation.

Описана интеллектуальная информационная система для управления биомеханическим регулятором биопротеза. Разработка основана на нейрокомпьютере “Эмбрион”, созданном В.Д. Цыганковым под руководством академика П.К. Анохина. Исследуемый нейрокибернетический подход к биопротезированию базируется на теории функциональных систем академика П.К. Анохина и на трудах отечественных физиологов А.А. Ухтомского, И.М. Сеченова, И.П. Павлова.

Разработка актуальна для детей с врожденными аномалиями опорно-двигательного аппарата. Среди всех пороков развития эти аномалии занимают одно из первых мест, при этом $\frac{3}{4}$ их приходится на пороки развития конечностей. Комплексными клиническими, генетическими и морфологическими исследованиями показано, что значительная доля врожденных пороков развития связана с изменениями генетического материала. Нейрокибернетика уже довольно давно активно применяется в анализе геномных последовательностей, например для дифференциации кодирующих и не кодирующих участков ДНК и предсказания структуры белков. На основе биоинформационных технологий была показана логарифмическая связь нейрофизиологической модели функциональной системы Анохина и физико-химических параметров генетического кода митохондриальной ДНК человека. Были проанализированы алгебры генетического кода по С.В. Петухову в связи с их структурными аналогами – алгебрами нейронных матриц. Показано, что семейство нейронных матриц можно интерпретировать в качестве представления гиперкомплексных чисел по аналогии с алгебрами генетического кода. Найденная логарифмическая связь между семействами матриц служит биоинформационным обоснованием нейрокибернетического подхода к биопротезированию.

Созданы нейрофизиологические модели слухового и зрительного анализаторов. Проанализированы инварианты нейронных сетей при поворотах зрительного образа на различные углы. Построена модель визуального распознавателя букв алфавита. Нейрочип с виртуальным принципом организации нейронов реализуется на базе ПЛИС. Разработанные модели перспективны для биопротезирования и медико-социальной реабилитации.

СЕКЦИЯ 7.
Вычислительные модели
технологических процессов
и информационные технологии

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СВЕРХПЛАСТИЧЕСКОЙ ФОРМОВКИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ТРУДНОДЕФОРМИРУЕМЫХ СПЛАВОВ *SIMULATION OF SUPERPLASTIC FORMING TECHNOLOGICAL PROCESSES OF HARD ALLOYS PRODUCTS*

П.А. Алексеев – асп., К.А. Туркин – асп.
Тулльский государственный университет

Abstract. The software for finite element simulation of superplastic forming is developed. The program uses a three-dimensional finite element and the various friction laws. The computer simulation of the superplastic forming of the sheet blanks was done.

Одним из важных этапов разработки технологических процессов сверхпластической формовки является расчет режимов деформирования, позволяющих изготавливать изделия требуемой геометрии. При этом необходимо, чтобы формоизменение заготовок происходило при скоростях деформации, соответствующих режиму сверхпластичности.

Для расчета технологических параметров и моделирования процессов сверхпластической формовки разработана специализированная программа, основанная на методе конечных элементов. В программе использован изопараметрический объемный конечный элемент. Для описания контактного взаимодействия заготовки с формообразующей матрицей использованы законы трения Амонтона-Кулона, Зибеля и А.Н. Леванова. Для описания механических свойств деформируемых материалов предусмотрены модели вязкой и вязкопластической среды.

В разработанном программном комплексе выполнено компьютерное моделирование процесса формообразования коробчатой детали из труднодеформируемого титанового сплава ВТЗ-1 (Рис. 1). Для заданной эквивалентной скорости деформации рассчитан режим нагружения заготовки давлением газовой среды. Исследовано изменение напряженно-деформированного состояния заготовки в выбранных точках. Также проанализировано формоизменение листовой заготовки при деформировании ее газовой средой.

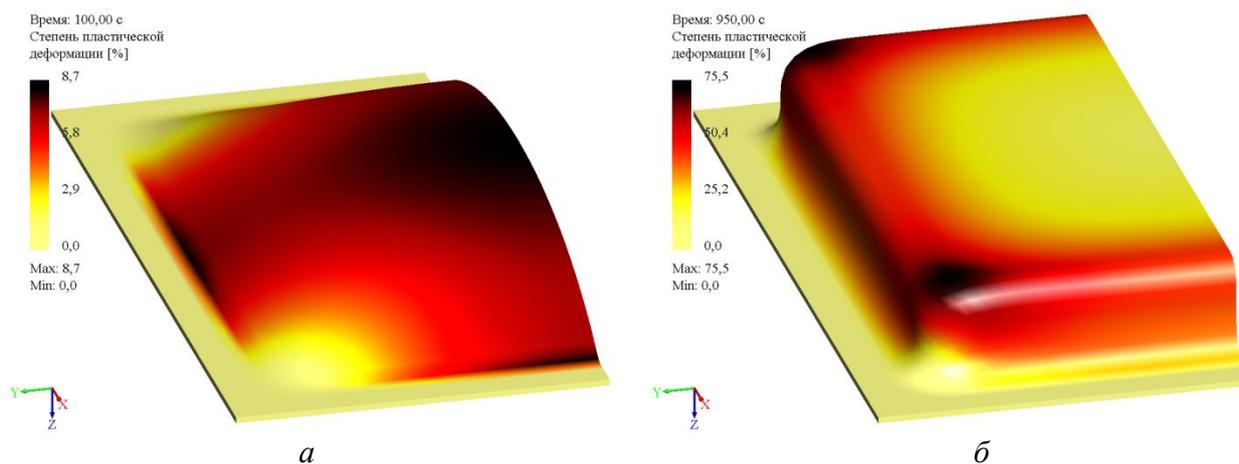


Рис.1. Формоизменение листовой заготовки
время формовки 100 с (а) и время формовки 950 с (б)

Таким образом, конечно-элементное моделирование позволяет определить технологические параметры сверхпластической формовки изделий из труднодеформируемых сплавов, оценить формоизменение заготовки в процессе деформирования и проанализировать ее напряженно-деформированное состояние.

ПРОГРАММА ДЛЯ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ ХОЛОДНОЙ ШТАМПОВКИ

THE PROGRAM FOR FEM MODELING OF THREE-DIMENSIONAL PROCESS OF COLD FORMING

Д.А. Алексеев – асп.

Тульский государственный университет

Abstract. The paper describes the developed program, based on the finite element method, for modeling three-dimensional process of cold pressing.

В настоящее время наиболее изученными являются процессы деформирования, в которых наблюдается плоское или осесимметричное течение деформируемых материалов. Недостаточная изученность задач трехмерного пластического формоизменения объясняется большими сложностями, возникающими при построении математической модели. В этих условиях особенно актуальным является решение задач пластического формообразования в трехмерной постановке. Решение этих задач может быть достигнуто путем использования современных достижений компьютерной техники, теории пластического течения материалов и метода конечных элементов.

На основе метода конечных элементов и теории течения жесткопластической среды разработан программный комплекс для моделирования процессов деформирования заготовки жестким инструментом, включающий модуль подготовки исходных данных, расчетное ядро и модуль визуализации результатов расчетов. Программа имеет простой и удобный в использовании современный графический интерфейс.

В программе использован пошаговый метод, который характеризуется тем, что разрешающие уравнения записываются не для конечных величин, а для их приращений в пределах каждого шага. Принято, что деформируемый материал является несжимаемым, изотропным, обладающий деформационным изотропным упрочнением. Процесс деформирования является квазистатическим, изотермическим и нестационарным.

В качестве конечного элемента использован трехмерный изопараметрический восьми узловой элемент. Хранение матрицы жесткости реализовано в компактном виде (профильный метод). Для решения системы алгебраических уравнений в программе имеются два метода: прямой и метод сопряженных градиентов. В качестве деформирующих инструментов используются твердотельные модели, созданные в САД-системах. При этом на количество импортируемых инструментов ограничений нет. Имеется возможность задания каждому инструменту поступательного перемещения относительно выбранной оси глобальной системы координат (X , Y либо Z) и параметров контактного трения.

Программа позволяет оценивать напряженно-деформированное состояние, ресурс пластичности заготовки и энергосиловые параметры на всем пути деформирования процесса пластического формоизменения. Вывод результатов расчетов реализован в виде соответствующих полей и графиков.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДАТЧИКА УГЛОВОЙ СКОРОСТИ КОЛЕСА АВТОМОБИЛЯ

IMPROVEMENT OF VEHICLE SPEED SENSOR

Е.В.Балакина – к.т.н., доц., **А.А.Сатонин** – асп.
Волгоградский государственный технический университет

Abstract. In this report the authors propose to improve the vehicle speed sensor using modern technology and wireless data transmission as well as microelectromechanical systems

В современных системах активной безопасности ABS, ESP и др. используются датчики угловых скоростей (ДУС), в частности ДУС колеса автомобиля. В этих датчиках скорость вращения автомобильного колеса преобразуется в электрические импульсы или в аналоговый сигнал, повышая или понижая выходные величины параметров электрической цепи пропорционально скорости вращения колеса автомобиля. В свою очередь, сигнал или импульс с ДУС по проводам низкого напряжения и далее по информационной шине CAN поступает в электронный блок управления (ЭБУ) автомобильным двигателем.

Сам датчик представляет собой совокупность двух основных элементов: роторного диска с циклически изменяющимися геометрическими или структурными параметрами, а также элемента, способного преобразовывать данные о параметрах ротора.

Однако, уровень развития современных технологий в приборостроении, микроэлектромеханики и беспроводных коммуникаций способствует конструкторской реализации некоторых способов измерения, которые ранее не могли быть конструктивно реализованы по ряду причин (сравнительно большие габаритные размеры, недостаточная точность, сложность и дороговизна изготовления и т.д.).

Развитие технологий производства микроэлектромеханических систем и устройств на их основе даёт возможность внести существенные изменения в конструкцию установки измерительных устройств автомобильных систем. Используя преимущества данных технологий, а именно, компактность размеров подобных датчиков, мы можем установить ДУС непосредственно на сам объект. В нашем случае это – автомобильное колесо или сопряжённые с ним вращающиеся детали. Очевидно, что в таком случае передача сигнала от датчика к ЭБУ при помощи проводного соединения затруднена. По этой причине нами предложено использование беспроводных технологий Wi-Fi и Bluetooth для решения поставленной проблемы. Это не только помогает осуществить связь между сенсором и контроллером, но и избавляет электросистему автомобиля от «лишней» проводки.

Главным же преимуществом такой конструкции ДУС является повышение точности измерений угловой скорости за счёт исключения влияния зазоров в цепи пар износа колеса и подвески на его сигнал. Следует также отметить повышение надёжности функционирования ДУС и, соответственно, всей цепи системы вследствие отсутствия проводов и элементов крепления.

В настоящее время мы занимаемся решением проблемы обработки связи, обеспечивающей исключение влияния ускорения или замедления автомобиля на сигнал датчика.

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ В ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИИ АВТОМОБИЛЯ

THE COMPUTER TECHNOLOGY AND EXPERT SYSTEM FOR AUTOMOBILE ELECTRIC EQUIPMENT

В.А.Баскаков – студ., **Ю.А.Феофанова** – студ., **Г.С.Сергушин** – студ.
Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ)

Abstract. The modern automobile is a complex system consisting of many electric and electronic parts. Onboard computer system controls all processes which occur during vehicle operation. This article is about perspectives of using up-to-date computer technologies in vehicles.

Система электрооборудования – сложный комплекс устройств, который служит для согласованной работы практически всех узлов и агрегатов современного автомобиля, отвечающий за безопасность водителя и пассажиров.

Поэтому, для того чтобы обеспечить надежное функционирование этой системы, необходимо использование компьютерных технологий. Прежде всего, они применяются для диагностики неисправностей систем электрооборудования автомобиля.

На современных автомобилях устанавливаются бортовые компьютеры. Которые в свою очередь позволяют вести бортовую диагностику и управление узлами автомобиля.

Бортовая диагностика автомобилей решает следующие задачи:

1. Определение и идентификация ошибок функционирования систем управления двигателя и самого двигателя, которые приводят к ухудшению параметров двигателя, а также к выходу из строя двигателя или компонентов системы управления.

2. Информирование водителя о наличии неисправности.

3. Сохранение информации об обнаруженной неисправности.

4. Активизацию аварийных режимов работы систем управления двигателем, и обеспечения приемлемых ходовых качеств автомобиля, предотвращая выход из строя других (исправных) компонентов системы.

Также бортовой компьютер позволяет управлять и контролировать системы комфорта автомобиля (например ЭСП, климат-контроль, обогрев стекол, освещение салона и др.).

В некоторых автомобилях бортовой компьютер в автоматическом и ручном режимах работы позволяет управлять системой питания, анти-пробуксовочной, контролем тяги двигателя, жесткостью подвески. Можно в режиме реального времени делать мощнее или, наоборот, уменьшать мощность автомобиля для понижения расхода топлива и реализации более плавного начала движения (для «пробок») у мощных двигателей.

Бортовой компьютер необходим водителю для полного понимания и контроля состояния его автомобиля. А также, с целью выявления неисправностей, возникающих в системах автомобиля, чтобы иметь возможность устранить их на ранней стадии и минимизировать ущерб, который они могут причинить.

В данный момент в МАДИ разработан прототип экспертной системы управления двигателем автомобиля на базе миварных технологий. Она позволяет программно воссоединить несколько электронных систем воедино. Этот подход позволяет с высокой скоростью обрабатывать данные и формировать управляющие воздействия на двигатель и другие системы. Благодаря миварной технологии, система легко масштабируется.

ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ АЛГОРИТМЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СВОЙСТВ МАГНИТОАКТИВНЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В БАМПЕРАХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

PHENOMENOLOGICAL MODELS AND THE PARALLEL ALGORITHMS USED FOR MODELLING OF PROPERTIES THE MAGNETORHEOLOGICAL ELASTOMERS, APPLIED IN BUMBERS OF VEHICLES

В.В.Богданов¹ – к.т.н., доц., **К.В. Нефедев**² – к.ф.-м.н., **В.Ю. Капитан**² – асп.

¹ Московский государственный технический университет «МАМИ»

² ДВФГУ (Дальневосточный федеральный государственный университет)

Abstract. Article tells about the most perspective approaches to research the behaviour of system magnetic micro- and nanoparticles in magnetorheological elastomers depending on external conditions with use of methods of numerical modeling. The developed author's software for supercomputer clusters on the basis of superscaled parallel algorithm of calculation the properties of MR-elastomers can essentially reduce the time expenses for researches.

Применение в бамперах транспортных средств новых смарт-структур, в частности, таких как магнитоактивные эластомеры (МАЭ), ставит перед разработчиками конструкций множество вопросов, например, какими магнитными и упругими свойствами должны обладать МАЭ, чтобы наилучшим образом соответствовать задачам обеспечения энергопоглощения и травмобезопасности на автомобильном транспорте? Можно ли еще на стадии проектирования конструкции и подбора таких функциональных смарт-материалов, зная нагрузки, действующие на транспортное средство (ТС) при столкновении (с препятствием или пешеходом), спрогнозировать поведение системы микро- и наночастиц в МАЭ, помещенных во внешнее управляющее магнитное поле? Как связаны искомые магнитоупругие свойства магнитоактивного материала с его структурой, с видом распределения частиц, по форме, размерам, магнитным моментам и состояниям (многодоменной, однодоменной, квазидоменной или псевдодоменной магнитной структурой частиц), критическим полям обращения намагниченности, возможным наличием двух и более фаз магнитных частиц, с распределением частиц по координатам в полимеризованной матрице, а также с вязкоупругими свойствами самой матрицы?

Один из наиболее перспективных подходов для ответа на поставленные вопросы – это комплексное экспериментальное и теоретическое исследование поведения системы магнитных микро- и наночастиц в зависимости от внешних условий с использованием методов численного моделирования. Разрабатываемое авторское программное обеспечение для суперкомпьютерных кластеров на основе сверхмасштабируемого параллельного алгоритма расчёта свойств МАЭ может существенно сократить временные затраты на исследования. Для этих целей в Дальневосточном Федеральном Университете используется суперкомпьютерный кластер «Sun» производительностью порядка 4 Тфлопс с 480 вычислительными ядрами. Феноменологическая модель строится на данных о морфологии реальных МАЭ, которые авторы получают в процессе экспериментов с конкретными МАЭ-образцами. Как показали результаты сравнительного анализа, поведение микро- и наночастиц, предсказанное моделями в достаточной степени точности соответствует модельному эксперименту с МАЭ-образцами на динамическое нагружение, имитирующее как столкновение ТС с пешеходом на небольшой скорости, так и ТС с неподвижным препятствием на скоростях, превышающих 60 км/час.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СПОСОБ РАСЧЕТА УСИЛИЯ ЗАЖИМА ЗАГОТОВОК НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ С ЧПУ

AUTOMATED METHOD OF CALCULATION OF WORKPIECE RETENTION FORCE ON CNC LATHES

И. В. Борщевский

Волгоградский государственный технический университет

Abstract. Developed an algorithm for workpiece retention force calculation and created software in Delphi. Software allows calculation of cutting force components and workpiece retention force. Author had received certificate for the software.

Существующие на сегодняшний день алгоритмы для автоматизированного выбора величины зажимного усилия заготовок в различных конструкциях зажимных приспособлений не обладают достаточной точностью. Причина этого в том, что в формулах расчета зажимного усилия любых зажимных приспособлений заложены значения составляющих силы резания. Классические методики расчета составляющих силы резания при обработке сталей твердосплавным инструментом допускают значительные ошибки (100% и более) когда расчет ведется для скоростей выше зоны наростообразования (получистовая и чистовая обработка). Это обстоятельство отрицательно сказывается на надежности выбора зажимного усилия. Данная проблема вызвана тем, что современные методики не в полной мере учитывают разброс физико-химических свойств материалов инструмента и заготовки. Частичным решением данной проблемы могло бы стать проведение предварительных испытаний по определению свойств обрабатываемого и инструментального материалов. Однако в условиях автоматизированного производства это не представляется возможным. Из этого следует, что применение традиционных методик недопустимо в разработке алгоритма для станков с ЧПУ.

Для решения этой проблемы был выбран метод использования величины термоЭДС пробного (тестового) прохода, как интегрального критерия оценки физико-механических свойств контактируемых материалов. Данный метод дает хорошую сходимость между величиной термоЭДС и свойствами контактируемых пар, он также прост в использовании, так как сигнал термоЭДС всегда сопутствует процессу резания и его можно использовать в алгоритме автоматизированного расчета усилий зажима.

На основе термоэлектрического метода пробного прохода были скорректированы математические зависимости определения составляющих силы резания. На основе этих скорректированных зависимостей был разработан алгоритм и написана программа для ЭВМ на языке Delphi. На программу получено авторское свидетельство №2010616141. Программа позволяет производить оперативный расчет составляющих силы резания и усилия зажима заготовок. Также она предоставляет возможность коррекции режимов резания для соответствия допустимым значениям силовых показателей. В программе реализована возможность добавления новых методов расчета зажимных устройств на станках с ЧПУ.

АППАРАТНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ИНФРАКРАСНЫХ ОБЪЕКТИВОВ

HARDWARE METHODOLOGICAL MEANS OF MEASURING THE CHARACTERISTICS OF INFRARED LENSES

Д.А.Гайсин – магистрант, **В.И.Курт** – д.т.н., проф.
Казанский государственный энергетический университет

Abstract. Knowledge of infrared lenses characteristics facilitates the definition of opto-electronic products characteristics significantly. In the given work the possibility of automation of system for measurement of characteristics of infrared objectives is considered.

В настоящее время сохраняются выявленные ранее тенденции дальнейшего усовершенствования оптической системы благодаря широкому использованию сменных элементов, асферических поверхностей, улучшению технологии нанесения просветляющих покрытий, улучшению оптических характеристик материалов для линз.

Введение в оптическую систему для оптоэлектронных приборов асферической оптики позволяет существенно улучшить ее абберационные характеристики, а использование линз с киноформными элементами (под киноформными элементами понимается сетка или полоски, нанесенные на поверхность линзы) способствует комплексному решению задачи аббераций и уменьшения толщины линз объектива. Современные оптические покрытия позволяют наряду с надежной защитой оптики в диапазоне сложных внешних условий работы существенно улучшить ее оптическое пропускание.

Оптические системы (объективы) являются составной частью оптоэлектронных систем предназначенных, для измерения характеристик объектов.

В качестве основных параметров объектива из всего состава параметров, характеризующих оптоэлектронную систему в целом, следует считать: поле зрения, спектральный рабочий диапазон, фокусное расстояние, диаметр кружка рассеяния.

Знание характеристик инфракрасных объективов существенно облегчает определение характеристик оптоэлектронных изделий.

Для измерения характеристик инфракрасных объективов используется установка инфракрасного облучения. Внедрение программного обеспечения для установки инфракрасного облучения, обеспечивает её автоматизацию.

В результате автоматизации системы, будет проверена работоспособность программного обеспечения. Это облегчает процедуру измерения, сокращает время проведения измерения, проявляется экономической эффективностью, процедуру проверки объективов при серийном производстве в единицу времени.

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ КОМПОНЕНТ ТРАНСПОРТНОГО СПРОСА ПО МАРШРУТАМ В МОДЕЛИ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ

ON THE DISTRIBUTION OF TRAVEL DEMAND COMPONENTS ON ROUTES IN THE TRANSPORT NETWORK MODEL

К.В.Гинзбургский – асп.

Институт машиноведения им.А.А.Благонравова РАН

Abstract. The algorithm of the distribution of travel demand components on routes in the network model is proposed. Travel demand of all transport units is taken into account in this algorithm. The aim of this distribution is efficient use of whole transport infrastructure.

На сегодняшний день можно выделить два основных метода, призванных уменьшить транспортные заторы в мегаполисах: введение платных участков и предоставление информации о фактической загрузке автотранспортной сети с помощью Интернет сервисов. На основании информации о стоимости проезда и загрузке на отдельных участках дорожной сети, каждому участнику движения предлагается выбрать подходящий ему маршрут движения. На простых примерах можно показать, что индивидуальный выбор маршрута может привести к неэффективному использованию дорожной сети в целом. Возможно, при централизованном распределении автотранспортных единиц по маршрутам следует ожидать более эффективного использования дорожной инфраструктуры.

В качестве исходных данных в такой задаче выступает транспортный спрос и заданная структура дорожной сети. Решение задачи – список маршрутов с соответствующими им допустимыми интенсивностями. В качестве дорожной инфраструктуры рассматривается модель транспортной сети, построенной на базе простейшего перекрестка [1]. Разработаны структуры для хранения информации о модели дорожной сети. Построены процедуры поиска множества удовлетворительных маршрутов для каждой упорядоченной пары Р-зон (для каждой пары пункт отправления – пункт назначения). Множество таких маршрутов будем называть смежными маршрутами. Рассматривается именно модель сети с простейшим перекрестком, так как в этой модели для упорядоченной пары Р-зон существует достаточно большое множество приемлемых (с точки зрения длины пути) смежных маршрутов. Соответственно, возможно ожидать наиболее наглядных результатов именно для этой модели сети. В работе предлагается алгоритм распределения маршрутных интенсивностей (компонент транспортного спроса) по смежным маршрутам, призванный обеспечить равномерность загрузки, а значит эффективность использования, дорожной сети при заданном транспортном спросе.

Литература

1. Улюков Н.М., Глухарев К.К. Моделирование динамики потоков автомобилей на простейшем перекрестке // Материалы конференции МИКМУС-2008. - М., 2008. – с.150

РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ПЛАНИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСОВ РАБОТ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ТРАНСФОРМИРУЮЩЕГОСЯ ПРОЦЕССА

IMPLEMENTATION OF AN ALGORITHM FOR JOB COMPLEXES PLANNING BASED ON A-TRANSFORMING PROCESS MODEL

А.И. Голенковский¹ – асп., А.М. Валуев^{1,2} – д.ф.-м. н., с.н.с., доц.

¹ Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН

² Московский физико-технический институт (государственный университет)

Abstract: This paper presents an implementation of an algorithm for job complex planning. The algorithm is based on the linear-transforming process model. Linear-transforming process means that work plan is represented as a set of steps which is considered as a dynamic linear problem. Main features of the algorithm implementation and some applications are presented.

Для задач планирования выполнения комплексов работ в большинстве случаев модели приводятся к форме задач сетевого планирования, не включающей условия распределения ресурсов между работами. Здесь рассматривается задача для набора n работ, связанных отношением предшествования и условиями распределения ресурсов-мощностей m типов, с критерием оптимальности – минимальным временем завершения. Динамика определяется следующими дифференциальными уравнениями, которые сводятся к разностным уравнениям:

$$\frac{dx_i(t)}{dt} = u_i(t), \text{ где } 0 < u_{\min i} \leq u_i \leq u_{\max i} \text{ если работа выполняется, иначе } u_i = 0;$$

и условиями распределения ресурсов $\sum_{i \in I_{R_j}} f_{ij} u_i \leq u_{R_j}, j = 1, \dots, m$

Как показано в [1], эффективным может быть решение такой задачи как задачи оптимизации линейно трансформируемого процесса. Изначально строится опорный план работ, причем приоритет получают работы, которые являются предшествующими для других. Затем полученный план рассматривается как задача динамического линейного программирования и производится его оптимизация – строится последовательность допустимых планов работ, на которой общее время выполнения комплекса работ уменьшается. Примеры построения опорных планов и поэтапного распределения ресурсов с помощью разработанной программы приводятся в докладе. Программа написана на платформе Java SE 1.6, среда разработки Eclipse IDE 3.6 Helios, интерфейс Swing \ Google Web Toolkit 2.3.1.

Для реализации алгоритма используются входные данные в формате Xml, что позволяет не только работать со стандартизированным форматом, но также рассматривать набор входных данных, как некое абстрактное множество работ [2], к которому можно делать запросы при помощи механизмов XPath [3] и XQuery [3]. Этим обеспечивается обратная совместимость при модификациях данных и их формата, а так же возможность работы с данными как с универсальным источником.

Литература

1. Валуев А.М. Планирование и управление динамическим распределением ресурсов при выполнении комплекса работ. // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2008. — №8. — 307–311 с.
2. Кормен Т., Лейзерсон Ч. Алгоритмы, построение и анализ – 2-е изд. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2010. 914 с.
3. Хорстманн К., Корнелл Г. Java 2. Том 2: Тонкости программирования – 5-е изд. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2008. 1037 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗАГОТОВКИ ПРИ ПЛОСКОМ ТОРЦОВОМ ШЛИФОВАНИИ

WORKPIECE TEMPERATURE MODELING AT A FLAT SURFACE GRINDING

В.Г.Гусев - д.т.н., проф., С.А.Назаренков – магистрант,
П.С.Швагирев - асп.

Владимирский государственный университет
им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых

Abstract. Temperature of a workpiece tooled by discrete surface grinding tool was modeled by means of CAE software COSMOSWork and the results are presented hereby. The results were confirmed experimentally proving thermal factor decrease by 40% that opens new possibilities in burning free grinding conditions expansion as well as whole process performance improvement.

Плоское торцовое шлифование характеризуется большими площадями контакта инструмента с заготовкой (площади достигают нескольких сотен квадратных сантиметров), что приводит к интенсивным тепловыведениям в зоне резания и появлению различного рода термических дефектов в поверхностном слое деталей. Для уменьшения дефектов поверхностного шлифованного слоя необходимо снижать температуру в зоне резания, что достигается периодическим и многократным прерыванием процесса резания в течение каждого оборота инструмента.

Степень снижения температуры в зоне резания при обработке заготовки зависит от применяемого инструмента, поэтому для моделирования температуры выбрали три конструкции шлифовальных кругов для плоского торцового шлифования: сплошной торцовый абразивный круг; сборный круг, оснащенный абразивными сегментами со сплошной режущей поверхностью; сборный круг, абразивные сегменты которого имеют дискретную режущую поверхность, реализованную в виде открытых продольных каналов.

Моделирование проводилось с помощью метода конечно-элементного анализа, реализованного в современном САЕ-комплексе COSMOSWorks.

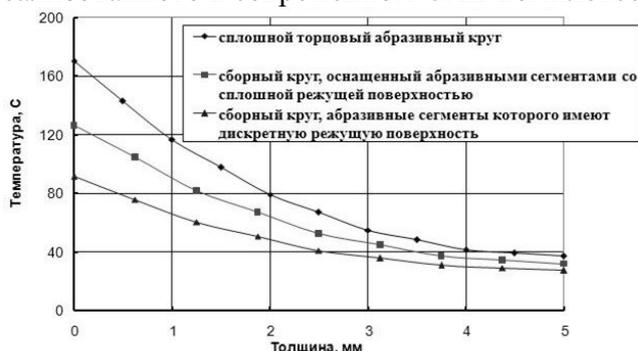


Рис. 1. Температура обрабатываемой поверхности заготовки при шлифовании различными кругами.

В ходе моделирования выяснилось, что при обработке заготовки дискретным кругом, сегменты которого имеют каналы, температура обрабатываемой поверхности заготовки составила 91,8 °C, что на 78,3 °C меньше, чем при шлифовании сплошным торцовым абразивным кругом и на 34,8 °C, чем при использовании торцового дискретного шлифовального инструмента со сплошными сегментами (рис.). Полученные в процессе моделирования данные подтверждены результатами экспериментальных исследований.

На основании результатов моделирования можно сделать вывод: дискретизация режущей поверхности шлифовального инструмента обеспечивает снижение температуры в зоне резания, что уменьшает вероятность появления прижогов поверхностного слоя, микротрещин, растягивающих остаточных напряжений и других дефектов, снижающих качество и эксплуатационную надежность деталей. Меньшая тепловая напряженность процесса шлифования дискретным кругом, оснащенным сегментами с каналами, позволяет назначать повышенные режимы обработки, что приведет к увеличению производительности технологической операции.

МОДЕЛИРОВАНИЕ УДАРНОЙ СИСТЕМЫ В СЛУЧАЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДВИЖЕНИЯ

IMPACT SYSTEM SIMULATION IN CASE OF PERIODIC MOTION

А.А.Дозоров – асп., В.К.Манжосов – д.т.н., проф.
Ульяновский государственный технический университет

Abstract. The motion of impact system taking into account a periodic exciting force and collisions due to restraints existence is considered.

Рассматривается ударная система (рис.1) при действии на ударник массой m кусочно-постоянной периодической силы $P(t)$ и силы упруго сжатой пружины жесткостью c .

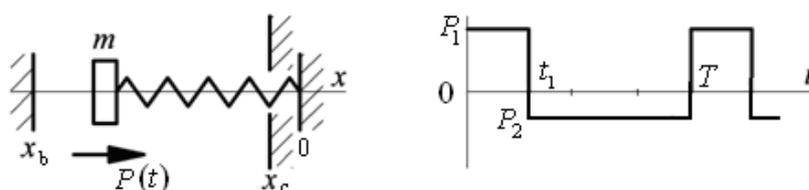


Рис.1. Расчетная схема ударной системы

Ударник совершает возвратно-поступательное движение вдоль оси x , нанося удары об ограничители, положение которых определяется координатами x_c и x_b . К правому ограничителю ударник перемещается под действием силы P_1 . После удара о правый ограничитель пружина и сила P_2 перемещают ударную массу к левому ограничителю.

Движение рассматриваемой системы описано следующими уравнениями:

$$\ddot{x} = A(t) - \omega^2 \cdot (l + x), \quad A(t) = \begin{cases} A_1 = P_1 / m, & i-1 T \leq t < i-1 T + t_1, \\ A_2 = P_2 / m, & i-1 T + t_1 \leq t < i \cdot T, \end{cases} \quad i = 1, 2, 3, \dots$$

Начальные условия имеют вид: $x|_{t=0} = x_0$, $\dot{x}|_{t=0} = \dot{x}_0$, а условия соударения следующие: $\dot{x}^+ = -k_1 \cdot \dot{x}^-$ при $x = x_c$ и $\dot{x}^- > 0$, $\dot{x}^+ = -k_2 \cdot \dot{x}^-$ при $x = x_b$ и $\dot{x}^- < 0$.

В формулах $\omega^2 = c/m$, l – длина пружины в свободном состоянии, x – координата ударника, T – период, i – номер периода, t_1 – длительность действия силы $P(t)$, \dot{x}^- – скорость ударника перед нанесением удара, \dot{x}^+ – скорость ударника после нанесения удара.

Моделирование движения ударной системы с учетом соударений об ограничители и разрывов силовой функции, в том числе при явлении дребезга позволило установить ряд особенностей возникающих колебаний. На рис.2 представлены характерные результаты для движения виброударной системы, когда ее параметры реализуют сложный ударный процесс.

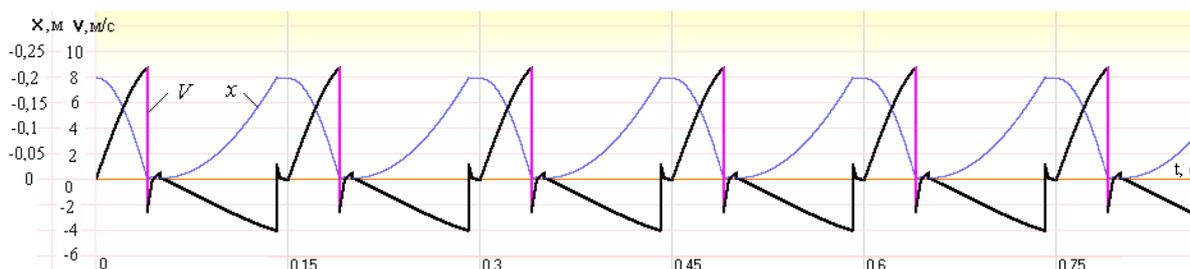


Рис.2. Диаграммы перемещения и скорости ударника

РАБОТА ЦИФРОВЫХ СОГЛАСОВАННЫХ ФИЛЬТРОВ, РЕАЛИЗУЮЩИХ НЕПРЯМОЙ АЛГОРИТМ ВЫЧИСЛЕНИЯ ФУНКЦИИ КОРРЕЛЯЦИИ

WORK OF DIGITAL COORDINATED FILTERS REALIZING INDIRECT ALGORITHM FOR EVALUATION OF CORRELATIVE FUNCTION

А.В.Елисеенков – соискатель, **Д.М.Малиничев** – доц., **Д.А.Резинин** – студ.
Московский технический университет связи и информатики

Abstract. Work of the digital programmed coordinated filters realizing modified modular algorithm and processing multiple-valued signals is considered. The offered work algorithm for coordinated filters in comparison with known multiply algorithms is more high-speed because it doesn't perform a multiplication operation.

Особенность модульного алгоритма вычисления функции корреляции состоит в том, что он становится равным нулю при полном совпадении входного и опорного сигналов. Недостатком данного алгоритма является существенная погрешность при вычислении корреляционной функции. Эта погрешность может быть уменьшена при вычислении разностно-модульного алгоритма. Другой метод вычисления функции корреляции – модифицированный модульный алгоритм также позволяет уменьшить погрешность вычисления.

Работа цифрового программируемого согласованного фильтра (ЦПСФ), реализующего модифицированный модульный алгоритм и обрабатывающего многозначные сигналы, происходит следующим образом. Входным устройством такого фильтра является квантователь, который квантует сигнал на несколько градаций. Квантованные значения сигнала подаются на многозначную сдвиговую дискретную линию задержки – сдвигающий регистр, каждый элемент которого задерживает сигнал на величину τ . В постоянном запоминающем устройстве (ПЗУ) хранятся значения опорных сигналов, которые подаются в многозначную опорную дискретную линию задержки – опорный регистр. В первом вычитающем устройстве производится поразрядное вычитание соответствующих отсчетов входного и опорного сигналов. Затем вычисляется модуль этой разности, который подается на один из входов второго вычитающего устройства. На другой его вход поступает постоянное значение напряжения из ПЗУ. Полученный при этом результат поступает в сумматор, на выходе которого формируется модифицированная модульная функция корреляции.

При вычислении функции корреляции двоичных сигналов с алфавитом $(0,1)$ может быть использована операция инверсии суммы по $\text{mod}2$, а для сигналов с алфавитом $(-1,1)$ используется операция умножения с последующим накоплением. В первом случае при совпадении значений обрабатываемых сигналов получается 1, а при несовпадении 0. Во втором случае при совпадении значений также получается 1, а при несовпадении минус 1.

Особенностью модифицированного модульного алгоритма является то, что его просто реализовать на цифровых элементах. Основанием для этого служит то, что для обработки двоичных сигналов требуется произвести только две операции вычитания и не выполнять операцию умножения.

Предлагаемый алгоритм работы ЦПСФ по сравнению с известным мультипликативным алгоритмом является более быстродействующим, так как в них не выполняется операция умножения.

ТРЕХМЕРНЫЕ КАНОНЫ ПРОПОРЦИОНАЛЬНОСТИ В ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНИКЕ СОВРЕМЕННОГО КИТАЯ

THREE-DIMENSIONAL PROPORTIONALITY CANONS IN THE INFORMATION TECHNICS OF MODERN CHINA

Ю.А. Игнатъев – к.ф.-м.н., доц., Е.Н. Давыдова, П.А. Романова - студ.ки
Интеграция XXI век, Москва

Abstract. The results of Wurf- and Pentawurf-Analysis of about 350 objects of modern information technics, made in China, allow to formulate important conclusions, which can be used by the Russian information products industry.

В докладе приводятся результаты вурфового и пентавурфового анализа примерно 350 объектов информационной техники, произведенных промышленностью КНР, а также делаются некоторые выводы, представляющие важное значение для отечественных производителей информационной техники.

1. Обзор китайской информационной техники. Отбор образцов информационной техники Китая для целей вурфового и пентавурфового анализа проводился по материалам профессиональных изданий, посвященных достижениям китайской технической мысли в области цифровых технологий, и сети «Интернет». Критерием отбора служила актуальность данного вида техники частота ее упоминания в указанных изданиях.

Символом высокоточной современной информационной техники КНР сегодня является, по-видимому, iPhone4GS, который широко представлен на рынках России, Европы, США и других стран мира:



2. Полученные результаты. Проведенный нами вурфовый и пентавурфовый анализ размеров (длины, ширины и высоты) около 350 объектов, принадлежащих к информационной технике современного Китая позволяет сделать некоторые важные выводы, которые могут быть использованы отечественными производителями, занятыми разработкой аналогичной техники:

- 1) серьезные технические изменения продуктов информационной техники (например, замена процессора, установка жесткого диска и пр.), как правило, приводят к изменению их соответствующих значений вурфа и пентавурфа; эти изменения, как представляется наиболее вероятным, не являются результатом биометрии или фантазии дизайнера, а вынужденной мерой, обеспечивающей создание достаточного внутреннего объема для нужд устройства в соответствии с его рабочими чертежами;
- 2) как и в случае архитектурных сооружений, возможности вурфового анализа для изучения дизайнерских геометрических канонов информационной техники КНР являются более широкими, чем возможности пентавурфового анализа.

Литература

1. Игнатъев Ю.А. Основы вурфового анализа в теоретической архитектуре. – Москва: РУДН, 2010.
2. Игнатъев Ю.А. Основы пентавурфового анализа в теоретической архитектуре. – Москва: РУДН, 2010.

СИСТЕМА УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ КООРДИНАТ ПОЛОЖЕНИЯ АКУСТИЧЕСКИ АКТИВНОГО ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ КОНТРОЛЛЕРА STM32 *ULTRASONIC MEASURING SYSTEM OF POSITION OF ACOUSTICALLY ACTIVE OBJECT ON THE BASIS OF CONTROLLER STM32*

Д.А.Канцдалов – магистрант, В.И.Капля – к.т.н.
Волжский политехнический институт (филиал) ВолгГТУ

Abstract. The article reports on ultrasonic measuring system of position and orientation of objects in a working zone. Much attention is given to electrical circuit of measuring system, which is based on microcontroller STM32L.

В настоящее время ультразвуковые (УЗ) технологии находят широкое применение в различных областях науки и техники. Практическое применение УЗ систем измерения координат положения акустически активного объекта заключается в разработке и диагностики УЗ координатных манипуляторов. Цель работы заключается в оценке методов локальной навигации на основе системы УЗ измерений, состоящей из следующих элементов: 1) ЭВМ, оснащенная ПО обработки результатов измерений; 2) микроконтроллер STM32L, соединенный через интерфейс USB с ЭВМ; 3) совокупность УЗ передатчиков (МА40S4S); 4) УЗ приёмник (МА40S4R), соединённый через схему усиления с микроконтроллером (STM32L).

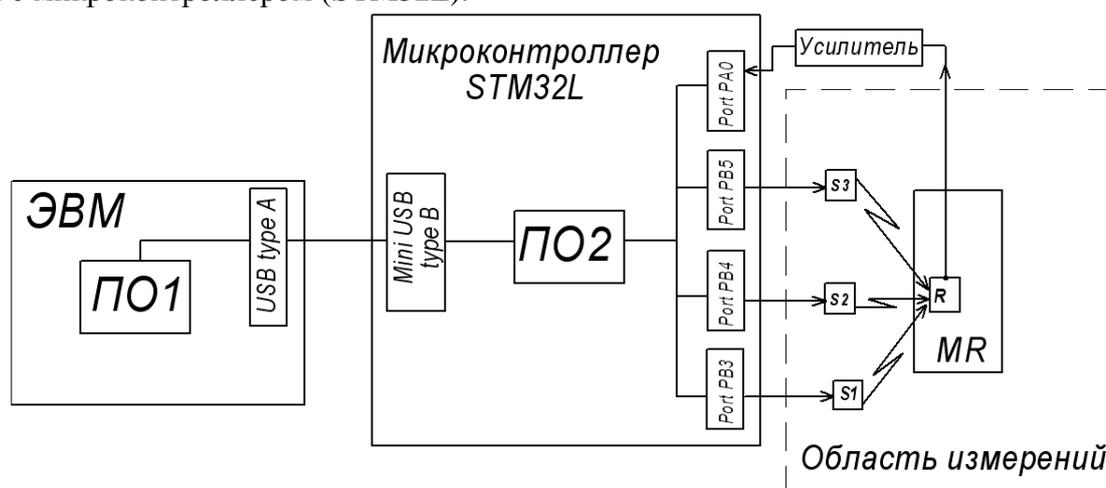


Рис.1. Структурная схема измерительной системы

На рисунке 1 представлены структурные элементы разработанной установки: ПО1 – алгоритм обработки измерительной информации на ЭВМ; ПО2 – алгоритм связи контроллера и ЭВМ по интерфейсу USB; S1, S2, S3 – УЗ передатчики; R – УЗ приёмник; MR – подвижный объект. ЭВМ является средством для управления контроллером, акустически активным объектом измерений и визуализации результатов измерений. Координаты положения вычисляются путём обработки результатов измерений (3 УЗ передатчика) в контроллере. В качестве микроконтроллера для данной установки был выбран STM32L по ряду причин: во-первых, в связи с высокой тактовой частотой (72 МГц) и АЦП (1 МГц) одну операцию измерения можем сопроводить 72-мя операциями обработки, что позволяет отследить УЗ колебание с большей точностью и идентифицировать частотные характеристики УЗ канала; во-вторых, для данной установки соответствует высокая добротность резонатора (50-200); в-третьих, система УЗ измерений на основе STM32L позволяет сформировать короткий УЗ импульс со стабильным передним фронтом. Макет измерительной системы позволил в реальном времени провести оценку точности проводимых измерений, которая составляет 1-5 мм.

ЧИСЛЕННО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ КРИВОЛИНЕЙНОГО ТРУБОПРОВОДА С НЕСТАЦИОНАРНЫМ ПОТОКОМ СЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ

NUMERICAL-ANALYTICAL INVESTIGATION OF CURVILINEAR PIPELINE DYNAMICS WITH A NONSTEADY FLOW OF COMPRESSIBLE FLUID

Д.В. Капитанов – асс., А.А. Горбунова – асп.

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

Abstract. Vibrations of curvilinear pipeline under a hydraulic shock in the flow of the transported liquid are investigated.

В работе представлена методика вывода и результаты исследования математической модели изгибно-продольной деформации содержащего поток жидкости трубопровода, который состоит из трёх расположенных в вертикальной плоскости прямолинейных участков. Вектор перемещения оболочки трубопровода, рассматриваемого как изогнутый стержень с жёстко закреплёнными концами, представляется в виде $\bar{U}(x, t) = \bar{X}(x)T(t)$. Являющиеся формами статической деформации моды колебаний $\bar{X}(x)$ находятся аналитически с учётом согласования граничных геометрических и физических условий в узлах соединения участков. Для компонент вектора $\bar{X}(x)$ имеем формы продольных и изгибных колебаний для каждого участка.

Уравнения движения данной системы записываются в форме уравнений Лагранжа второго рода. В выражениях для кинетической и потенциальной энергии учитываются динамические деформации участков при изгибном и продольном перемещении. Обобщённые непотенциальные силы учитывают трение и гидродинамическое воздействие со стороны потока текущей жидкости. Это воздействие определяется давлением жидкости на рассматриваемых как точки участках поворота потока. Гидродинамические силы находятся на основании аналитического или численного решения системы описывающих гидравлический удар уравнений одномерного нестационарного течения сжимаемой жидкости.

Причиной возникающих под действием потока вынужденных колебаний трубопровода служит волновой процесс, вызываемый закрытием клапана на выходе трубопровода. Численно-аналитическое исследование показывает, что в зависимости от параметров, определяющих процесс деформации трубопровода и волнового процесса в потоке жидкости, возникают колебания трубопровода, имеющие характер биения или резонанса. Эти колебания и возникающие напряжения могут быть значительными и служить причиной разрушения. Сделан вывод об опасности таких процессов и необходимости их анализа при проектировании и эксплуатации гидросистем.

Расчёты, проведённые с использованием универсального аттестованного программного комплекса расчета трубопроводов на статическую прочность, вибропрочность и сейсмические воздействия (RANT), показали хорошее качественное и количественное совпадение с результатами, полученными с использованием рассматриваемого выше относительно простого частного случая, допускающего применение аналитических методов и позволяющего получить наглядное представление о протекающих процессах и качественной зависимости этих процессов от параметров, начальных условий и возмущений. Кроме того, появляется возможность проверки, а при необходимости и коррекции сложных математических моделей и их программной реализации.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СХОДИМОСТИ ПО СЕТКЕ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ЗАДАЧАМ АЭРОДИНАМИКИ

AUTOMATIC STUDY OF MESH CONVERGENCE APPLIED TO AERODYNAMIC PROBLEMS

П.И. Карасев^{1,2}, А.А. Андрескайте¹, А.С. Шишаева¹, А.А. Аксенов¹
¹ООО «ТЕСИС»

² Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет)

Abstract. Study of mesh convergence is an important step in CFD calculations. The authors make an attempt to make this process automatic and thus reduce effort required to this process.

В настоящее время численное моделирование играет большую роль при решении научных и прикладных задач. Оно дает большую свободу в проводимых исследованиях, позволяет исключить влияние внешних факторов, сопутствующих натурным исследованиям, ускорить исследования, снизить их трудоемкость и стоимость. Однако, для того, чтобы провести корректное исследование с помощью численного моделирования, необходимо подготовить проект. Важным этапом при подготовке проекта является исследование сходимости по сетке. Проект считается сошедшимся по сетке, когда результат моделирования не изменяется при дальнейшем измельчении сетки. На сегодняшний день в большинстве программных комплексов, используемых для численного моделирования, есть возможность задавать неравномерные сетки с заданным измельчением в заданных областях. Однако исследование сходимости по сетке необходимо проводить вручную.

В данной работе представлен метод автоматического исследования сходимости по сетке в программном комплексе FlowVision-НПС. Во FlowVision-НПС используется ортогональная локально адаптивная сетка с подсеточным разрешением геометрии, есть возможность задавать зоны измельчения сетки до заданного уровня в указанных областях, а также автоматически определять зоны максимальных градиентов переменных и проводить в них измельчение сетки до указанного уровня.

В основу представленного метода положено автоматическое последовательное измельчение сетки в областях высоких градиентов. Измельчение проводится последовательно сначала около поверхностей стенок в районах пограничных слоев, а затем, в областях высоких градиентов давления. Измельчение идет до тех пор, пока характерные значения, получаемые при моделировании, при последующем измельчении изменяются больше, чем на один процент.

Представленный метод применен для исследования сходимости по сетке для задач аэродинамики.

Автоматизация процесса исследования сходимости по сетке существенно сокращает трудозатраты необходимые для решения прикладных задач и снижает требования к работнику. Данный модуль является эффективным инструментом упрощения проведения расчетов и может применяться для широкого класса задач аэродинамики.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА СУШКИ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ

DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL AND THE CONTROL SYSTEM OF THE DRYING PROCESS

Д.С. Карпович – к.т.н.

Белорусский государственный технологический университет, Республика Беларусь

Abstract. This article describes a mathematical model of drying hard gelatin capsules with optimizing the process.

В ходе работы над созданием эффективной системы управления процессом сушки твердых желатиновых капсул (ТЖК) на автоматической линии «TWO DECK TES» (США) была получена математическая модель процесса по основным каналам управления и возмущения. При этом уравнения динамики звеньев этих схем определяют, исходя из уравнений теплового и материального балансов и ряда эмпирических соотношений. Из уравнений можно получить выражения для передаточных функций по каналам «изменение подачи тепла — изменение температуры воздуха», «изменение подачи тепла — изменение относительной влажности воздуха», «изменение подачи тепла — изменение влагосодержания материала». Передаточная функция по первому каналу имеет вид:

$$W_i(p) = \frac{\Delta t_r(z)}{\Delta Q_k(p)} = \frac{k_1}{1 + pT_1} \cdot \frac{1 + W_1(p)}{1 + W_1(p) + W_2(p)},$$
$$W_1(p) = \frac{k_1 p}{(1 + pT_1)(1 + pT_c)}, W_2(p) = \frac{k_2 p}{(1 + pT_c)(1 + pT_d)},$$

где T_1 , T_c , T_d – постоянные времени, характеризующие инерционность сушилки как теплового объекта, инерционность самого процесса сушки, инерционность процесса смешения воздуха в сушилке соответственно; k_1 , k_2 – коэффициенты усиления, учитывающие связь между изменением количества тепла, поступающего в сушилку и изменением температуры воздуха, а также отклонением интенсивности выделения влаги из материала и изменением влагосодержания воздуха соответственно.

Для найденной модели были рассчитаны различные алгоритмы управления: на основе классических ПИД-законов регулирования, с использованием fuzzy-регуляторов, и оптимальных по быстродействию систем управления. Результаты имитационного моделирования систем, позволяющих сделать выводы об эффективности систем, представлены на рис. 1.

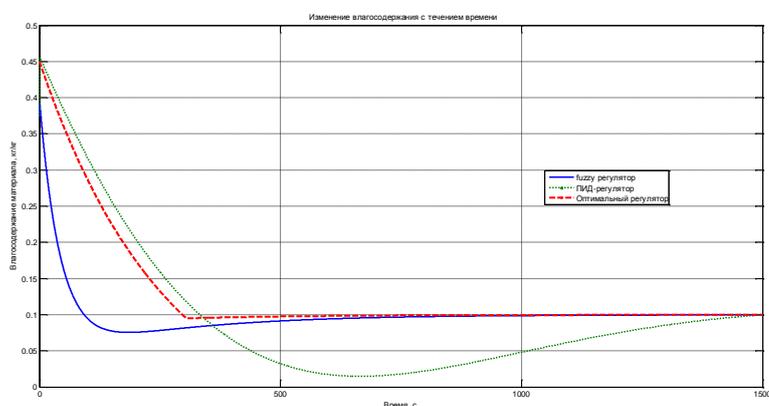


Рис. 1. Графики переходных процессов для различных систем управления сушкой

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО
ФРЕЗЕРОВАНИЯ ПОДАТЛИВЫХ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ
С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ ИХ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК**
*THE 3D MILLING DYNAMIC MODELING OF FLEXIBLE DETAILS WITH
COMPLEX SURFACE GEOMETRY CONSIDERING VARIATION
OF THE DYNAMIC CHARACTERISTICS*

И.А.Киселев – асп.

МГТУ им. Н.Э.Баумана, каф. «Прикладная механика»

Abstract. Paper is devoted to the numerical modeling algorithm elaboration for spatial milling process dynamics analysis. Simulation of cutting forces is performed by means of geometry modeling algorithm considering complex shape of the detail surface and milling tool. Dynamics of the detail is modeled by means of FEM (model is reconstructed while the material removal). The obtained results make it possible to conclude about the milling process quality, to predict cutting forces and surface finish shape, to calculate the efficient processing conditions at which the amplitude of the generated vibrations does not exceed the admissible level.

В настоящее время при производстве деталей машин со сложной геометрической формой и высокими требованиями по точности и качеству обработанной поверхности широко используются 5-ти координатные обрабатывающие центры. Применение такого оборудования дает возможность получить сложный профиль поверхности детали за один установ, повысить производительность обработки, расширить номенклатуру выпускаемых изделий. Одним из недостатков подхода является высокая сложность программного обеспечения для расчета маршрута обработки. Дополнительные сложности возникают в процессе обработки фрезерованием податливых сложнопрофильных деталей, таких как лопатки колес турбин. Отличительной особенностью фрезерования является прерывистый процесс резания, в этом случае в системе фреза-деталь неизбежно возбуждаются вибрации различных типов: вынужденные колебания из-за периодического характера изменения сил резания и регенеративные колебания. Второй тип вибраций является наиболее опасным с точки зрения ухудшения качества обработанной детали. Исключить появление регенеративных вибраций в процессе обработки позволяет рациональный выбор режимов обработки на основе численного моделирования динамики процесса фрезерования.

Данная работа посвящена разработке концепции моделирования динамики пространственного фрезерования при обработке сложнопрофильных податливых деталей. Движение модели фрезы под действием усилий резания в процессе обработки описывается системой ОДУ 2-ого порядка, а движение обрабатываемой детали – при помощи метода конечных элементов. Усилия резания вычисляются на основании моделей сил резания при помощи алгоритма геометрического моделирования, учитывающего механизм запаздывания. Конечноэлементная модель обрабатываемой детали перестраивается по мере снятия материала - таким образом, учитывается изменение динамических характеристик детали в процессе обработки. Разработан алгоритм, который позволяет вычислять усилия резания, погрешности обработанной поверхности, амплитуды вибраций при обработке деталей со сложным профилем поверхности. Полученные результаты могут быть использованы для выбора рациональных режимов обработки.

Работа выполнена при поддержке проекта
«Разработка и производство отечественных
насосных агрегатов нового класса
для транспорта нефти (импортозамещающие технологии)»
при финансовой поддержке Министерства
образования и науки РФ
(Постановление правительства РФ №218).

ПОСТРОЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ СБОРА И ХРАНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ СРЕДСТВ ЭЛЕКТРОАВТОМАТИКИ

DEVELOPMENT OF DISTRIBUTED COMPUTER SYSTEMS TO DATA ACQUISITION AND SAFEKEEPING OF TECHNOLOGICAL DATA BY FACILITIES OF ELECTRICS

Н.В. Козак – к.т.н., доц., с.н.с., **А.В. Афанасьев** – бакалавр
ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН»

Abstract. At present article considered basic features of using automation equipment to remote acquisition, transmitting and safekeeping of technological data. There were used blighty produced equipment. Also there were identified advantages of using wireless technologies for transmitting data at production.

Целью данной работы¹ ставилось исследование принципов работы устройств удаленного сбора, передачи и хранения технологических данных, а также моделирование возможных случаев их интеграции в состав систем управления.

Дистанционный сбор данных с приборов автоматизации дает разработчикам систем АСУТП такие преимущества, как удобство и скорость получения информации с объектов управления.

Применение распределенных систем управления и сбора данных позволяет:

- Сократить затраты на кабельные коммуникации, идущие к датчикам;
- Приблизить мощность современных вычислительных средств к объекту управления;
- Использовать принцип модульности, делая отдельные элементы и узлы системы относительно независимыми и автономными;
- Вводить в строй не всю систему сразу, а поэтапно;
- Быстро интегрировать вновь создаваемые системы в общую информационную сеть предприятия.

Наиболее востребованным и доступным является сбор данных с помощью GSM, основным плюсом которого является построение связи на базе уже существующих сотовых сетей, покрывающих большую территорию.

В ходе работы были определены преимущества, как каждого используемого прибора автоматизации, так и организованной с их помощью информационной вычислительной системы. Основные функции системы это:

- Удаленное получение данных с приборов учета, в режиме онлайн;
- Оперативная запись, хранение и анализ полученной информации различными режимами;
- Возможность записи заархивированных данных на внешних носителях;
- Своевременное оповещение о выходе из строя технологического оборудования.

Разработана модель системы удаленного сбора данных с учетом интеграции данного оборудования в состав открытой архитектуры отечественной системы ЧПУ.

¹ Работа выполнена по договору № 02.120.11.2733-МК гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК-2733.2010.8

ОСОБЕННОСТИ ПРЕДОБРАБОТКИ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОПРИВОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

PRE-PROCESSING PARAMETERS FOR THE DIAGNOSIS OF TECHNICAL CONDITION OF THE HYDRAULIC DRIVE USING NEURAL NETWORKS

Е.А. Лагерева – асп.

Брянский государственный технический университет

Abstract. Artificial Neural Networks processes numeric data type only. It's necessary to encode input datasets of neural network, considering that they often has non-numeric data type. In this work author solve the problems concerned with learning datasets encoding, because time and quality of learning neural networks depends on it.

При использовании нейросетевого метода для диагностики технического состояния гидропривода, первое что необходимо реализовать - это подготовить данные, поскольку нейронная сеть может обрабатывать только числовые данные. Зачастую исходные данные, подаваемые на нейронную сеть, бывают различных нечисловых типов, поэтому возникает необходимость их кодирования. При описании различных нейроархитектур, предполагают что данные для обучения представлены в нужном виде. Однако, этап предобработки может стать наиболее трудоемким элементом нейросетевого анализа. Качество и скорость обучения нейронной сети также во многом зависит от того, в каком виде представлена информация для ее обучения.

На вход нейронной сети подается несколько входных сигналов, каждый из которых обрабатывается своим предобработчиком, в связи с этим возникает необходимость реализации составного предобработчика, представляющего совокупность независимых частных предобработчиков с использованием сигмоидальной функции. Каждый частный предобработчик обрабатывает одно или несколько тесно связанных входных данных. Цель этой обработки - сделать так, чтобы каждая компонента вектора данных лежала в отрезке $[-1; 1]$ или, по крайней мере, не слишком далеко выходила за его пределы, и её характерный разброс тоже был бы единичным, а результаты нейросетевого моделирования не должны зависеть от единиц измерения этих величин. Общий принцип предобработки данных состоит в максимизации энтропии входов нейронной сети.

При выполнении диагностики технического состояния гидропривода учитывается ряд показателей работы системы, включающие не только числовые данные, но также качественные и бинарные признаки. Поэтому составной предобработчик должен включать предобработчики четырех типов: предобработчик числовых входных данных, предобработчик неупорядоченных качественных признаков, предобработчик упорядоченных качественных признаков, предобработчик бинарных признаков.

Помимо непосредственного кодирования входных данных предобработчик должен сокращать избыточность данных, поскольку заранее неизвестно насколько полезны те или иные входные переменные для предсказания значений выходов. Поскольку избыточность данных может увеличивает сложность обучения. Сжатие данных, уменьшение степени их избыточности, использующие существующие в них закономерности, существенно облегчает последующую работу нейронной сети, выделяя действительно независимые признаки.

Использование комбинированного предобработчика, приводящего входные данные к единому масштабу, позволяет повысить скорость и качество обучения и работы нейронной сети при решении задач диагностики.

**ФОРМАЛИЗАЦИЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА
СХЕМ БАЗИРОВАНИЯ ЗАГОТОВКИ**
*FORMALIZATION OF QUALITY ASSESSMENT LOCATING
CHARTS OF WORKPIECE*

Ю.А. Леонов - ст. преподаватель
Брянский государственный технический университет

Abstract. Consider automatic selection locating charts of workpiece for purpose of synthesis individual technological processes. Presents the selection criteria that determine the quality of locating charts.

Одной из подзадач проектирования технологического процесса (ТП) обработки заготовки является выбор схем базирования. В доступных информационных источниках описываются правила выбора схем основанных на типизации деталей и производственного опыта технологов. В результате анализа существующих методов выбора рациональных схем базирования были выявлены следующие недостатки: отсутствует четкая формализация методов и алгоритмов для автоматизированного решения данной задачи; учитывается недостаточное количество факторов, влияющих на выбор схем; существующие методы не дают количественных оценок качества схем базирования, таким образом, их невозможно использовать при синтезе единичных ТП; невозможно учитывать производственные условия предприятия.

Для автоматизированного проектирования единичных ТП необходима формализация процесса выбора схем базирования. Причем для текущего состояния качества заготовки (заготовка перед операцией) нужно предложить не одну схему, а несколько с выявленными оценками качества, это позволит в дальнейшем определить различные варианты (маршруты) обработки заготовки и выбрать из них лучший.

Предлагается методика выбора, в которой были определены следующие критерии, влияющие на качество схем: погрешность схемы базирования; относительные затраты на реализацию схемы установки; относительное вспомогательное время; площадь главной базы; устойчивость заготовки при базировании по главной базе; доступность обрабатываемых поверхностей; доступность использования базовых поверхностей; компактность расположения базовых поверхностей.

Исходными данными для алгоритма автоматизированного выбора являются схемы базирования, которые получены комбинированием различных сочетаний поверхностей (баз). Схемы подбираются для указанных обрабатываемых поверхностей, причем они должны удовлетворять требуемому базированию (указываются виды лишаемых степеней свободы заготовки). После того, как схемы сгенерированы, необходимо оценить их качество. Для имеющихся схем (альтернатив) подсчитываются оценки качества по каждому из приведенных критериев. В начале работы автоматизированной системы производится ее настройка. Эксперт-технолог устанавливает степень превосходства для каждого критерия.

Далее производится свертка полученных оценок с помощью одного из математических методов. В ходе проведенного анализа методов принятия решений был выбран метод анализа иерархий, так как он является простым и наглядным, а также полностью подходит для решения данной задачи.

В ходе проведенной научной работы была разработана автоматизированная система, в которой генерируются возможные схемы базирования и для каждой из схем подсчитывается оценка качества. Данная автоматизированная система может использоваться технологом для поиска схем базирования, а также входить в состав программного комплекса решающего задачу проектирования ТП.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ПРОФИЛЯ КВАДРАТНОГО СЕЧЕНИЯ
МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**
*MODELING OF PROCESS OF MANUFACTURING OF A PROFILE OF
SQUARE SECTION BY A METHOD OF FINAL ELEMENTS*

И.О. Лисин, А.А. Лисина

Ульяновский государственный технический университет

Abstract. In last time research of contact interaction is the most rational with use programs of mathematical modeling analysis. In this article described the case using the LS-DYNA program and received model results are compared with nature experiment.

Применяемые в настоящее время методы изготовления гнутых профилей устарели и не отвечают требованиям, предъявляемым к технологии и оборудованию, а именно компактность, мобильность, быстропереоснащаемость такого оборудования и малый срок окупаемости данной технологии и оборудования. Поэтому разработка новых технологий, которые отвечали бы этим требованиям, являются актуальной задачей в настоящее время. Переход от старой технологии к новой требует немалых финансовых вложений, большой теоретической и экспериментальной базы, где можно было набирать и анализировать накопленный материал и опыт. Все это может затягиваться на многие годы. Выходом из этой ситуации может служить применение компьютерных программ, основанных на методе конечных элементов, которые способны с высокой точностью воспроизводить реальный технологический процесс. Для процессов обработки металлов давлением наиболее адекватным является моделирование процесса в LS-DYNA. Данная программа позволяет смоделировать практически любой процесс в обработке металлов давлением (ОМД).

LS-DYNA - многоцелевая программа, использующая явную постановку метода конечных элементов - предназначена для анализа нелинейного динамического отклика трехмерных неупругих структур. Полностью автоматизированный процесс решения контактных задач, а также множество функций по проверке получаемого решения позволяют инженерам во всем мире успешно решать сложнейшие задачи удара, разрушения и формования.

Существуют различные методы изготовления деталей в виде тонкостенных профилей. К одному из таких методов можно отнести изготовление обжатием или редуцированием трубной заготовки. Данный метод позволяет изготавливать профили различного поперечного сечения замкнутого вида и имеет ряд преимуществ перед традиционными методами изготовления из плоской заготовки.

В программе LS-DYNA моделировался процесс обжатия трубной заготовки в роликовых калибрах. Инструмент был рассчитан на изготовление из круглой трубной заготовки профиля квадратного сечения. Использование программы позволяет еще на стадии разработки роликовой оснастки показать какой бы был профиль при реальном изготовлении данной оснастки, показать дефекты, в случае их возникновения, а также напряженно - деформированное состояние в любом месте профиля, в любой момент времени. Используемая программа позволяет также оценить контактное взаимодействие, например, значение нормальных и касательных напряжений в зоне контакта, что актуально при изготовлении профилей из заготовки с предварительно нанесенным покрытием.

Данное моделирование показало, что:

1. Разные материалы деформируются по-разному;
2. Требуются разные усилия деформирования;
3. Форма конечного профиля для разных материалов разная.

АНАЛИЗ ИЗГИБА ВЯЗКОПЛАСТИЧЕСКОГО ЛИСТА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ МОДЕЛИ МАТЕРИАЛА С НАПРЯЖЕНИЕМ НАСЫЩЕНИЯ

ANALYSIS OF BENDING OF VISCOPLASTIC SHEET WITH THE USE OF A MATERIAL MODEL WITH A SATURATION STRESS

Е.А. Лямина¹ – с.н.с., Zhang Hu² – Master student

¹ Учреждение Российской академии наук

Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН

² Beihang University

Abstract. A viscoplastic model with a saturation stress is adopted to describe the process of bending under plane strain conditions. It is hypothesized that such a model is adequate for hard-to-deform materials at elevated temperature. Experiment has been completed to verify the theoretical solution.

При моделировании процессов обработки давлением при высоких температурах обычно применяются вязкопластические модели. Решения по таким моделям качественно отличаются от соответствующих идеально жесткопластических решений. Для класса труднодеформируемых материалов при повышенных температурах представляют интерес модели, которые обладают свойствами обеих классических вязкопластических и идеально жесткопластических моделей. Такие модели получаются, если ввести в вязкопластическую модель напряжение насыщения [1]. В настоящей работе для такой модели строится полу-аналитическое решение для изгиба широкого листа. Основой предлагаемого решения является уравнения связи эйлеровых (x и y) и лагранжевых (ξ и η) координат в форме

$$\frac{x}{H} = \sqrt{\frac{\xi}{a} + \frac{s}{a^2}} \cos 2a\eta - \frac{\sqrt{s}}{a}, \quad \frac{y}{H} = \sqrt{\frac{\xi}{a} + \frac{s}{a^2}} \sin 2a\eta$$

Здесь a – параметр, зависящий от времени, s – неизвестная функция a и H – начальная толщина полосы. Предложено обобщение полученного решения на процесс одновременного изгиба и растяжения. Выполнены эксперименты на алюминиевом сплаве при температурах 20⁰С, 200⁰С и 300⁰С для установления параметров модели (рисунок).



Рис.1.

Литература

1. Alexandrov S., Mishuris G. // J. Engng Math. 2009. V.65. No.2. P.143-156.

Работа поддержана грантами
11-08-91154-ГФЕН_а
и ГК 11.519.11.3015.

ФОРМИРОВАНИЕ СЛОЯ ИНТЕНСИВНЫХ ПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ ВБЛИЗИ ПОВЕРХНОСТИ ТРЕНИЯ ПРИ ОСАДКЕ КОНИЧЕСКИМИ БОЙКАМИ

FORMATION OF A LAYER OF INTENSIVE PLASTIC DEFORMATION IN THE VICINITY OF THE FRICTION SURFACE IN UPSETTING OF CONICAL DIES

Е.А. Лямина¹ – с.н.с. О.В. Новожилова² – доц.

¹ Учреждение Российской академии наук Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН

² Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана

Abstract. A narrow layer of fine grains is often formed in the vicinity of frictional interfaces in metal forming processes. The strain rate intensity factor can be used to predict the thickness of this layer and describe physical processes in the layer. The present paper deals with upsetting of hollow cylinders with conical dies. Both theoretical and experimental results are reported.

Во многих процессах обработки металлов давлением вблизи поверхности трения формируется тонкий слой мелкозернистого материала [1, 2]. Для определения толщины этого слоя и моделирования физических процессов внутри слоя предложено использовать коэффициент интенсивности скорости деформации [2]. Развитие этого метода требует разработки и выполнения обширной экспериментальной программы, подкрепленной соответствующими теоретическими исследованиями. Одними из основных процессов такой программы являются выдавливание [2] и осадка [3]. В настоящей работе исследуется осадка образцов коническими бойками. Форма торцевых поверхностей образцов в исходном состоянии совпадает с формой инструмента. Процесс деформирования проводится без смазки для увеличения удельных сил трения и, соответственно, для более интенсивного изменения структуры материала в тонком слое вблизи поверхности трения. Форма образцов после нескольких стадий осадки показана на рисунке. Коэффициент интенсивности скорости деформации определяется из приближенного решения, основанного на теореме о верхней оценке. Для вычисления толщины слоя интенсивных пластических деформаций применяется уравнение, предложенное в [2] с параметрами материала, установленными в [3].



Рис.1.

Литература

1. Трунина Е.А., Коковихин Е.А. // Пробл. машиностр. надежн. машин. 2008. №2. С.71-74.
2. Александров С.Е., Грабко Д.З., Шикимака О.А. // Пробл. машиностр. надежн. машин. 2009. №3. С.72-78.
3. Александров С.Е., Вилотич Д., Лямина Е.А., Шиджанин Л. // ПМТФ. 2011. Т.52. №3. С.190-195.

Работа поддержана грантами
11-08-12098-офи-м и ГК 11.519.11.3015.

**ПРИМЕНЕНИЕ МИВАРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МЕТОДОВ
ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В
ОБЛАСТИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И МЕДИАБИЗНЕСА**
*APPLICATION OF MIVAR TECHNOLOGIES AND OPTIMIZATION METHODS
FOR SOLVING PRACTICAL PROBLEMS IN TELECOMMUNICATIONS AND
MEDIA BUSINESS*

Ю.И. Майборода – студ., **О.О. Варламов** – д.т.н.

Московский физико-технический институт (Государственный университет)

Abstract. Mivar method expands production methods in Expert System development. Using Computational Complex "UDAV" (Varlamov's Universal Designer of Algorithms) based on this method, complex problems in telecommunications and media business could be solved.

Миварные технологии развивают продукции и сети Петри с переходом к двудольным миварным логико-вычислительным сетям (*MIVAR nets*), которые выполняют логический вывод и/или автоматическое конструирование алгоритмов с линейной вычислительной сложностью.

На основании миварного подхода реализован программный комплекс (ПК) "УДАВ" (Универсальный Делатель Алгоритмов Варламова), который является ПК с сервисно-ориентированной архитектурой и конструирует алгоритмы из производственных правил, процедур и функций, сервисов и т.д. Это очень важное преимущество перед остальными подходами в создании экспертных систем (ЭС), так как в качестве сервисов могут быть использованы реализации других методов искусственного интеллекта: генетические алгоритмы для решения оптимизационных задач, нейросети, семантические сети и т.д.

Эксперименты показали, что на обычном ноутбуке ПК "УДАВ" обрабатывает более 1,17 млн. переменных и 3,5 млн. правил за 3 часа, что в принципе невозможно сделать при классическом подходе реализации производственных ЭС.

С помощью ПК "УДАВ" можно решать прикладные задачи из разных предметных областей, в том числе телекоммуникационные задачи. Одной из таких является оптимальное частотно-территориальное планирование (ЧТП) сетей связи и вещания. Решение этой задачи логически разделяется на два этапа:

1. С помощью миварного подхода создаются ограничения на параметры (расположение, мощности передатчиков, высоты и диаграммы направленности антенн и др.) передающих устройств сети с помощью общепринятых эвристик, находящихся в базе знаний ЭС, взятых, например, как из опыта экспертов, так и из нормативных документов.

2. Решение оптимизационной задачи ЧТП сети на основе полученных ограничений на её параметры.

На этапе 2 применяются различные алгоритмы-сервисы, например, генетического поиска, алгоритма поиска с запретами (Tabu Search) и другие.

Эта система является частным случаем ЭС "МЕДИА ЭКСПЕРТ", в Базе Знаний которой, на данный момент, реализованы 29 параметров и 33 правила, и эта ЭС уже решает следующие прикладные задачи из области медиа: расчет количества пользователей медиа ресурса (например, телевизионной передачи или интернет ресурса), рейтинга ресурса, доходов от размещения рекламы на нем.

В перспективе с помощью этой ЭС будут решаться оптимизационные, маркетинговые, а также задачи, связанные с прогнозированием ситуации на несколько лет вперёд ("что будет, если ...?") при изменяемых условиях на медиа рынке.

Таким образом, миварные технологии накопления и обработки информации значительно расширяют технические возможности современных автоматизированных систем управления и позволяют создавать принципиально новые экспертные системы, интеллектуальные пакеты прикладных программ и интеллектуальные системы.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ ПРИ СОЗДАНИИ ТИПОВЫХ ПРОЦЕССОВ

PARAMETRIZATION USE AT CREATION OF TYPICAL PROCESSES

Д.Е.Максимовский – асп..
ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН»

Abstract. Automation is now playing a big role in creating products. It helps reduce pre-production and reduce errors in manual design. In this regard, this work examines the main provisions of design and process design based on systems engineering design T-Flex CAD and process design Sytner MO.

Этап редактирования унифицированного ТП в современных САПР ТП выполняется в диалоговом режиме с использованием Технологического Редактора САПР ТП. Сущность редактирования ТП заключается в удалении «лишних» операций и переходов из унифицированного ТП применительно к единичной детали. К таким относятся операции, связанные с обработкой поверхностей, отсутствующих в единичной детали. К «лишним» переходам относятся те, которые обеспечивают более высокое, чем предусмотрено в чертеже, качество поверхности.

Для автоматизации этапа редактирования предлагается метод конструкторско-технологической параметризации, который реализован в САПР ТП СИТЕП 4, разработанной в МГТУ «Станкин».

На этапе проектирования конструкции фланца устанавливаются переменные и соотношения между ними, которые позволяют при их обнулении преобразовать фланец в более простые детали. Параметризованный фланец рассматривается как комплексная деталь, для которой разрабатывается унифицированный ТП. Каждому технологическому переходу (операции) соответствует переменная параметризованного фланца, при обнулении которой автоматически исчезает связанный с ней переход (операция).

Следующий этап работы - передача конструкторских переменных с чертежа в систему СИТЕП МО, с последующим использованием их для связи с технологическими переменными, системы. Основные принципы проектирования - использование типовых ТП, разработанных предварительно для, так называемой, детали-представителя. Типовая деталь охватывает класс деталей с одинаковыми конструктивно-технологическими признаками. Сущность проектирования на основе типизации состоит в настройке типового ТП на проектируемый, а также в расчете параметров или их вводе с помощью технологического редактора: при настройке удаляются «лишние» операции и переходы.

Для повышения уровня автоматизации проектирования ТП в СИТЕП МО реализована схема технологической параметризации. Суть схемы состоит в том, что в пределах заданной структуры ТП при изменении конструктивных параметров изготавливаемой детали автоматически меняются технологические параметры: которые отображаются как в таблице ТП, так и во всех картах комплекта технологической документации. Становится возможной реализация PDM-технологии, при которой изменение конструкторских параметров деталей влечет за собой автоматическое изменение параметров технологий и управляющих программ станков с ЧПУ.

Преимуществом интеграции T-FLEX CAD и СИТЕП МО является автоматическое получение технологической документации после параметрического изменения чертежа в T-FLEX CAD. Изменение геометрических размеров изделия приводит к автоматической модификации чертежа. Обновленные показатели качества детали и поверхностей из чертежа поступают в систему СИТЕП, которая в автоматическом режиме вносит изменения во все связанные технологические документы и корректирует управляющие программы для станков с ЧПУ. Таким образом, использованием конструкторско-технологической параметризации в системах T-Flex и СИТЕП МО повышает степень автоматизации при проектировании технологических процессов.

КОМПЕНСАЦИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ФАСОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ НА СТАНКАХ С ЧПУ *COMPENSATION OF PARTS CURVE PROFILES DEVIATIONS DURING NC MACHINING*

В.В. Марецкая – к.т.н., доц.

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Abstract. Possibilities of compensation for parts curve profiles deviations during NC machining are considered. Features of NC program correction based on mathematical models of characteristics generation mechanisms for curve profiles machining are presented.

Известно, что отличие реальной фасонной поверхности детали от номинальной обусловлено влиянием технологических факторов. При обработке заготовок с фасонными поверхностями на станках с ЧПУ некоторые погрешности можно скомпенсировать, например, погрешность установки заготовки перед началом обработки исправляют ощупыванием базовых точек профиля и перемещением заготовки для совмещения точки отсчета перемещений инструмента и начала движения станка по программе; тепловые деформации шпинделя и инструмента отслеживаются датчиками перемещений, и система ЧПУ может автоматически скорректировать траекторию движения инструмента относительно заготовки, обеспечивая точность обрабатываемой поверхности заготовки.

Составляющие погрешности, вызванной упругими отжатиями технологической системы, связанные с неравномерностью припуска на обработку, неравномерной твердостью заготовки скомпенсировать невозможно. Составляющие этой погрешности, связанные с силовыми факторами и жесткостью заготовки, инструмента и элементов оборудования, можно компенсировать с помощью коррекции управляющих программ. Однако нужно учесть, что параметры обработки фасонных поверхностей изменяются при перемещении инструмента вдоль обрабатываемого профиля, а упругие свойства технологической системы меняются в зависимости от направления приложения сил, и направления смещения элементов технологической системы могут не совпадать с направлениями действия сил.

Так, например, обработка поверхности лопатки газотурбинного двигателя происходит при повороте заготовки, перемещении инструмента по трем координатам и повороте инструмента в плоскости поворота заготовки. Основным фактором, определяющим погрешность, вызванную упругими отжатиями, является малая жесткость заготовки. Под действием силы резания происходит изгиб лопатки и скручивание профиля пера, величины деформации в разных сечениях лопатки различны. Для обеспечения постоянства деформаций лопатки при изменении положения инструмента необходимо регулировать силу резания изменением значений углов наклона фрезы, определяющих скорость резания и подачи.

При точении фасонной поверхности вала трубноэлектросварочного стана на упругие отжатия заметное влияние оказывает не только радиальная, но и осевая составляющая силы резания. Основными факторами, определяющими величину погрешности, оказываются упругие отжатия элементов станка. Параметры обработки, обеспечивающие заданную точность, предложено определять в зависимости от изменений составляющих силы резания в каждой точке профиля, связанных с изменениями направления подачи и угла инструмента относительно обрабатываемой поверхности, различной жесткости передней бабки в осевом и радиальном направлениях и изменения диаметра заготовки вдоль профиля.

Ввод алгоритмов расчета параметров обработки, основанных на математическом описании механизмов формирования погрешностей, в управляющую программу позволяет повысить точность обработки фасонных поверхностей.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ О НАХОЖДЕНИИ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПРИ ЛАЗЕРНОМ ТЕРМИЧЕСКОМ УПРОЧНЕНИИ *PROBLEM OF TEMPERATURE FIELD FINDING AT LASER HARDENING*

В.В. Медведев – асп.

Волгоградский государственный технический университет

Abstract. Mathematical model for finding the temperature field was produced. It may be useful for numerical determination of the temperature field whilst the laser treatment of the instrumental cutting edges runs.

Теплофизические основы процессов взаимодействия лазерного излучения с веществом подробно изучены в работах А.Г. Григорьянца, А.Н. Сафонова, С.П. Мурзина, в которых для практических инженерных расчетов рекомендуется использовать упрощенные аналитические зависимости. Однако, исходя из анализа экспериментальных данных, погрешность значений расчетных температур может достигать 10–15%. Более универсальным и точным является применение численных методов расчета.

Рассмотрена математическая модель процесса лазерного термического упрочнения стального бруса непрерывным лазерным излучением с одномодовым (TEM₀₀) составом плотности мощности, в режиме без оплавления поверхности (рис.1) на основе нестационарного уравнения теплопроводности в трехмерной постановке:

$$\rho(T) \cdot C_p(T) \cdot \partial T / \partial t - \mathbf{div}(\lambda(T) \cdot \mathbf{grad}(T)) = 0.$$

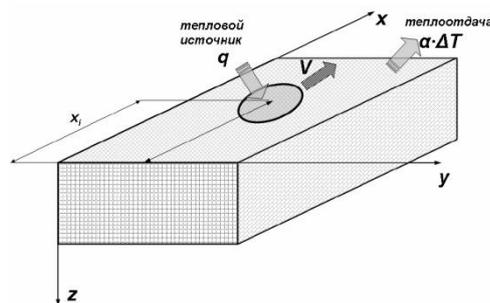


Рис.1. Схема теплового воздействия

Принятые допущения: 1) тепловой источник – поверхностный нормально-круговой с плотностью мощности $q_n = 3P \pi R^2 \exp\left[-3 \frac{x^2 + y^2}{R^2}\right]$; 2) среда – однородна и изотропна, теплофизические характеристики зависят от температуры и задаются эмпирическими данными; 3) действия внутренних источников и стоков тепла, связанных с фазовыми превращениями, не учитываются; 4) конвекционный и радиационный теплообмен от торцевых поверхностей не вводится ввиду малости их площади.

Краевые условия: 1) до начала обработки температура во всех точках равна температуре окружающей среды $T(x, y, z, 0) = T_0$; 2) с начала и в течение всего процесса на поверхности материала в области воздействия лазерного излучения $\Omega = \Omega(x, y, t)$, действует нормально-круговой источник теплоты, положение которого определяется скоростью v обработки $\lambda(T) \partial T(x, y, 0, t) / \partial z = q_n$, при $x, y \in \Omega$; 3) обрабатываемая поверхность вне области источника нагрева Ω и противоположная поверхность охлаждаются воздухом $\lambda(T) \partial T(x, y, 0, t) / \partial z = q_T$, при $x, y \notin \Omega$, где q_T – полная теплоотдача с поверхности; 4) остальные поверхности тела принимаются пассивными $\partial T(\pm\infty, y, z, t) / \partial x = \partial T(x, \pm\infty, z, t) / \partial y = 0$.

Одно из возможных применений данной модели – тепловой расчет при лазерном упрочнении лезвийного инструмента.

**ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ МИВАРНОЙ КОНЦЕПЦИИ
В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОСВЯЗНЫМИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ НА ОСНОВЕ
ЧЕТКИХ ЛОГИЧЕСКИХ РЕГУЛЯТОРОВ**
*FEATURES OF REALIZATION OF THE MIVAR CONCEPT IN CONTROL
SYSTEMS OF MULTILINKED PROCESSES BASED ON PRECISE LOGIC
CONTROLLERS*

Е.А.Муравьева – к.т.н., доц.

Филиал ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный технический университет»

Abstract. Realization of the mivar concept in control systems of multilinked processes based on precise logic controllers is suggested. This paper shows features of using both the mivar concept and precise term for process control tasks.

Принципиальная возможность внедрения миварной концепции в системы управления технологическими процессами для снижения времени отклика появилась при их реализации на основе четких логических регуляторов (ЧЛР), особенностью которых является интерпретация входных и выходных переменных совокупностью четких термов. Именно они создали в операционной среде логического регулятора (в том числе и многомерного) условия адекватного управления вербально представленными объектами при отработке в каждом цикле сканирования микропроцессора не всей системы продукционных правил, а только её небольшой части, актуальной в текущий момент времени.

В докладе показано, что в случае представления входных и выходных переменных логического регулятора совокупностью четких термов в любой момент времени в этой совокупности имеется только один терм, значение которого равно логической единице. Именно этот терм является носителем актуальной информации. И проверять логическое состояние остальных термов не имеет смысла. Поэтому предлагается в процессе фазсификации активный терм каждого параметра использовать для формирования идентификационного номера правила. И активизировать нужный терм выходного параметра в зависимости от того, какой идентификационный номер стал активен. Эффектом использования идентификационного номера станет снижение времени отклика регулятора.

Предложена логическая схема алгоритма функционирования многомерного четкого логического регулятора (МЧЛР). Программа, реализующая МЧЛР, построена в виде совокупности ситуационных подпрограмм, каждая из которых вырабатывает управляющее воздействие соответствующее терму, значение которого в данный момент равно логической единице. Поэтому микропроцессор в текущем цикле сканирования обрабатывает не всю систему продукционных правил регулятора, а только одну из упомянутых ситуационных подпрограмм, объем которой составляет несколько процентов от общего объема программы, реализующей МЧЛР.

В докладе также представлена информация о преимуществах построения компенсаторов взаимного влияния контуров регулирования МЧЛР. Показано, что в четких логических регуляторах имеется больше возможностей для синтеза таких компенсаторов в виде дополнительной (компенсирующей) системы продукционных правил.

Благодаря использованию миварной таблицы логического вывода удалось спроектировать базу правил для управления прокалочной печью цеолитосодержащих катализаторов для крекинга нефтепродуктов более высокого качества и с большим процентом выхода светлого моторного топлива на одну тонну сырой нефти.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ПЕРЕМЕННЫМ
МОМЕНТОМ ИНЕРЦИИ В ОБЛАСТИ ПЕРВОГО
ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО РЕЗОНАНСА**
*MATHEMATICAL MODELING OF ELECTROMECHANICAL SYSTEM WITH
VARIABLE MOMENT OF INERTIA IN THE REGION OF THE FIRST
PARAMETRIC RESONANCE*

Д.А. Нестерова – студ., А.В. Нестеров – к.т.н, доц., С.В. Нестеров – к.т.н, доц.
Кубанский государственный технологический университет

Abstract. Results of mathematical modeling of electromechanical system with variable moment of inertia in the region of the second parametric resonance are offered. The range of change of frequency of the moment of inertia in which in system occurrence of the first parametrical resonance is possible is defined.

Среди технологических установок роторного типа особыми динамическими свойствами обладают те установки, момент инерции (МИ) роторов которых изменяется периодически. Это придает их электроприводу свойства периодически нестационарной электромеханической системы (ЭМС), в которой при определенных условиях возможен первый параметрический резонанс. Поскольку он является крайне нежелательным, установление условий его возникновения имеет важное практическое значение.

При решении этой задачи динамическая модель электропривода с переменным МИ и жесткими механическими связями была представлена в виде нестационарной одномассовой ЭМС, суммарный МИ которой изменяется периодически

$$J(t) = J_{cp}(1 - \delta \cos \Omega t),$$

где J_{cp} – среднее значение МИ ЭМС; δ , Ω – соответственно относительная амплитуда и частота переменной составляющей МИ ЭМС.

В результате математического моделирования этой ЭМС определен диапазон изменения частоты ее МИ, в пределах которого в системе возможно возникновение первого параметрического резонанса. Граничные значения частоты этого диапазона рассчитываются по формуле

$$\Omega_{1,2}^{(1)} = T_3^{-1} \sqrt{T_M^{-1} \left(4T_3 - 2T_M \pm 2\sqrt{\delta^2 T_3^2 - 4T_3 T_M + T_M^2} \right)},$$

где T_3 – электромагнитная постоянная времени ЭМС; T_M – электромеханическая постоянная времени стационарной части ЭМС.

Установлено, что минимальная амплитуда МИ δ_{min} и соответствующая ей частота его изменения $\Omega_0^{(1)}$, при которых в ЭМС еще возможен первый параметрический резонанс, зависят только от параметров стационарной части системы T_3 и T_M . Зависимость $\Omega_0^{(1)} = f(T_3, T_M)$ имеет экстремальный характер. Причем величина $\Omega_0^{(1)}$ достигает максимального значения при $T_M = T_3$, которое зависит только от электромеханической постоянной времени стационарной части ЭМС T_M .

$$\Omega_{0max}^{(1)} = \sqrt{2} T_M^{-1}.$$

Таким образом, полученные в ходе проведенного исследования результаты позволяют при проектировании и эксплуатации ЭМС с переменным моментом инерции выбирать их параметры и режимы работы, исключая возможность возникновения в этих системах первого параметрического резонанса.

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА МНОГОКООРДИНАТНОЙ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ВЫРЕЗКИ В ИНТЕГРИРОВАННЫХ CAD/CAM-СИСТЕМАХ

MODELLING PROCESS FEATURES OF THE MULTI-AXIS WIRE ELECTRICAL DISCHARGE MACHINE PROGRAMMING IN THE INTEGRATED CAD/CAM-SYSTEMS

А.А. Окунькова – к.т.н., ст. преп., в.н.с.

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

Abstract. The article presents the method of the CNC-machine programming in the integrated CAD/CAM-systems by the example of the programming four-axis wire electrical discharge machining.

При технологической подготовке производства ответственных деталей пресс-форм, штампов, шаблонов, фасонных резцов и т.п. необходимо предварительное моделирование процесса обработки. Это позволяет подготовить управляющую программу на станок с ЧПУ в полном соответствии с требованиями по точности и геометрии детали согласно математической 3D-модели. При моделировании процесса многокоординатной обработки у специалиста могут возникнуть трудности, связанные с представлением зоны обработки детали в компьютерной среде, например, в случае моделирования четырех-координатной электроэрозионной вырезки детали, верхний и нижний контур которой не согласованы между собой.

В интегрированных CAD/CAM-системах традиционно представлены два основных способа моделирования траектории обработки детали. Первый представляет собой последовательное эскизирование обоих контуров в параллельно лежащих плоскостях с указанием расстояния между ними. Второй – последовательный выбор сегментов поверхности зоны обработки детали и расположение основной плоскости соответствующей рабочему столу станка.

На практике часто встречаются детали, количество сегментов боковой поверхности которых по верхнему и нижнему контуру различное, а формообразующая поверхность между контурами может отсутствовать. В подобных случаях, которые типичны для ответственных фасонных деталей с уникальным профилем, невозможно применить ни один из указанных способов. Для решения данной задачи предлагается предварительно смоделировать зону обработки детали.

Таким образом, оба контура представляем как непрерывный сплайновый сегмент. Затем проанализируем визуально возможное расположение поднутрений по контуру (отрицательного угла наклона стенки). Для того чтобы исключить зарезы детали, а также блокирование инструмента и детали в заготовке, расположим по верхнему контуру детали несколько основных узлов согласования. Далее в нижнем контуре модели выполняются вспомогательные построения в точках узлов согласования. Таким образом, получаем несколько основных согласованных сегментов поверхности детали, которая синхронизируем в полуавтоматическом режиме. По полученному набору сегментов поверхности детали моделируем траектории обработки детали одним из способов.

В результате проделанной работы решена задача представления зоны обработки детали в компьютерной среде для деталей с наличием двух несогласованных по форме и размерам контуров для операции четырех-координатной электроэрозионной вырезки.

Разработка была удостоена бронзовой медали и диплома на 10-й юбилейном Международном салоне изобретений «Конкурс Лепин» г. Париже (Франция), который проходил с 28 апреля по 8 мая 2011 г.

РАЗРАБОТКА ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО МЕТОДА РАЗРЕЗКИ ТРУБНОГО ПРОКАТА

DEVELOPMENT OF HIGHLY PRODUCTIVE METHOD OF TUBE CUTTING

А.А.Плешаков

Волгоградский государственный технический университет

Abstract. In this work author makes an attempt to develop a highly productive method of tube cutting. It is based on whirling kinematics and includes separation of carbide-tipped cutting tools into groups with similar cutting properties. The method ensures high productivity for account of increased cutters lifetime and minimized servicing time required for tool change.

В качестве основы для метода выбрана вихревая схема резания, широко применяемая на трубных предприятиях. Практика эксплуатации выявила ряд недостатков этой схемы. Среди них – отсутствие надежной методики назначения режимов резания и, как следствие, невозможность обеспечения заданной стойкости режущего инструмента. Как правило, производитель станка рекомендует режимы резания для твердосплавных пластин определенной марки. Однако, в случае использования инструмента другой марки или инструмента той же марки, но другого производителя режимы резания уже не являются оптимальными и не могут обеспечить требуемой стойкости инструмента. Практика показывает, что непостоянство свойств материала даже в рамках одной партии твердосплавных пластин может вызвать значительное (до 200%) расхождение расчетного и действительного периодов стойкости инструмента. Пластины изнашиваются неравномерно, это значительно снижает надежность процесса резки трубного проката и его производительность за счет значительного увеличения времени обслуживания станка, необходимого для замены износившихся пластин.

Для решения данной проблемы был разработан метод разделения режущего инструмента, поступающего в производство, на группы по значению режущих свойств.

Вихревая разрезная головка является многолезвийным сборным инструментом. В одну головку устанавливается от 11 до 18 твердосплавных пластин. Головка считается вышедшей из строя, когда изнашивается одна или несколько пластин и дальнейшая обработка становится невозможной. В таком случае требуется останов станка, определение критически износившихся пластин и их замена. Эти действия требуют значительных затрат времени. Идея метода состоит в том, что если весь набор пластин будет обладать близкими по значению режущими свойствами, то все пластины будут изнашиваться равномерно. Тогда при останове заменяться будут не отдельные пластины, а вся режущая головка. Это действие требует значительно меньших затрат времени и производится реже.

В качестве критерия оценки режущих свойств твердосплавных пластин в методе используется величина термоЭДС пробного (тестового) прохода. Эта величина имеет хорошую сходимость с физико-механическими свойствами проверяемого инструмента. Пробный проход предлагается осуществлять с помощью отдельного устройства

После получения величин термоЭДС пробного прохода партия инструмента разбивается на группы с близкими значениями величин, из которых затем формируют наборы для режущих головок. Каждой группе пластин назначаются свои режимы резания, причем группе с меньшим значением величины термоЭДС пробного прохода назначаются меньшие значения скорости резания и подачи, чем группе с большим значением величины термоЭДС пробного прохода.

Метод позволяет гарантированно сократить погрешность расчета по стойкости до 10% от заданного значения, что считается приемлемым для заводской практики.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫБОРА ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОСНАСТКИ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ БАЗИРОВАНИЯ

AUTOMATION OF CHOICE OF TYPICAL TECHNOLOGICAL EQUIPMENT AND DESIGN SPECIAL EQUIPMENT ON THE BASIS OF THE THEORY OF CAPABILITY

А.Л.Попов – студ., Е.И.Федин - проф. каф. ТМС
Тульский Политехнический Институт

Abstract. After analyzing the various systems of modern technological equipment for machine tools NC, identifying their typical parts and modules, as well as spatial-dimensional communications between the application has been developed to system of the automated designing «КОМПАС-3D», which allows to synthesize the special technological equipped with automatic generation of design documentation to it.

На сегодняшний день большинство предприятий перешло на оборудование, оснащённое числовым программным оснащением (станки с ЧПУ) и, хотя, основным преимуществом таких станков является максимальное исключение ручного труда в процессе обработки станком заготовки, сам по себе станок беспомощен. Чтобы станок точно выполнил требуемую задачу, необходимо создать программу, обеспечивающую выполнение необходимых технологических операций. При этом производственный технолог должен грамотно выбрать инструмент и оснастку к станку, для чего ему необходимо будет ознакомиться с большим перечнем инструментальных каталогов, отобрать из представленного ряда инструмента и оснастки, имеющихся в производстве, и выбрать необходимый.

Процесс ознакомления с оснащённостью предприятия занимает достаточно много времени, а если на предприятии большая номенклатура применяемого инструмента, то ознакомиться со всем перечнем оснастки и, что самое главное, удерживать этот объём информации в памяти, становится достаточно трудновыполнимой задачей. Поэтому коллектив нашей группы кафедры Технологии Машиностроения задался целью создания библиотеки существующей оснастки к станкам с ЧПУ (токарным и фрезерным) и разработал программу, позволяющую выбрать наиболее оптимальное оснащение станка для выполнения конкретной технологической задачи. Данная программа, как приложение к системе автоматизированного проектирования КОМПАС-3D, позволяет синтезировать специальное технологическое оснащение с автоматическим формированием конструкторско-технологической документации технологического процесса и выбрать из имеющегося специального инструмента необходимый и составить из имеющегося специального инструмента специализированный, путём сочленения различных элементов специального инструмента.

Интерфейс специального программного обеспечения по выбору типовых модулей технологической оснастки и синтеза на их основе элементов технологического оснащения для конкретных операций, обеспечивает: выбор пользователем фирмы производителя оснащения, выбор типа и параметров оснащения (тип патрона, шпиндельной головки), при этом пользователь может видеть изображение уже выбранного им оснащения. При необходимости, пользователь может легко заменить тот или иной модуль оснастки или параметр модуля, при этом программа скорректирует изображение, а также все данные по введённым изменениям, которые затем могут быть переданы САМ-приложению Вертикаль, где будет формироваться маршрутная карта.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНТЕКСТА И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ МИВАРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

EXPLICIT MODELING OF SEMANTIC CONTEXT EXPRESSIONS, AND MODELING HUMAN INTELLECTUAL ACTIVITY- BASED MIVAR`S TECHNOLOGIES

О.А. Репина - студ., О.А. Соломатина - студ., А.М. Хадиев - студ.

А.Ю. Максимова - асп., О.О. Варламов – д.т.н., проф.

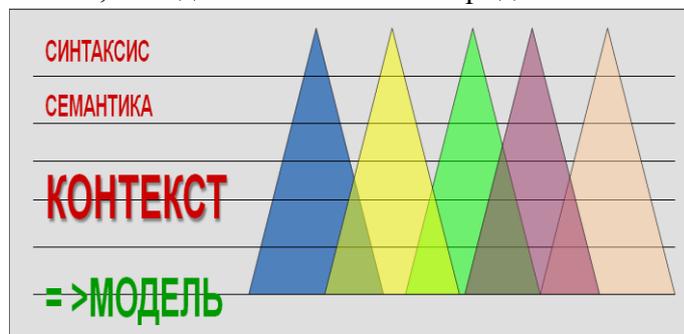
Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет

Abstract. Mivar technologies allow creating a new generation of the information systems accumulating a great number of data and processing unlimited quantity of logical rules. Such systems allow realizing work with a complex and unlimited context. Hence, computers start working with the sense of information and the logic artificial intellect is arisen!

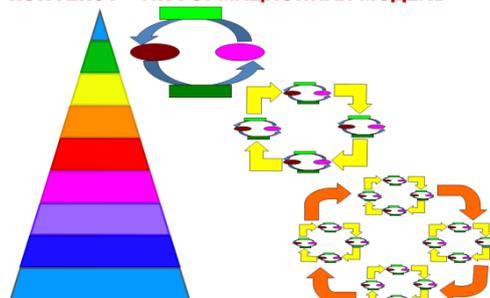
Миварные технологии позволяют эволюционно накапливать любые объемы данных и логически обрабатывать их с линейной вычислительной сложностью. На основе миваров создан программный комплекс УДАВ, который обрабатывает более 1,17 млн переменных и более 3,5 млн правил на обычных компьютерах и ноутбуках.

Миварный подход позволяет на новом уровне перейти к работе с большими контекстами и информационными моделями предметных областей. В большинстве современных задач в различных областях, включая распознавание образов, поиск информации, перевод и аннотирование текстов, а также в других проблемах области искусственного интеллекта ключевую роль играет необходимость работы с огромными и структурно сложными контекстами. По существу, контекст - это информационная модель предметной области, в которой есть данные и правила их обработки. В определенном смысле, адекватный контекст и есть "смысл информации".

Одновременность накопления фактов и обработки миллионов правил в миварных системах позволяют перейти к созданию сложных и многоуровневых контекстов и адекватных информационных моделей предметных областей. Сложные контексты, в свою очередь, позволят на новом уровне решать все интеллектуальные задачи на основе работы "компьютеров со смыслом информации". Как только компьютеры начнут работать со смыслом, можно говорить о создании полноценного логического искусственного интеллекта. В настоящий момент ограничения на возможности миваров по созданию сложных контекстов не обнаружены, т.к. возможности существующих компьютерных систем, объединенных сетями и грид-технологиями, практически безграничны.



**МИВАРНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ЦИКЛЫ =>
КОНТЕКСТ = ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ**



Мивары => БД + Логика => Контекст => Смысл => Искусственный интеллект!

Вывод. Мивары позволяют создавать новое поколение информационных систем, накапливающих огромные объемы данных и обрабатывающих неограниченное количество логических правил. Такие системы позволяют реализовать работу со сложным и неограниченным контекстом. Следовательно, компьютеры начинают работать со смыслом информации и рождается логический искусственный интеллект!

УНИВЕРСИТЕТСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ: ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСА МЕР ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

UNIVERSITY GOVERNANCE: THE OPERATION OF THE SET-UP ON AUTOMATION MANAGEMENT DECISION MAKING

М.А. Рудникова – соискатель В.Б. Ручкин – к.т.н., доц.
Московский государственный университет путей сообщения

Abstract. In article described university complex efficiency improvement through the technique implementation for the management effectiveness evaluation. Proposed special features for the decision making process automation: simulation modeling tools application for the decision making process improvement.

Объектом исследования являются социально-экономические отношения, реализуемые в процессе управления объектами университетского комплекса. В ходе исследования производится постановка вопроса о специфике текущего управления университетским комплексом и вероятного эталонного.

Особенность результирующей, эталонной модели управления социально-экономической системой, заключается в отражении двух векторов оценки системы: оценки эффективности управления; оценки эффективности деятельности организации. Оценка эффективности управления, в этом случае, характеризует наличие у лица, принимающего решения данных, возможности для генерации решения, а также проверки применимости этого решения после его выработки. Вторая интерпретация оценки эффективности связана с термином «деятельность» и подразумевает успех организации в точки зрения её участников и партнёров. Оценка эффективности деятельности организации может включать такое количество консолидированных показателей, которое сформировано для системы управления в целом и её объектов в частности.

Предложенная авторская методика выявления параметров оценки эффективности управления, предусматривает как возможность применения существующих методов оценки эффективности деятельности, так и разработку уникального набора показателей, характерного для исследуемых социально-экономических отношений.

В ходе исследования, с целью моделирования текущего процесса принятия решений, применялась среда имитационного моделирования Arena. Построенная в этой среде имитационная модель процесса «как есть» и «как должно быть» характеризуется едиными исходными параметрами для всех сущностей, исследуемых в модели. Результаты имитации нормированы соответственно: количество заявок (сущностей) по количеству поступивших в систему заявок, время пребывания в системе заявок (сущностей) нормированы по общему времени моделирования.

Согласно итоговой имитационной модели «как должно быть», уменьшения времени генерации итогового решения следует ожидать на уровне не менее 40%, уменьшения загруженности лиц принимающих решения не менее чем на 10% по сравнению с имитационной моделью варианта «как есть». Созданная имитационная модель в двух вариантах включена в комплекс средств среды анализа управляющих воздействий с целью формирования оценок времени генерации и дальнейшего контроля состояния системы управления.

Указанный комплекс мер дополняет систему мероприятий по повышению эффективности управления социально-экономической системой, так как обеспечивает автоматизированный сбор и представление информации о параметрах управления и включает схему управления объектом на основе предложенной оценки эффективности. При этом прогнозируется решение сопутствующих задач: уменьшение времени генерации итогового решения, загруженности лиц принимающих решения.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ
ПО ЭЛЕКТРОПРОВОДНЫМ ЛИНИЯМ СВЯЗИ
С УЧЕТОМ ИХ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ**
*MODELING OF COMMUNICATION SYSTEMS
VIA ELECTRICITY CABLE WITH CROSSTALK*

Д. А. Рыболовлев - адъюнкт, **К. А. Батенков** - к.т.н., докторант
Академия ФСО России, г. Орел, Россия

Abstract. Crosstalk is one of the main limiting factors in the data rates of modern communication systems via electricity cable (such as DSL systems). In this paper, one approach is proposed to mitigate this impairment. The model complication presented holds the promise to increase achievable data rates by taking into account the crosstalk.

Одной из основных тенденций развития существующих систем связи является повышение качества предоставляемых услуг, а также увеличение их количества. В этой связи актуальной задачей оказывается близкое к оптимальному использование ресурса кабельных линий, находящихся в эксплуатации. Применительно к сетям абонентского доступа, основу которых в значительной степени составляют кабели с медными токопроводящими жилами, эта задача трактуется как требование увеличения скорости передачи информации и/или её достоверности по существующим медным кабелям связи.

Среди способов решения данной задачи целесообразно выделить подход, реализованный в семействе технологий DSL (Digital Subscriber Line, цифровая абонентская линия (ЦАЛ)) и заключающийся в возможности многопарного связывания (multi-pair bonding) нескольких линий связи в единый канал передачи данных. В результате современные DSL технологии и их модификации в случае потребности абонента способны увеличивать скорость передачи в два и более раз при сохранении тех же ограничений по достоверности.

Однако современные модели систем передачи информации, реализующие возможность многопарного связывания ЦАЛ (такие как Multi-Pair DSL Bonding, Vectored DSL, SuperMIMO DSL), подразумевают рассмотрение линий связи в виде независимых путей передачи информации, а их влияние (если оно присутствует) считают переходными помехами, характеристики которых можно описать хорошо исследованными моделями шумов. Данное допущение значительно ограничивает потенциальные возможности линий связи с точки зрения пропускной способности, поскольку не учитывает априорной информации о применяемых методах модуляции и кодирования.

Таким образом, возникает противоречие между существующими моделями систем передачи информации для совокупности линий связи, основанными (моделями) на независимом использовании данных линий, и наличием влияния между ними. Данное обстоятельство делает необходимым разработку и применение более сложных моделей систем передачи информации, базой которых должны являться модели линий связи, учитывающие взаимное влияние этих линий друг на друга путем использования априорной информации об используемых методах модуляции и кодирования. Результатом подобных исследований будет являться увеличение пропускной способности систем связи, одновременно использующих несколько линий связи, путем разработки алгоритмов передачи данных, учитывающих взаимное влияние этих линий друг на друга.

Следует учитывать, что неизбежный рост вычислительной сложности таких алгоритмов, связанный с необходимостью учета явлений взаимного влияния линий друг на друга в моделях системы передачи информации, обусловит необходимость дополнительных ресурсных затрат в виде повышенных требований к производительности аппаратных средств реализации разработанных алгоритмов.

РЕШЕНИЕ ДВУХМЕРНОЙ КОНТАКТНОЙ ЗАДАЧИ В УСЛОВИЯХ ЧАСТИЧНОГО ПРОСКАЛЬЗЫВАНИЯ: АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВОБОДНОГО ПАКЕТА CODE-ASTER

SOLUTION OF 2D CONTACT PROBLEM IN PARTIAL SLIP CONDITION: ANALYTIC SOLUTION AND USE OF OPEN-SOURCE SOFTWARE CODE-ASTER

Л. Салль – PhD, Э. Крутекс – студ.
МГТУ им. Н.Э.Баумана

Abstract. This work presents analytical method for calculation of 2D contact in dovetail attachment and comparison with numerical results obtained with Code-Aster for contact between rounded punch and semi-infinite plane.

Осевой компрессор ГТД имеет ряд ступеней, которые состоят из рабочего колеса и неподвижного статора. Рабочее колесо состоит из диска, на котором крепятся лопатки. В ГТД с осевым потоком, лопатки ротора соединены с диском при помощи замка. Замок лопатки входит в контакт с пазом диска. Замки лопаток типа "ласточкин хвост" в основном используются в компрессорах ВД и турбин НД, а так же в вентиляторах. Замки этих типов могут быть прямыми или криволинейными. Криволинейное крепление увеличивает контактную поверхность.

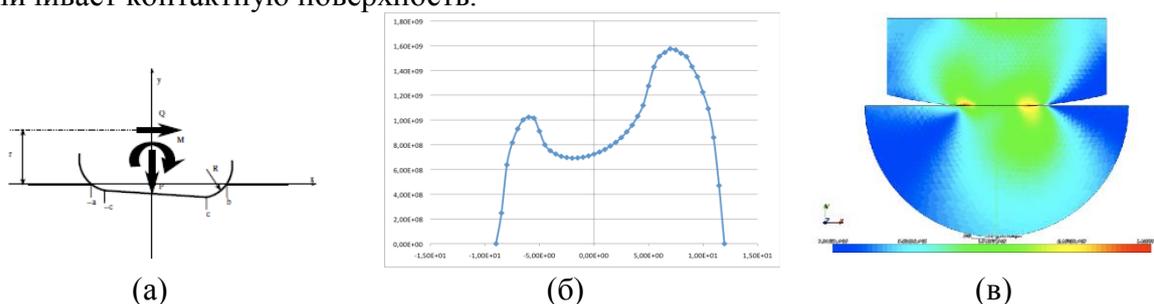


Рис.1. а – наклонённый штамп, б – контактные давления и в – эквивалентные напряжения при использовании МКЭ.

Вращение ротора во время взлета производит радиальное перемещение пера лопатки, которое закреплено с помощью замка на диске. В месте контакта центробежные силы порождают нормальную и тангенциальную загрузки и относительные микроперемещения. Во время полёта на крейсерской скорости также есть нагрузки связанные с вибрациями. Это мало интенсивные и высокочастотные нагрузки. Чтобы проектировать лопатки нужно знать напряжения в зоне контакта. В этой работе предлагается использование аналитического метод для решения контактной задачи на поверхностях креплений. Мы рассматриваем двухмерную задачу и считаем что контакт в крепление может быть рассмотрен как контакт наклонённого штампа с плоским основанием при действии нормальной и тангенциальной силы и момента (см. Рис.2(a)). Решение этой задачи было предложено Горячевой. Этот метод может быть использован во время первых этапов проектирования креплений. Он может тоже позволять быстро оценить демпфирование сухого трения во время колебаний. Этот метод использует гипотезу полубесконечных областей. Для проверки и оценки погрешности предложенного метода был рассмотрен вариант использования свободного пакета МКЭ Code-Aster разработана компаний EDF. Этот пакет решает контактные задачи алгоритмом континуальных гибридных контактных элементов. Простой пример был использован в цели проверить предложенный подход (см. Рис.3б,Рис.4в).

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МИВАРНЫХ СЕТЕЙ И ВОЗМОЖНОСТЬ ОБРАБОТКИ БОЛЕЕ 3 МИЛЛИОНОВ ПРОДУКЦИОННЫХ ПРАВИЛ

RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES MIVAR NETS AND THE ABILITY TO HANDLE MORE THAN 3 MILLION OF PRODUCTION RULES

О.Н. Серегина¹ – студ., Н.С. Кокутина² – студ., Н.С.Коботаев³ – студ.,
А.Ю. Горин³ – студ., Е.А. Майоров³ – студ., О.О. Варламов^{1,3} – д.т.н., проф.

¹Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет,

²Всероссийская государственная налоговая академия Министерства Финансов РФ,

³Московский физико-технический институт (государственный университет)

Abstract. All carried out experiments have shown linear computing complexity of MIVAR method of processing data and rules confirming the theory about linear computing complexity of MIVAR networks and MIVAR logic conclusion.

Создано уже несколько программ - прототипов миварных экспертных систем. Для проведения вычислительных экспериментов создан программный комплекс УДАВ с генератором миварных матриц больших размеров. Генератор устроен так, чтобы решение всегда существовало, а его нахождение требовало пропорционального увеличения числа шагов искомого алгоритма решения задачи. Эксперименты были проведены более чем на 15 компьютерах и на вычислительном кластере. Ошибка измерения не превышала 3 %. Выявили: основным ограничением является ресурс оперативной памяти компьютера и корректность работы с ней операционной системы. Использовались операционные системы: Windows и MacOS. Например, использовали: нетбук Acer, Intel® Atom™ CPU N270 @1.60GHz, ОЗУ 1ГБ, Windows 7 Начальная; и ноутбук Acer Inc., AMD Athlon(tm) 64 Processor 3000+ 1,80 GHz, ОЗУ 512 МБ, Microsoft Windows XP Home Edition версия 2002 SP2. Для Windows получили: 150 000 объектов и 450 000 правил на компьютере с Intel Core 2 Quad 2,83 ГГц, ОЗУ 4 Гб и время решения 47 минут. Была создана многопоточная версия УДАВ на языке C++ и с MPI для систем с распределенной памятью. На рис. 1 приведены результаты при суммарном количестве процессов N=8, NS = 3, NC=4, C = 3. Как видно из рисунка, время выполнения прямо пропорционально количеству правил.

На ноутбуке MacBook (MacOSX версии 10.6.7, Intel Core 2DUO 2 ГГц, ОЗУ DDR3 4 Гб) эксперименты (рис. 2) достигли: 1 170 007 объектов, 3 510 015 правил и время решения 200 минут. Для сравнения: система управления атомными станциями - 15 000 правил; описание всей программы средней школы и технического ВУЗа в сумме не превысит 100 000 правил. Напомним, что классические (NP-полные) продукционные и предикатные логические системы не могли работать и с сотней правил.

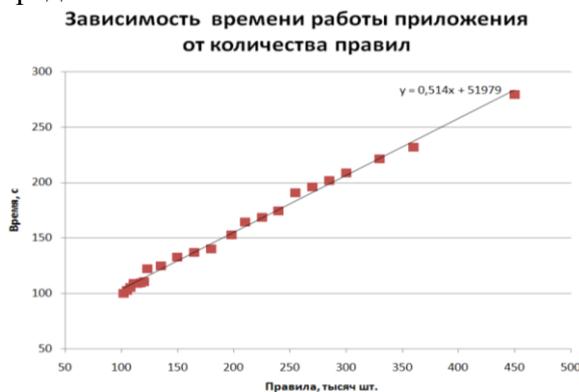


Рис. 1.

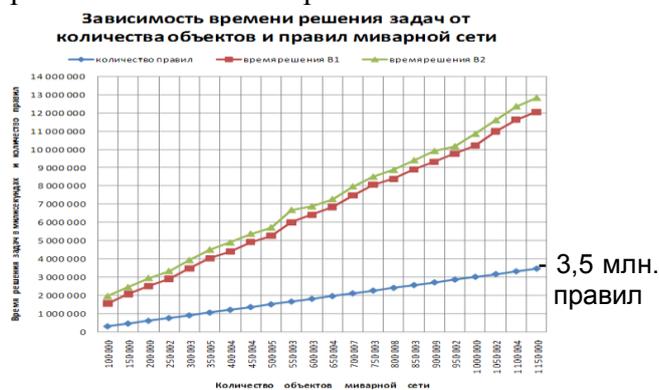


Рис. 2.

Вывод. Все проведенные эксперименты показали линейную вычислительную сложность миварного метода обработки данных и правил, что подтверждает теорию о линейной вычислительной сложности миварных сетей и миварного логического вывода.

ВИБРАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ И КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ

VIBRATION TESTS AND FINITE ELEMENT ANALYSIS OF THE STRUCTURES

В.В. Сингин – магистрант, **А.И. Белоусов** – к.т.н., доц.
Новосибирский государственный технический университет

Abstract. An approach to study the dynamic behavior of structures on basis of the finite element analysis is presented. The simulation results were used at the preparation of vibratory tests. For instance the simulation and experimentation for measurement system component are performed and the dynamic elastic modulus for brush electrodes is determined.

При проведении виброиспытаний выполняется оценка предполагаемых условий работы конструкции. Определяются наиболее опасные виды нагрузок. В соответствии с этим составляется техническое задание, в котором указываются динамические характеристики объекта, которые необходимо определить и оптимизировать с целью повышения работоспособности конструкции.

При стендовых испытаниях очень важно учитывать то, что динамические характеристики системы зависят от вида ее закрепления.

При планировании программы испытаний и проектировании креплений конструкции на испытательном оборудовании, желательно построение математической модели для предварительной оценки динамических характеристик системы до этапа производства, что позволяет экономить время и ресурсы.

В качестве примера рассмотрен ряд задач. В процессе выполнения первой задачи изучено влияние расположения испытуемого объекта на платформе вибростенда. Определены динамические характеристики консольной балки с разными вариантами закрепления и расположением датчиков. Для анализа и сравнения полученных экспериментальных данных построена математическая модель, с помощью которой определены частоты и формы свободных колебаний для консольной балки.

В рамках второй задачи проведена серия вибрационных испытаний компонента измерительной аппаратуры с целью тестирования его работоспособности. На этапе проектирования крепления компонента в его реальной конструкции необходимо было выявить возможные недостатки и повреждения конструкции при действующем уровне нагрузок. С этой целью составлена программа динамических испытаний. При проектировании элементов креплений изделия к платформе вибростенда, а также для первоначальной оценки его динамического поведения разработана твердотельная конечно-элементная модель. Проведен динамический расчет и получены собственные частоты и формы колебаний системы, а также распределение ускорений при вынужденном движении.

Третья задача посвящена определению динамического модуля упругости E_d электрощеток, который определяется при продольных колебаниях нагруженного образца по величине первой резонансной частоты колебаний. В результате испытаний методика определения E_d доработана и применена на представленных образцах. Для предварительной оценки величины E_d построена математическая модель.

В процессе выполнения работы отработана методика использования конечно-элементного моделирования динамического поведения изделий при подготовке и проведении вибрационных испытаний. Выявлены особенности, связанные с этим подходом, а также с анализом полученных результатов и их интерпретацией.

Вышеизложенный подход может применяться в аэрокосмической, авиационной, машиностроительной и других отраслях для проектирования, диагностики и контроля технических изделий.

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ ALGORITHM OF MANAGEMENT OF PROCESS OF DRYING OF WOOD

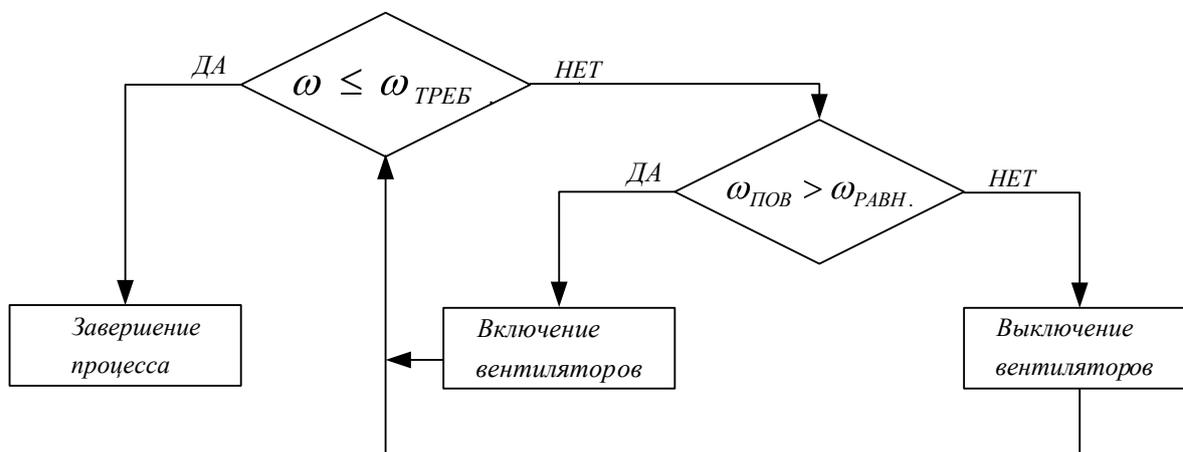
А.В.Стрижиченко - асп.

Волгоградский государственный технический университет

Abstract. The algorithm of management by process of drying of the wood, based on continuous control of humidity of a material is offered

Сушка древесины представляет собой сложный физико-химический процесс, сопровождающийся тепло- и массообменом, а также изменением размеров и формы изделия. Процесс сушки древесины является одним из самых ответственных этапов деревообработки, так как от качества её проведения зависит долговечность изделия и его прочностные свойства.

Для качественного проведения процесса сушки необходим непрерывный контроль влажности материала. Алгоритм управления процессом сушки древесины:



Данный алгоритм управления процессом сушки основан на сравнении текущей среднеинтегральной влажности материала с требуемым значением влажности.

При камерной сушке древесины в первую очередь и наиболее быстро испаряется влага с поверхности и из наружных слоёв древесины, т.е. влажность поверхностных слоёв $\omega_{\text{ПОВ}}$ становится равной равновесной влажности древесины $\omega_{\text{РАВН.}}$. При сушке пиломатериалов определяющим является процесс влагопроводности, и пока влага подводится от внутренних слоёв материала к поверхностным, влагоотдача отсутствует, и можно отключить принудительную циркуляцию агента сушки. При перемещении влаги за счет диффузии из внутренних слоёв к поверхности материала поверхностная влажность $\omega_{\text{ПОВ}}$ становится больше равновесной, и после включения принудительной циркуляции агента сушки удаляется за счет процесса влагоотдачи. Отключение вентиляторов сушильной камеры в те периоды процесса сушки, когда влагоотдача отсутствует, позволит реализовать потенциал энергосбережения в деревообработке.

При сушке в материале из-за поверхностного натяжения влаги в капиллярах и микроменисках возникают растягивающие напряжения. Если эти напряжения достигают предела прочности древесины на растяжение поперек волокон, то в древесине происходят необратимые механические изменения (растрескивание). Для того, чтобы избежать растрескивания, необходимо, чтобы усушка различных слоёв древесины была равномерной. Для этого во время нестационарного периода сушки необходимо замедлить влагоотдачу с поверхности материала, прогревая древесину при высокой относительной влажности воздуха.

**ФИЛЬТРАЦИЯ ВЕКТОРНЫХ ПОЛЕЙ
В ЗАДАЧЕ ОЦЕНКИ ДЕФОРМАЦИИ МАТЕРИАЛОВ
МЕТОДОМ КОРРЕЛЯЦИИ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**
*FILTERING OF VECTOR FIELDS IN THE PROBLEM OF ESTIMATING THE
DEFORMATION OF MATERIALS BY DIGITAL IMAGE CORRELATION*

В. В. Титков – асп., **С.В. Панин** – д.т.н., доц., **П. С. Любутин** – к.т.н.

Учреждение Российской академии наук

Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения РАН

Abstract. During the present work research the effect of filtering of vector fields on the quality of the measurement of deformation of materials by digital image correlation were analyzed. Conclusions are drawn on applicability of various methods of a filtration for the given problem.

Оптико-телевизионный метод исследований является одним из наиболее перспективных подходов для изучения процессов деформации и разрушения структурно-неоднородных материалов. В основе метода лежит построение векторов перемещений, основанное на определении оптического потока. В настоящее время требует решение задача уменьшения количества заведомо неверных векторов перемещений. Они возникают, как в результате зашумления изображений, так и появления трещин, а значит, получаемые вблизи трещины вектора могут не нести физического смысла.

Для фильтрации векторных полей реализованы методы, описанные в работе [1]: медианный; скользящего среднего; комбинированный 1, 2, гибридный. Проведено тестирование методов фильтрации путем обработки модельных векторных полей с целью выявления фильтра, обеспечивающего максимальную эффективность фильтрации. Модельным векторным полем было выбрано распределение типа усталостной трещины, которое изучено и хорошо описано в механике разрушения [2, 3]. Шум, вносимый большинством датчиков видеосигнала, был моделирован случайными процессами с гауссовым или пуассоновым распределением.

Оценка качества фильтрации проводилась по величине среднеквадратического отклонения (СКО) полей интенсивности деформации. В результате было установлено, что *фильтрация скользящего среднего* дает отрицательный результат – поле деформации далеко от оригинала, хотя СКО интенсивности деформации в результате фильтрации уменьшилось в 5 и 12 раз. Применение *гибридной фильтрации* также как и ФСС показывает неудовлетворительный результат. *Медианная фильтрация* показывает лучшие результаты по уменьшению СКО интенсивности деформации по сравнению с фильтрацией скользящего среднего и гибридной фильтрацией. Отсутствует размытие поля деформаций, но появляются ложные пики. *Первый комбинированный фильтр* лучше всех остальных фильтров снижает СКО расчета интенсивности деформации. Фильтрация *вторым комбинированным фильтром* имеет результаты схожие с результатами фильтрации первым комбинированным фильтром. Отличием проявляется в том, что второй комбинированный фильтр обуславливает появление новых ложных пиков. Таким образом, среди исследуемых методов фильтрации были выбраны два – комбинированный фильтр 1 и 2 – дающие наилучшие результаты фильтрации.

Литература

1. Воскобойников Ю. Е., Белявцев В. Г. Нелинейные алгоритмы фильтрации векторных сигналов // Автометрия. 1999. №5. С. 97.
2. Кибиткин В.В., Лебедева Н.А., Плешанов В.С. Выделение базовых мод разрушения при развитии усталостной трещины по смешанному типу. // Физическая мезомеханика. 2004. Т. 7. № 2. С. 35.
3. Хеллан К. Введение в механику разрушения. М.: Мир, 1998. 364 с.

НЕЙРОСЕТЕВАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ПО ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ ПАРАМЕТРАМ

NEURAL NETWORK OPTIMIZATION FOR STRUCTURE OF INSULATING MATERIAL ON OPERATIONAL PARAMETERS

Г.Э.Тукеева – магистр, А.Р.Мухутдинов - доц., д.т.н., П.Е.Любимов – асп.
Казанский государственный энергетический университет

Abstract. The aim of this work is a development of neural network models to predict performance parameters (such as bending strength) for based on epoxy.

В настоящее время эпоксидные полимеры находят широкое применение для изоляции и защиты покрытий. Это объясняется удачным сочетанием в них высоких механических свойств, химической стойкости и хороших электроизоляционных показателей с технологичностью исходных смол и композиций на их основе. Для улучшения качества изоляции из эпоксидной смолы нужно составить правильную пропорцию входящих в её состав пластификатора и отвердителя, и определить качественную механическую характеристику композита. Поэтому актуальным вопросом является разработка нейросетевой модели для оптимизации состава изоляционного материала для нахождения максимальной прочности при изгибе.

Целью данной работы является разработка нейросетевой модели для прогнозирования эксплуатационных параметров (в частности, прочность на изгиб) изоляционного материала на основе эпоксидной композиции.

В работе используется среда разработки NeuroPro, достоинством которой является возможность вычисления показателей значимости входных данных, которая отображается в виде гистограммы. Значения экспериментальных данных вводились в базу знаний без предварительного отсева. Затем эта база данных помещалась в программу NeuroPro, где создавалась искусственная нейронная сеть (ИНС), т.е. определялись входные и выходные данные, ее структура. Входными данными являются: соотношения компонентов состава (%), плотность (г/см^3), удельная теплоемкость (кДж/кг), электрическая прочность ($\text{tg } \delta$), диэлектрическая проницаемость (ξ). Выходной параметр прочность при изгибе. После чего производилось обучение заданной НС по заложенному алгоритму и тестирование обученной сети. В процессе работы производился выбор оптимальной структуры ИНС (определялось оптимальное количество скрытых слоев – 1 и количество нейронов в слоях – 10), а также метода оптимизации (для нашей модели – сопряженные градиенты.) Поэтому общее число шагов обучения методом сопряженных градиентов составил 17 циклов для данной выборки из 6 экспериментов. Изучена возможность прогнозировать прочность при изгибе на основании вводимых в программное средство данных. После обучения системы осуществлялось тестирование, которое показало точность прогноза до 3% относительной погрешности.

Таким образом, разработана интеллектуальная нейросетевая модель для прогнозирования эксплуатационных параметров (прочность на изгиб) изоляционного материала на основе эпоксидной композиции и показана эффективность нейросетевого подхода для решения прикладных задач.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЛИТЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ КОЛЕС

INFORMATION TECHNOLOGY IN THE MANUFACTURE OF CAST AUTOMOTIVE WHEELS

А.И.Узаков - асп., **А.М. Васьковский** – д.т.н., проф.
МАДГТУ (МАДИ)

Abstract. The article reviews the questions of automation of foundry manufacture of disks of automobile wheels from aluminum foundry alloys with the use of methods of modern system of engineering.

Presented the result of the analysis of technology of molding by the automated foundry cars as the object of developed and justified structure of the process control system of casting.

В статье рассмотрены вопросы автоматизации литейного производства дисков автомобильных колес из алюминиевых литейных сплавов с использованием методов современной системотехники.

Приведен анализ технологии литья на автоматизированных литейных машинах как объекта, разработана и обоснована структура системы управления процессом литья.

**АНАЛИЗ МЕТОДОВ КАЛИБРОВКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СТЕНДОВ
ДЛЯ ТЕПЛОВИЗИОННЫХ ПРИБОРОВ**
*THE ANALYSIS METHODS OF CALIBRATION OF MEASURING STANDS FOR
THERMOVISION DEVICES*

Р.Н.Фарзиев

Казанский Государственный Энергетический Университет

Abstract. In this work the author are considered two methods of calibration - an experimentally-settlement method of rationing of measuring stands in sizes of a difference of power brightness and differences of radiating temperatures.

Целью данной работы является анализ методов калибровки измерительных стендов для тепловизионных приборов. Рассматриваются два метода калибровки - экспериментально-расчетный метод нормирования измерительных стендов в величинах разности энергетической яркости (РЭЯ) и разности радиационных температур (РРТ), и метод калибровки измерительных стендов на основе инфракрасного радиометр-компаратора К-100М.

В ходе детального анализа методов калибровки измерительных стендов и контрольно-поверочной аппаратуры (КПА) с различными типами тест-объектов показало, что основным фактором, влияющим на точность воспроизведения РРТ является фоновое излучение (излучение стенок корпуса и отдельных элементов стенда).

Тест-объекты изготавливаются в виде диафрагм различной формы и размеров. Они повторяют видимые угловые размеры разнообразных целей и фонов. Обычно они устанавливаются перед излучателем и находятся в фокальной плоскости объектива коллиматора.

Так, РРТ в СКИ-Д (стенд калибровочный измерительно-дифференциальный) с пропускающе-отражающими мирами формируется за счет излучения от нагреваемого источника и излучения отраженного от стенок корпуса. Температура мира считается равной температуре стенок корпуса. Стабилизация разности температур осуществляется электронной системой регулирования, в соответствии с реакцией датчиков температур (элементов сопротивления) установленных непосредственно на излучателе и на оправе, в которой установлена пластинка с мирами. В процессе работы увеличение температуры мира, за счет нагрева источником излучения, вызывает автоматическую стабилизацию уровня задаваемой разности температур, т. е. повышение температуры излучателя. Влияние источника излучения на температуру стенок корпуса значительно меньше, чем на пластинку с мирами, т. е. $T_{\text{м мир}} > T_{\text{м корр}}$, что приводит к увеличению уровня РРТ на выходе коллиматоров в процессе испытаний.

Реальное неравенство температуры мира и окружающей среды ($T_{\text{мир}} \neq T_a$), наблюдается и в стендах с классическими излучающе-пропускающими мирами.

В целях устранения неопределенности, связанной с неравенством температур мира и корпуса, датчики температуры необходимо установить непосредственно на стенках корпуса. Основными причинами, приводящими к неконтролируемому перераспределению температур между излучателем и миром являются:

- наличие лучистого и конвективного теплообмена между источником фонового излучения и миром;
- уменьшение теплопроводности за счет наличия “термобарьеров” в местах контакта мира с корпусом СКИ-Д и особенно при использовании турелей или других устройств для автоматизированных процессов смены мир;
- некорректное измерение температуры мира T_2 , т.к. из-за малых размеров мир и необходимости быстрой их смены в процессе испытаний, термодатчик устанавливается не на мире, а на корпусе турели с мирами.

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЛОЙ ЛОПАТКИ ВЕНТИЛЯТОРА ТРДД

ENABLING TECHNOLOGY OF PRODUCTION DEVELOPMENT OF DUAL-FLOW TURBOJET ENGINE HOLLOW FAN BLADE

А.В. Чередниченко^{1,2} - к.т.н., Ю.М. Темис^{1,2} - д.т.н., проф.

С.В. Мыльников², А.И. Факеев²

¹МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

²ФГУП ЦИАМ им. П.И. Баранова, Москва, Россия

Abstract. Computing experiments based on developed mathematical models of blank deformation during isothermal stamping and superplastic forming were carried out. This numerical simulation permitted to develop the enabling technology of production of turbojet engine wide chord hollow fan blade.

Для создания и производства новых высокоэкономичных и конкурентоспособных турбореактивных двухконтурных двигателей (ТРДД) необходимо освоение ряда ключевых технологий производства. Одной из важнейших деталей авиационного двигателя является лопатка вентилятора, обеспечивающая большую часть тяги, создаваемой двигателем. Снижение веса лопатки при сохранении необходимых эксплуатационных свойств приводит к значительному увеличению КПД двигателя и улучшению всех его параметров. Поэтому создание полых лопаток вентилятора и разработка технологии ее производства являются важнейшими задачами.

Технологический процесс производства полых лопаток состоит из следующих основных операций: диффузионная сварка нескольких титановых листов в плоскую заготовку; изотермическая штамповка этой заготовки для придания ей сложной пространственной формы и сверхпластическая формовка (СПФ) пространственной заготовки в конечную деталь с одновременным формированием внутреннего силового набора, подкрепляющего внешние обшивки лопатки.

Чтобы изготовить качественную деталь, необходимо не только обеспечивать необходимое формоизменение заготовки на каждом переходе, но и учитывать технологическую наследственность операций. В частности, было выявлено влияние кривизны поверхности корыта заготовки после изотермической штамповки на качество изготавливаемой детали на операции СПФ. Также необходимо спроектировать такую заготовку, при штамповке которой в ней будет возникать более равномерное напряженно-деформированное состояние, одновременно необходимо и проектирование и штамповой оснастки, и самого процесса изотермической штамповки, различные варианты которых формируют разные условия деформирования, и, как следствие, неодинаковое распределение напряжений и деформаций по телу заготовки. Поэтому, для решения поставленной задачи был использован итерационный процесс проектирования, в котором после анализа штамповки одного варианта заготовки в соответствующей штамповой оснастке вносились изменения в конструкцию рассматриваемых элементов и проводился следующий блок расчетов. Анализ проводился путем вычислительного эксперимента с помощью метода конечных элементов, для которого была создана математическая модель процесса изотермической штамповки.

Качество готовой детали оценивается после последней операции СПФ детали. Для анализа операции СПФ была создана другая математическая модель, описывающая поведение материала при малых скоростях деформирования. Анализ операции сверхпластической формовки позволил выявить характерные виды возможного брака, их причины и необходимые условия для формирования качественной детали.

Проведенная работа позволила разработать эффективную технологию изготовления полых лопаток вентилятора, обеспечивающую заданные характеристики изделия.

РАЗРАБОТКА МИВАРНОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ В ОБЛАСТИ ГЕОМЕТРИИ, С БОЛЕЕ ЧЕМ 170 ПРОДУКЦИОННЫМИ ПРАВИЛАМИ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

DEVELOPMENT OF REAL-TIME MIVAR EXPERT SYSTEM FOR THE SOLUTION OF PROBLEMS IN GEOMETRY, WITH MORE THAN 170 PRODUCTION RULES

М.О. Чибирова¹ – студ., О.О. Варламов² – д.т.н., проф.

¹Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ,

²Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет

Abstract. MIVAR expert system "UDAV. The geometry" solves all the tasks for 39 objects and 177 rules in real time helping both teachers and students.

Решение задач треугольников в области геометрии является хорошим тестовым примером для экспертных систем с логическим выводом. Считается, что логический вывод это полно-переборная задача с факториальной вычислительной сложностью, которая зависит от количества правил. Область "Геометрия. Треугольники" хорошо изучена и описана в учебниках. В нашем случае мы взяли 39 объектов-переменных (углы, стороны, высоты и т.д.), которые описываются 177 правилами - зависимостями одних объектов от других. Решение задач состоит в том, что по заданному набору входных параметров ("дано") надо найти выходные параметры ("найти"). Ученику известны все уравнения и зависимости в этой области. Тогда под каждую "задачу" надо составить алгоритм ее решения, затем вычислить и получить из "дано" требуемые "найти".

Известно 2 метода решения: 1) логическим выводом строить алгоритмы и 2) сформировать матрицу всех алгоритмов для любых наборов "дано" и "найти". В первом случае для предикатов вычислительная сложность определяется количеством правил, т.е. 177! (факториал). Для второго случая под каждый набор входных и выходных данных требуется до 39! строк матрицы. Оба варианта не осуществимы на практике.

Есть третий вариант: миварные сети, которые управляются потоком входных данных и могут автоматически конструировать алгоритмы с линейной вычислительной сложностью логического вывода. Носов А.В. реализовал миварный метод в программе "УДАВ", которая решает все задачи для 39 объектов и 177 правил в реальном времени.

На основе опроса преподавателей средней школы был выявлен наиболее удобный интерфейс проекта, показанный на рисунке 1: сначала задают "дано" и "найти", затем программа вычисляет переменные и рисует алгоритм решения задачи.

Практическая польза: преподаватель может готовить индивидуальные задания и проверять контрольные задания, а ученики сами получают объяснения в программе.

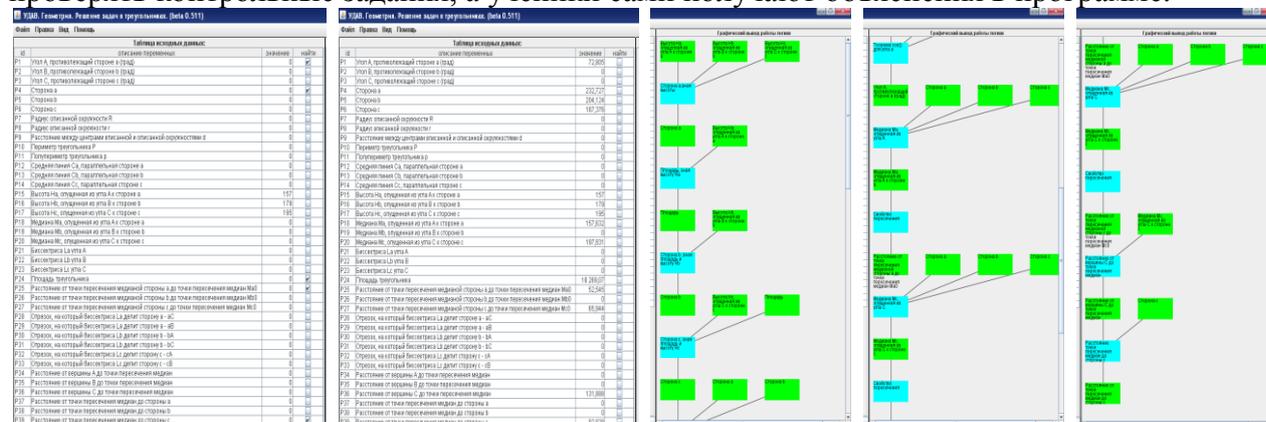


Рис. 1.

Вывод. Миварная экспертная система "УДАВ. Геометрия" в реальном времени решает все задачи для 39 объектов и 177 правил, что помогает и учителям, и ученикам.

ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ОПТИМИЗАЦИИ ФОРМЫ ДЕТАЛЕЙ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

PROCESS ORGANIZATION OF GAS TURBINE ENGINE PARTS OPTIMIZATION

Д.А. Якушев – начальник сектора
ФГУП Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И. Баранова

Abstract. Concepts of using optimization technologies for structural design are considered. Results were obtained using developed FE analysis program connected with SQP optimization procedure.

Рассмотрены общие принципы и примеры применения методов оптимизации формы детали при автоматизированном проектировании деталей и узлов газотурбинных двигателей (ГТД). Процесс создания новой конструкции является итерационным и многостадийным, и оптимальное проектирование как один из этапов автоматизации сокращает трудоемкость проектирования, позволяя найти наилучшую конструкцию, удовлетворяющую технологическим и прочностным ограничениям и обеспечивающую минимум заданной целевой функции.

Процесс оптимизации разделяется на несколько стадий: формирование функции цели, критериев и ограничений; параметризация деталей и выбор управляемых параметров; создание расчетной модели; выбор метода оптимизации; решение задачи оптимизации.

Выбор функции цели, критериев и ограничений зависит от постановки задачи оптимизации и назначения детали или конструкции. Рассмотрены различные функции цели: минимум массы и напряжений, максимум жесткости и т.д. Функция цели определяет набор ограничений, накладываемых на параметры проектирования и на параметры состояния конструкции: размеры, напряжения, перемещения и др. При автоматизированном процессе детали должны быть представлены в виде параметризованных объектов. Форму детали или конструкции задает вектор геометрических параметров, позволяющий построить замкнутую геометрическую модель детали или конструкции. Выбор управляемых параметров зависит от цели проектирования и ограничений. Сложность и порядок расчетной модели определяют допускаемая точность расчета и располагаемое время на решение задачи. Выбор метода оптимизации связан с заданием параметров, размерностью параметрического пространства, гладкостью функций цели и ограничений, постоянным или переменным набором ограничений по итерациям.

На ряде примеров конструктивной оптимизации пера лопатки и диска компрессора показана эффективность применения средств оптимального проектирования и зависимость результатов решения от выбранных критериев и ограничений. Рассмотрена задача снижения массы конструкции и получения напряженно-деформированного состояния в лопатке и диске, удовлетворяющего требованиям и ограничениям по технологичности и прочности.

Результаты получены с помощью программного комплекса, состоящего из модуля анализа конструкции на основе метода конечных элементов (МКЭ) и модуля оптимизации на основе алгоритма последовательной квадратичной аппроксимации. Универсальность комплекса заключается в том, что он позволяет в качестве модуля анализа использовать различные программы МКЭ.

СЕКЦИЯ 8.

**Вибрационные процессы и системы,
вибрационная диагностика**

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ БЕЗВИБРАЦИОННЫХ ЧАСТОТ ВРАЩЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ОБРАБОТКЕ

METHOD FOR DETERMINING VIBRATION-FREE FREQUENCIES OF TOOL ROTATION FOR HIGH-SPEED MACHINING

П.А. Быков – асп., В.М. Утенков – д.т.н., проф., зав. каф.
МГТУ им. Н.Э. Баумана

Abstract. In this work the authors expound two variants of method for determining vibration-free frequencies of tool rotation for high-speed machining. It is also an example of the experimental use of one of them.

Высокоскоростная обработка (ВСО) является наиболее прогрессивной технологией для фрезерования.

Одно из преимуществ ВСО заключается в высоких частотах воздействия инструмента на заготовку, которые значительно превышают частоты собственных колебаний технологической системы, имеющих наибольшие амплитуды и способных вызвать вибрации.

Современный инструмент, изготовленный из твердого сплава и имеющий сверхтвердое покрытие должен работать без вибраций для достижения высокой производительности съема материала, необходимого качества поверхности и приемлемой стойкости.

Методика определения безвибрационных частот вращения инструмента при высокоскоростном фрезеровании может быть реализована двумя способами.

Первый способ заключается в проведении пробных проходов на всем диапазоне допустимых частот вращения с минимальной глубиной резания и одинаковой подачей на зуб. После этого глубина резания увеличивается, а частоты, при которых возникли вибрации, исключаются из дальнейшего эксперимента. Таким образом, либо достигается предельная глубина резания для данного инструмента или определяется такая глубина, при которой вибрации возникают на любой частоте. Далее подсчитывается объем снятой стружки и выявляются максимально производительные режимы.

Второй способ отличается порядком действий и заключается в определении предельной глубины резания для каждой частоты вращения шпинделя.

Для практической реализации первого варианта методики в лаборатории кафедры МТ-1 был проведен эксперимент. Во время эксперимента использовалось следующее оборудование: фрезерно-гравировальный 3-х координатный станок с ЧПУ портального типа САМ 1520 фирмы VHF, измерительная система для анализа сил резания фирмы Kistler, однозубые фрезы, диаметром 6 мм ES-HB-600-6-140-40 фирмы VHF. Материал заготовки – В95 Пч Т2.

В результате проведения эксперимента были получены графики сил резания для частот вращения от 20000 до 50000 об/мин, при глубинах резания от 0,1 до 2 мм.

Рекомендованная частота вращения для фрез составляла 25000 об/мин, однако, после анализа графиков было выявлено, что оптимальными частотами являются 33000 и 41000 об/мин, а резонансные частоты 23000, 38000 и 48000 об/мин.

Так же косвенным результатом является определение сил резания, в качестве входных данных для моделирования деформации детали в процессе обработки.

Работа выполнена в рамках ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009-2013 годы.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ВИБРОИЗОЛИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

THE MATHEMATICAL DESCRIPTION OF THE SPATIAL VIBRATION ISOLATION DEVICES

Е.Г. Гурова – к.т.н, доц., специалист по инновациям
ФБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»

Abstract: Considers the technique of describing the spatial vibration and vibration isolation using ideal mathematical apparatus– quaternions.

Сегодня одной из актуальных проблем является шум и вибрация, создаваемые работающими машинами и механизмами. Данная инженерная задача наиболее остро стоит в автомобилестроении, судостроении, локомотивостроении, промышленности во всех областях техники. Вибрация, генерируемая энергетическими установками транспортных средств, оказывают значительное негативное влияние на надёжность и работоспособность различных устройств. Особенно опасны такие колебания для человека, вызывая различные заболевания.

Как известно вибрация – произвольные пространственные колебания. Для ее представления предлагается быстрый метод описания пространственной вибрации, при использовании математического аппарата - кватернионы. Гиперкомплексные числа позволяют увидеть, как изменится суммарный вектор колебаний в пространстве и оценить мгновенные изменения вибрации во всем пространстве с помощью одного уравнения:

$$\bar{q}(t) = u(t) + x(t) \cdot \bar{i} + y(t) \cdot \bar{j} + z(t) \cdot \bar{k}, \quad (1)$$

где $\bar{q}(t)$ - общий вектор вибрации в пространстве; $u(t)$ - скорость изменения положения вектора вибрации; $x(t); y(t); z(t)$ - координатные положения точки вибрации в пространстве; $\bar{i}; \bar{j}; \bar{k}$ - единичные векторы (орты); $r(t)$ - амплитуда вектора в пространстве; \bar{e} - направляющий вектор.

Из уравнения (1) видно, что с помощью кватернионов можно учесть величину жесткости относительно каждой оси и амплитуду колебаний в любой точке пространства. Применение предлагаемого математического аппарата для описания вибрационных колебаний в пространстве позволяет разработать методики расчета и проектирования трехмерных виброизолирующих устройств.

В связи с вышесказанным, предлагается эффективный трехмерный виброизолятор, который будет полностью отвечать современным требованиям пространственной виброизоляции. Методика расчета и проектирования таких виброизолирующих устройств основывается на математическом аппарате - гиперкомплексные числа:

$$\bar{q}(t) = u(t) + \bar{r}(t), \quad (2)$$

где $u(t)$ - скорость изменения положения вектора вибрации; $\bar{r}(t)$ - амплитуда вектора в пространстве.

Кватернионы позволяют описать мгновенные изменения пространственной вибрации и учесть их при разработке пространственных виброизолирующих устройств. Предлагается трехосный виброизолятор с электромагнитной компенсацией жесткости, который позволит обеспечить идеальную виброизоляцию как при постоянных по величине, так и при произвольно меняющихся нагрузках относительно всех трех осей одновременно. Трехмерный виброизолятор может быть использован в любой области машиностроения и техники, а также может оказаться очень эффективным для защиты человека от вибраций, генерируемых энергетическими установками транспортных средств.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КВАРЦЕВОГО ГЕНЕРАТОРА**
*MECHANICAL FACTORS INFLUENCE INVESTIGATION IN QUARTZ
OSCILLATOR ELECTROMECHANICAL MODEL*

А.М. Гуськов – д.т.н., проф., **Е.А. Коровайцева** – асс.

Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана, Москва

Abstract. A coupled model of quartz oscillator electric circuit and quartz resonator as a distributed system is represented. Influence of external vibratory field and quartz plate surface quality on oscillator dynamics is analyzed.

Кварцевый генератор представляет собой генератор электрических колебаний, в котором роль резонансного контура играет кварцевый резонатор. Основным элементом резонатора является кварцевая пластина. Существующие методы анализа динамики кварцевого генератора предполагают его рассмотрение только как электрической схемы. При этом кварцевый резонатор заменяется эквивалентной электрической схемой, параметры которой определяются, как правило, экспериментально. Расчет схемы кварцевого генератора производится при помощи специальных программ компьютерного моделирования. Такой подход не позволяет проанализировать влияние механических факторов на динамику генератора. Влияние таких параметров, как температура, давление воздуха, внешние вибрации, изучается только экспериментально. Влияние же качества обработки поверхности кварцевой пластины описано только качественно.

В настоящей работе предлагается связанная модель динамики кварцевого генератора как электрической схемы и кварцевой пластины как системы с распределенными параметрами, причем пластина заключена в объеме воздуха. Для данной модели исследовано влияние внешнего вибрационного поля и качества обработки поверхности пластины на динамику генератора.

Внешнее кинематическое возбуждение учитывается в виде переносных сил инерции. В работе проанализирована зависимость выходного сигнала и нестабильности частоты генератора от направления и амплитуды вибраций. Расчеты проводились для амплитуд вибраций в интервалах от 0 до $\pm 5g$, (g - ускорение свободного падения), действующих в направлениях параллельно и перпендикулярно электродам, находящимся на поверхности пластины. Установлено отклонение формы сигнала от синусоидальной, что является следствием реальной нелинейности системы. Анализ спектра генерируемого сигнала показывает существование выраженной несущей частоты генератора ($f = 24,6$ МГц), а наличие значительных фазовых составляющих вблизи несущей частоты обусловлено отличием формы сигнала от синусоидальной. В работе также определяется кратковременная нестабильность частоты (КНЧ) кварцевого генератора, рассчитываемая за интервал времени порядка 10^{-6} сек. Отмечается существенное влияние внешнего кинематического воздействия на КНЧ генератора и необходимость его виброзащиты.

Для исследования влияния качества обработки поверхности кварцевой пластины на динамику генератора предлагается трехслойная модель пластины. При этом пластина представляется состоящей из трех слоев с различными коэффициентами внутреннего трения. Наружные слои характеризуют поверхностный слой, нарушенный механической обработкой. Внутренний слой монокристаллический. В такой модели необходимо учитывать изменение микрогеометрии поверхности пластины под действием циклически изменяющихся напряжений с соответствующим изменением частоты генератора. В работе предлагается методика такого учета, основанная на изучении зависимости скорости роста трещин в пластине от времени. Проанализированы причины долговременного ухода частоты кварцевого генератора с позиций механики.

**РАСЧЕТ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ОБЪЕМОВ КОЭФФИЦИЕНТОВ
ПРИСОЕДИНЕННОЙ МАССЫ И ДЕМПФИРОВАНИЯ ДЛЯ
ВИБРИРУЮЩИХ В ЖИДКОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ТЕЛ**
*CALCULATION OF ADDED MASS AND DAMPING COEFFICIENTS OF
VIBRATING IN FLUID CYLINDRICAL BODIES BY FINITE VOLUME METHOD*

Е.С. Крутько — асп., Ф.Д. Сорокин — д.т.н., проф.
МГТУ им. Н.Э.Баумана

Abstract. An evaluation of added mass and damping coefficients method is proposed for cylindrical body vibrating in fluid. The solution is achieved with the aid of open source finite volume code OpenFOAM. The results are verified by analytical solution.

При обосновании прочности и надежности работы ответственных конструкций, таких как активная зона водо-доляного энергетического реактора, требуется проводить различные исследования по статическому и динамическому нагружению элементов конструкции. Динамический расчет поведения основных элементов активной зоны — тепловыделяющих сборок — требует учета наличия потока теплоносителя. Принимая во внимание сложность конструкции тепловыделяющей сборки и их количество в активной зоне, полномасштабный динамический расчет связанной задачи взаимодействия потока теплоносителя и элементов активной зоны не представляется возможным вследствие ограниченности вычислительных ресурсов. В подобных случаях влияние жидкости приводят к свойствам конструкции, вводя дополнительную массу и коэффициент демпфирования, и выполняют решение механической задачи.

Вместе с тем, определение присоединенной массы и коэффициента демпфирования для объектов со сложной пространственной геометрией является нетривиальной задачей. Аналитическое решение возможно получить лишь для простых геометрических объектов, поэтому для решения подобных задач широко применяются численные методы, такие как метод конечных элементов и метод конечных объемов.

В работе описывается методика определения коэффициентов присоединенной массы и демпфирования для колебания цилиндрического тела в концентричном зазоре, заполненным жидкостью (рисунок 1), на основе решения, полученного методом конечных объемов. Для реализации численного моделирования выбран пакет программ с открытым исходным кодом OpenFOAM. Подвижная среда представлена вязкой несжимаемой ньютоновской жидкостью, состояние которой описывается уравнением Навье-Стокса. Течение жидкости в зазоре принято ламинарным. Проведено сравнение результатов, полученных моделированием по методу конечных объемов и решением аналитических дифференциальных уравнений численными методами, установлено хорошее согласование двух решений. Были выполнены серии расчетов с различными значениями частоты колебаний цилиндра и вязкости жидкости для исследования влияния этих параметров на величины коэффициентов присоединенной массы и демпфирования.

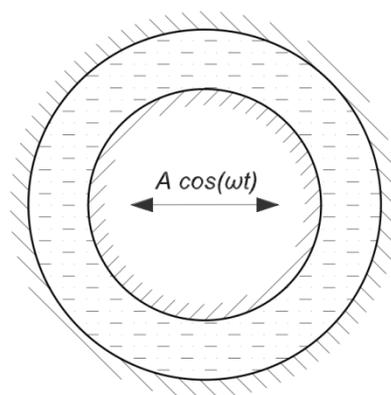


Рис. 1. Расчетная схема

По результатам проведенного исследования можно сделать выводы о возможности использования комплекса OpenFOAM для исследования влияния жидкости на движения тел. В дальнейшем предполагается развивать представленную методику для учета сжимаемости жидкости и ее турбулентного движения, а так же для учета реальных геометрических параметров тепловыделяющих сборок.

ВЛИЯНИЕ ВЯЗКО-УПРУГОГО ОСНОВАНИЯ НА ФАЗОВУЮ СИНХРОНИЗАЦИЮ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

INFLUENCE OF THE IS VISCOUS-ELASTIC BASIS ON PHASE SYNCHRONIZATION OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTORS

А.В. Леонтьева – асп.

Нижегородский филиал Института машиноведения им. А.А. Благодирова РАН

Abstract. In work questions of synchronization of unbalanced rotors of the asynchronous electric motors established on the general is viscous-elastic basis are studied. The reasons of occurrence of a mode of synchronization are established. In work the mathematical model of system of three engines is considered. In the second approach of a method of averaging the stationary mode of frequency synchronization is found out.

В природе и технике синхронизация встречается довольно часто и играет как положительную, так и отрицательную роль. Одна из причин многих аварий в энергоемком оборудовании является синхронизация частот вращения роторов, посредством вибрации основания в процессе работы двигателей. Режимы синхронизации возникают произвольно при подходящих параметрах конструкции, такие режимы устойчивы и разрушить их очень сложно. Поэтому задача о выявлении стационарных режимов синхронизации, их устойчивости и своевременное предотвращение отрицательного эффекта синхронизации в конструкциях со многими источниками вибрации, является одной из важных задач механики и техники.

Математическая модель, описывающая движение колебательной системы, представляет систему дифференциальных уравнений

$$m\ddot{y} + k\dot{y} + py - \sum_{i=1}^3 m_i r_i \left(\ddot{\phi}_i \sin \phi_i + \dot{\phi}_i^2 \cos \phi_i \right) = 0,$$
$$I_i \ddot{\phi}_i + H_i \left(\phi_i, \dot{\phi}_i \right) - L_i \left(\phi_i, \dot{\phi}_i \right) - m_i r_i \ddot{y} \sin \phi_i = 0, \quad i = 1..3$$

где y – линейная координата, характеризующая вибрацию основания, ϕ_i – углы отклонения эксцентров от оси y , m – масса основания, p – коэффициент упругости основания, k – коэффициент диссипации основания, m_i – массы эксцентров первого, второго и третьего двигателей, r_i – радиусы инерции эксцентров (эксцентриситеты), I_i – моменты инерции роторов в отсутствие дисбаланса, $L_i \left(\phi_i, \dot{\phi}_i \right)$ – движущий моменты, $H_i \left(\phi_i, \dot{\phi}_i \right)$ – моменты сил сопротивления вращению роторов. Первое уравнение описывает вынужденные колебания платформы, второе, третье и четвертое уравнения описывают динамику источников возбуждения, т.е. вращения роторов электродвигателей первого, второго и третьего соответственно.

Наличие в системе малого параметра позволяет исследовать эту систему приближенными методами. Наиболее эффективным методом приближенного аналитического исследования нелинейных колебательных систем с малым параметром является метод осреднения. Во втором приближении метода обнаружены резонансные соотношения, характеризующие эффект синхронизации между тремя двигателями в механической системе, т.е. частоты вращения двигателей близки между собой, но далеки от частоты колебаний платформы.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОГО УДАРА СТУПЕНЧАТОГО СТЕРЖНЯ О ЖЁСТКУЮ ПРЕГРАДУ КАК МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ДИСКРЕТНЫМИ МАССАМИ И УПРУГИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

MODELLING OF THE LONGITUDINAL IMPACT OF THE STEPPED BAR ON A RIGID BARRIER AS MECHANICAL SYSTEM WITH DISCRETE MASSES AND ELASTIC ELEMENTS

К.С. Листрова – асп.

ГОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет»

Abstract. The model of the longitudinal impact of rod as mechanical system with finite number of degrees of freedom was designed. The equations of the motion are transformed to type, when in structure of the equations a parameter, defining velocity of the sound in rod's material, is presented. This allows direct comparison of the results with one for wave model of longitudinal impact.

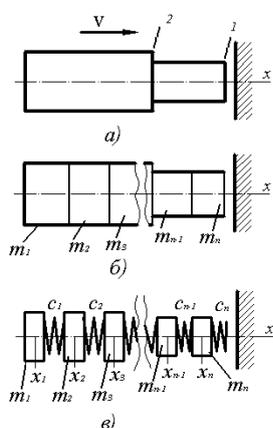


рис.1.
Схема и модель продольного удара ступенчатого стержня о жесткую преграду

Для моделирования продольного удара ступенчатого стержня массой m_c , движущегося со скоростью v , о жесткую преграду (рис. 1а) предлагается модель, в которой ступенчатый стержень представлен n -м количеством цилиндрических конечных элементов с массами $m_1, m_2, \dots, m_{n-2}, m_{n-1}, m_n$ (рис. 1б), связанных упругими элементами жесткостью c_j (рис. 1в). Движение j -й массы описывается дифференциальным уравнением вида $m_j \ddot{u}_j = c_{j-1}(u_{j-1} - u_j) - c_j(u_j - u_{j+1})$, $j=1, 2, \dots, n-1, n$ (1). При начальных условиях $t=0$, $u_j = u_{j,0}$, $\dot{u}_j = \dot{u}_{j,0}$ преобразуем уравнения (1) к виду:

$$\ddot{u}_j = \frac{n^2 a \tilde{A}_{j-1}}{l T_o} (u_{j-1} - u_j) - \frac{n^2 a}{l T_o} (u_j - u_{j+1}), \text{ где } \tilde{A}_{j-1} = \frac{A_{j-1}}{A_j} \text{ и } T_o = \frac{l}{a} \quad (2),$$

где n – количество элементов стержня, a – скорость распространения звука в материале стержня, A_{j-1}, A_j – площадь поперечного сечения элемента стержня, T_o – время распространения волны по стержню, длиной l .

На основе численного решения уравнений (2) строим диаграмму сил, возникающих в ударном сечении 1 (рис. 1а). Значение сил представляем в безразмерном виде

$$\tilde{P} = \tilde{P}_n = \frac{n \cdot \tilde{A}_{n,o} \cdot \tilde{u}_n \cdot a}{v}, \text{ где } \tilde{A}_{n,o} = \frac{A_n}{A_o}, \tilde{u}_n = \frac{u_n}{l} \text{ и } \tilde{t} = \frac{t}{T_o}.$$

На рис. 2 показаны диаграммы сил в ударном сечении 1 (рис. 1а) при ударе двухступенчатого стержня с равной длиной ступеней и отношением площадей поперечных сечений ступени стержня со свободным торцом 2 (рис. 1а) и ступени с ударным сечением 1 (рис. 1а) равном 2.

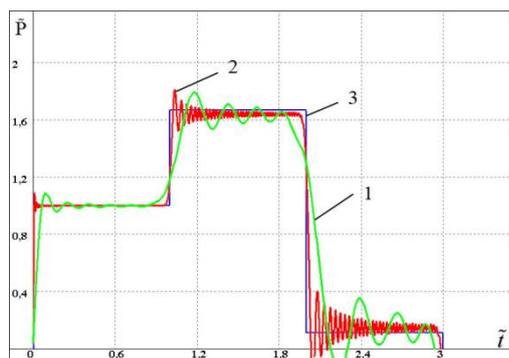


рис.2.
Диаграммы сил в ударном сечении

Диаграмма 1 соответствует рассмотренной дискретной модели при разбиении каждой ступени стержня на 10 элементов (2 ступени, $n = 20$); 2 - 2 ступени, $n=200$; диаграмма 3 соответствует результату моделирования с использованием волновой модели продольного удара. Как видно из диаграмм при увеличении числа участков увеличивается точность решения. Также из диаграмм видно соответствие характера нагружения ступенчатого стержня при различных подходах к решению задачи (дискретная и волновая модели).

О ПРЕДПОСЫЛКАХ ДЛЯ АВТОБАЛАНСИРОВКИ РОТОРОВ* BACKGROUNDS FOR SELF-BALANCED ROTOR

А.Н.Никифоров – с.н.с., к.т.н.
ИМАШ РАН

Abstract. These theses are about dynamics of horizontal, subcritical, unbalanced rotor with an enclosure which is filled by the heavy or magnetic fluid and contains rigid bodies (light or heavy balls or hollow cylinder). Research purpose is a detection of the stable rotor rotation with the comparatively low amplitude of lateral oscillations.

Исследование поперечной вибрации ротора, взаимодействующего через слой жидкости с плавающим элементом, требует рассмотрения системы “ротор - среда - элемент” с учетом их подвижности, упругости и гидродинамических сил. При такой постановке задачи возможно получение и описание новых динамических эффектов, связанных с влиянием на движение роторной системы результирующей упругих гидродинамических сил, которая пропорциональна квадрату частоты вращения ротора.

В случае полого цилиндра гидродинамический механизм заключается в следующем. При вращении ротора жидкость, находящаяся в его полости, под действием сил трения вращается синхронно с ротором и приводит в такое же вращение цилиндр. При этом она располагается по периферии полости, отжимая цилиндр к центру вращения, поскольку его масса $m_{ц}$ меньше массы, вытесненной им тяжелой жидкости $m_{\text{выт.ж}}$, что можно показать аналитически.

Результирующая элементарных центробежных сил, действующих внутри всего объема полого цилиндра $V_{ц}$ при расположении его центра тяжести на расстоянии r от оси вращения, равна:

$[\rho_{ц}(V_{ц}-V_{г})+\rho_{г}V_{г}] r\omega^2=m_{ц}r\omega^2$, где $\rho_{ц}$ - плотность материала цилиндра, $\rho_{г}$ и $V_{г}$ - плотность и объем газа, ω - угловая скорость вращения.

В то время как результирующая элементарных центробежных сил, действующих на этот цилиндрический объем, в случае если бы он был занят тяжелой жидкостью:

$$\rho_{ж}V_{ц}r\omega^2=m_{\text{выт.ж}}r\omega^2.$$

Отсюда при радиальных перемещениях цилиндра с массой меньше массы, вытесненной им жидкости, возникает линейная сила $F_1=(m_{\text{выт.ж}}-m_{ц})r\omega^2$, перемещающая цилиндр к оси вращения, которая исчезает только при совпадении его центра тяжести с осью вращения ($r=0$).

Кроме того, в случае использования магнитной жидкости и магнитного цилиндра одновременно достигим и магнитостатический механизм самоцентрировки. Так как поле вокруг цилиндра симметрично, то распределение давления в магнитной жидкости также симметрично, и на центрально расположенный магнитный цилиндр действуют уравнивающие магнитные силы. При смещении цилиндра-магнита от центрального положения симметрия поля нарушается; а именно на той поверхности магнитного цилиндра, которая дальше от центра, магнитные силы и поле получаются наибольшими. При этом магнитная жидкость стягивается в эту зону, и давление в ней достигает максимума именно там, где поле наибольшее. Как следствие на цилиндр действует возвращающая (центрирующая) сила F_2 по направлению к центру.

Описанные эффекты положены в основу разработки системы автоматического уравнивания роторов. Построены грубые математические модели, а также выполнены предварительные вычислительные и натурные эксперименты. Разрабатываемое автобалансирующее устройство является пассивной системой виброгашения колебаний неуравновешенного ротора, и поэтому будет отличаться простотой и надежностью.

*Работа поддержана РФФИ грант № 11-08-90434-Укр_ф_а.

**ПРЕДПОСЫЛКИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ МИКРОГИДРОУДАРОВ
В РАБОЧЕЙ СРЕДЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ОПОР**
*PRECONDITIONS OF OCCURRENCE OF MICROHYDRAULIC BLOWS
IN THE WORKING ENVIRONMENT OF HYDRAULIC SUPPORT*

А.Н. Осмехин-асп., А.Б. Гордеев-к.т.н, В.П. Горсков-асп., С.Н. Охулков-н.с.
Нижегородский филиал института машиноведения им. А.А. Благонравова РАН

Abstract. Tests of different design options for hydraulic outriggers revealed the presence of metal in the working environment of suspensions ranging in size from 10^{-8} to 10^{-6} m. It has been suggested that these particles arise from the small hydraulic impacts. Hydraulic impacts, in turn, are caused by collapse of cavitation bubbles in the fluid. Cavitation zone may eventually be produced in large bubbles - bubble clusters. Cavitation bubbles in the fluid are the result of the turbulent flow of fluid into the throttle channel hydraulic support.

Основные причины, провоцирующие появление кавитационных зон, рассмотрены на примере гидроопоры ОГ-90. Этот тип гидроопоры предназначен под статическую нагрузку 90 кг, динамическую нагрузку до 70 м/с^2 и работу в частотном диапазоне до 500 Гц.

Гидроопора содержит две камеры: рабочую и компенсационную, разделенные гибкой диафрагмой. Дроссельные отверстия в диафрагме можно разместить и в ее узлах и в пучностях. При выполнении дроссельных отверстий в узлах диафрагмы дросселирование рабочей жидкости через них происходит как в неподвижной перегородке и эффект настройки гидроопоры на заданную частоту спектра отсутствует. Для увеличения амплитуды n -ой гармоники в пучностях, образующей стоячие волны, на диафрагме можно выполнять отверстия. При этом в пучностях колебаний диафрагмы для обеспечения настройки на заданные частоты необходимо выполнить дополнительные дроссельные отверстия меньшей площади.

При работе гидроопоры, настроенной на определенную частоту спектра входного вибросигнала через дроссельные отверстия, расположенные в пучностях диафрагмы, рабочая жидкость протекает с большей скоростью, чем через отверстия, расположенные в узлах диафрагмы. Следовательно, диссипация энергии колебаний на данной частоте будет выше. Гидроопоры подобного типа можно настраивать на определенные частоты и использовать их как заградительные узкополосные фильтры.

Аналогичные процессы происходят при смене полярности входного вибросигнала.

Конструкция данной гидроопоры предполагает разъемный вариант исполнения. Это позволяет экспериментировать с различными составами рабочей жидкости.

Демпфирование колебаний в гидроопоре происходит, в основном, за счет сил инерции колеблющейся жидкости в рабочей и компенсационной полостях, дроссельных каналах и за счет внутреннего трения слоев жидкости при ее дросселировании. Данная конструкция обеспечивает большую диссипацию энергии колебаний на резонансных частотах.

Полученные экспериментально данные показывают, что критическое число Рейнольдса не универсально и что на процесс ламинарно-турбулентного перехода оказывают влияние индивидуальные свойства жидкости или газа.

Повышение температуры рабочей жидкости гидроопоры приводит к возникновению в дроссельных каналах её турбулентного течения.

Неизбежным следствием турбулентного течения рабочей жидкости в дроссельных каналах является наличие кавитационных пузырьков – пузырьков кластеров, которые могут с течением времени образовываться в пузырьки большого размера (до объема воздушной полости равного 1 см^3 и более), что является отрицательным фактором, влекущим к постепенной разгерметизации гидроопоры.

О РЕЗОНАНСНОЙ НАСТРОЙКЕ СТЕРЖНЕВОЙ СИСТЕМЫ С ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ВОЗБУДИТЕЛЕМ КОЛЕБАНИЙ

RESONANS TURNING OF THE ROD SYSTEM WITH PIEZOELECTRIC EXCITATION

К.А.Пичугин – н.с.

Институт машиноведения им.А.А.Благонравова РАН

Abstract. The optimization problem of rod oscillatory system parameters ultrasonic technological set is solved. Lengths of the rods exciting by the piezoelement and frequency of oscillations from a condition of realization of the maximum amplitude at the restrictions caused by mechanical strength of system elements and a condition of electric a piezoelement durability.

Широкое использование стержневых колебательных систем в ультразвуковых технологических установках вынуждает искать способы их настройки на оптимальные режимы работы. Такой настройкой, как правило, является резонансная настройка, обеспечивающая максимальную амплитуду колебаний рабочего торца стержневой системы [1].

Схема ультразвуковой стержневой системы с продольными колебаниями волноводов показана на рис. 1, где 1, 3 – волноводы длиной l_1, l_3 ; 2 – пьезоэлектрический возбудитель колебаний (пьезоэлемент), 4 – рабочий торец стержневой системы. Возбудитель колебаний получает питание от генератора электрических колебаний.

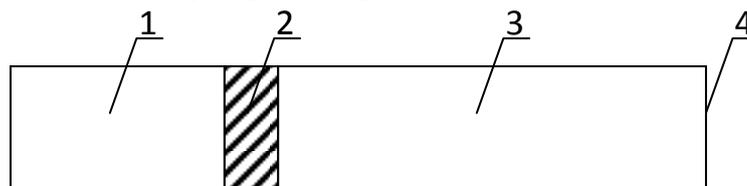


Рис. 1. Типовая схема ультразвуковой стержневой системы

В работе приводятся уравнения пьезоэлектрического возбудителя и записанные в операторном виде уравнения колебаний стержней. В результате решения системы уравнений с использованием условий связи элементов системы, показано, что при равенстве длин стержней наилучшей резонансной настройкой является с режим с частотой, равной парциальной частоте стержней. При такой настройке система работает в режиме динамического гасителя, когда в отсутствие потерь энергии торцы пьезоэлемента неподвижны, а колебания стержней уравнивают возникающие в нем силы. Аналогичный результат был получен в [2]. Именно такая конструкция используется в большинстве ультразвуковых технологических. В докладе показано, что достигаемая амплитуда колебаний ограничена требованиями обеспечения прочностью пьезоэлемента

В работе решается общая задача, заключающаяся в отыскании наилучшего соотношения длин стержней, при котором достигается максимальная амплитуда колебаний рабочего торца. При этом учитываются ограничения, обусловленных механической прочностью элементов системы и условием электрической прочности пьезоэлемента.

Литература

1. Astashev V.K., Babitsky V.I. Ultrasonic Processes and Machines. Dynamics, Control and Applications – Springer. 2007. 330 p.
2. V. Babitsky, V. Astashev. Vibration control of energy transfer and penetration during ultrasonically assisted machining // Nonlinear phenomena in polymer solids and low-dimensional systems. International conference. Moscow. 2008. P. 60-70.

АНАЛИЗ РЕШЕНИЙ УРАВНЕНИЯ МАТЬЕ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ НЕСТАЦИОНАРНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

DECISION ANALYSIS OF MATHIEU EQUATION IN SIMULATION OF NONSTATIONARY ELECTRIC DRIVE

А.А.Приходько – студ., **А.В.Нестеров** – доц., к.т.н., **С.В.Нестеров** – доц., к.т.н.
Кубанский государственный технологический университет

Abstract. The mathematical model of an asynchronous electric drive with unbalanced rotor and the decisions of Mathieu equation on base of modified diagrams with the equal-sized lines as well as the method for their usage are suggested. Amplitude limitation problem of rotor oscillations is solved by means of the parametric synthesis and mounting of an auxiliary bearing.

В докладе приведены результаты цифрового моделирования асинхронного электропривода гироскопической системы при постоянной угловой скорости. В этом случае его математической моделью служит неоднородное уравнение Матье:

$$\ddot{y} + (a + 2q \cos 2\tau)y = f(\tau).$$

Решение этого уравнения описывает движение (нутацію) неуравновешенного ротора, вращающегося в упругих опорах, под действием электромагнитных сил статора. Названные силы придают нутації характер параметрических колебаний, т. к. жесткость опор ротора становится периодически нестационарной. Анализ функций $y(\tau)$ позволяет решить проблему ограничения нутації ротора допустимыми значениями $y(\tau) < A_{\text{доп}}$ на стадии проектирования электропривода.

В ходе вычислительного эксперимента установлена зависимость устойчивых решений уравнения Матье $y(\tau)$ от соотношения его коэффициентов a и q . Предложено найденную зависимость изображать графически в виде линий равной амплитуды (изоамплитуд). Разработана модифицированная диаграмма Айнса-Стретта, отличающаяся от классической диаграммы наличием изоамплитуд, и соответствующая методика её использования при выборе коэффициентов уравнения Матье, при которых устойчивые решения уравнения $y(\tau)$ принадлежат области допустимых значений.

Рассмотрена также ситуация, когда параметрическим синтезом не удастся решить проблему ограничения нутації ротора. Предложена подшипниковая опора для динамического гашения колебаний ротора, обеспечивающая выполнение условия $y(\tau) < A_{\text{доп}}$. Для оценки эффективности опоры разработана математическая модель с учетом параметрического возбуждения нутації. Частотные и динамические характеристики электропривода, полученные при моделировании, а также соответствующие выводы выработаны.

НАПРАВЛЕННАЯ ВИБРАЦИОННАЯ ПРИРАБОТКА ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

DIRECTED VIBRATION BURNISHING OF BEARINGS

А.В. Пыльнова – асп.

Самарский государственный технический университет

Abstract. In article the questions of improvement of quality of ball bearings by vibrational burnishing are considered.

При введении вибраций при сборке подшипников качения, возможно, целенаправленно управлять формированием контактных связей и процессом приработки подшипников, тем самым перенося режим приработки из этапа эксплуатации на стадию сборки. К одному из колец прикладывают ультразвуковые колебания, а другое подвергают принудительному вращению, сообкатывая с собственным комплектом тел качения. Управляющими параметрами при этом будут являться амплитуда, частота, фаза, схема введения колебаний, а также время их действия на узлы подшипника качения. Производя до приработки анализ вибраций, формируемых при вращении подшипника от максимально допустимой частоты вращения до его полной остановки (на выбеге), можно косвенно оценить качество подшипникового узла. Осуществив аналогичный анализ после приработки подшипникового узла можно провести диагностику и определить степень улучшения показателей качества подшипника, к которым относятся: виброактивность на различных частотах вращения, время выбега, температура подшипникового узла.

Разработана автоматизированная система исследований процессов ультразвуковой приработки, с одновременным контролем комплекса эксплуатационных параметров, по значениям которых судят об эффективности процесса приработки и техническом состоянии подшипника. Схема представлена на рис. 1.

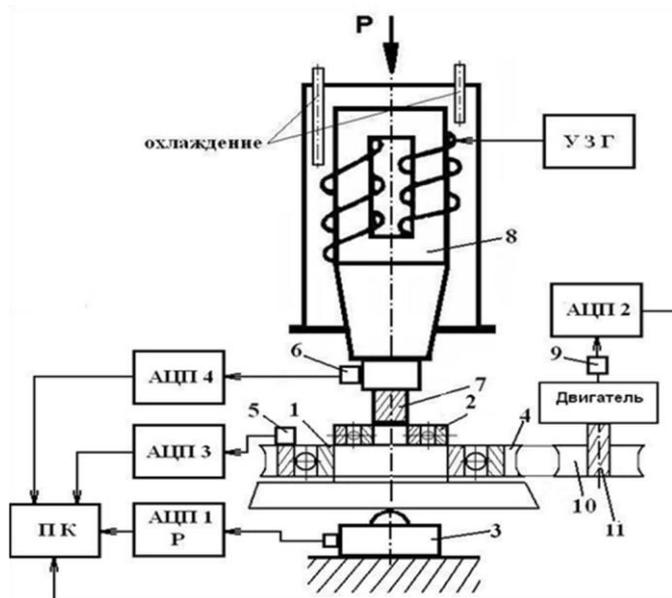


Рис. 1. Автоматизированная система исследований процессов ультразвуковой приработки подшипников качения (1-прирабатываемый подшипник, 2 - промежуточный подшипник, 3 - силоизмерительный датчик, 4 – оправка, 5,6 - датчики вибрации, 7 – концентратор, 8 - магнитострикционный преобразователь, 9 - датчик частоты вращения, 10 – шкив, 11 – вал).

ИДЕНТИФИКАЦИЯ СВОБОДНО ВРАЩАЮЩЕГОСЯ РОТОРА НА ОСНОВЕ ЕГО АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

IDENTIFICATION OF RUN-OUT ROTOR AT NO-LOAD ON BASED HIS ACOUSTICAL CHARACTERISTICS

А.Е.Сеферян – студ., А.В.Нестеров – к.т.н., доц., С.В.Нестеров – к.т.н., доц.
Кубанский государственный технологический университет

Abstract. Paper presents an identification method for the free spinning rotor or a parameterization method of the rotor motion equation. This is based on the regression analysis of experimental sound characteristics which is measured at free shutdown of rotor.

Предложен способ параметризации основного уравнения движения ротора $T d\omega/dt + \omega(t) = M_{вр}(t)$, заключающийся в исследовании акустических характеристик последнего: динамической $L_A(t)$ и статической $L_A(\omega)$. Под динамической характеристикой понимают зависимость уровня звука (громкости) вращающегося ротора при его свободном выбеге от времени, когда $M_{вр}(t) = 0$ и $\omega(t) \rightarrow 0$. Очевидно, что функция $L_A(t)$ убывает монотонно. Поэтому сначала шум ротора записывают в звуковой файл, а затем подвергают фильтрации для выделения низкочастотной составляющей сигнала. Последнюю "сглаживают" методом наименьших квадратов. В результате находят искомую акустическую характеристику ротора $L_A(t)$ как линейную регрессионную модель

$$\hat{L}_A(t) = b_0 + b_1 t. \quad (1)$$

Под статической характеристикой подразумевают зависимость уровня звука стабильно вращающегося ротора от его угловой скорости, когда $M_{вр}(t) = \text{const}$ и $\omega(t) = \text{const}$. Ее также строят по экспериментальным данным как логарифмическую регрессионную модель вида

$$\hat{L}_A(\omega) = c_1 \lg \omega + c_2. \quad (2)$$

Согласно принятой модели движения ротора его угловая скорость убывает экспоненциально

$$\omega(t) = \Omega e^{-t/T}.$$

Подстановка этой функции в уравнение (2) логарифмической регрессии превращает его в линейное

$$\hat{L}_A(\omega, t) = (c_1 \lg \Omega + c_2) - \frac{c_1 \lg e}{T} t. \quad (3)$$

Очевидно, что уравнения (1) и (3) эквивалентны (равносильны). Поэтому равны между собой их коэффициенты и, следовательно, искомая постоянная времени равна

$$T = \lg e \frac{c_1}{b_1}.$$

По предварительной оценке погрешность определения T предлагаемым методом удовлетворительная. Вывод сделан по результатам сравнительных испытаний промышленных электроприводов названным методом и классическим методом свободного выбега ротора. Кроме того, доклад содержит краткий обзор методов идентификации, обоснование регрессионной модели (1) и программу дальнейших исследований.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РОТОРНЫХ МАШИН

THE CONTROL SYSTEM SOFTWARE FOR ACTIVE MAGNETIC ROTOR MACHINES

А.Н. Стариков – к.т.н.

Владимирский государственный университет
имени братьев Столетовых

Abstract. The increase in capacities of rotor machines and increase of operational requirements to their bearing knots, demands creation of the basic knots allowing to perceive the considerable dynamic loadings, capable to provide high degree of reliability and control. One of decisions of the given problem is the active magnetic bearing.

Увеличение мощностей роторных машин и повышение эксплуатационных требований к их подшипниковым узлам, требует создания опорных узлов, позволяющих воспринимать значительные динамические нагрузки, способные обеспечить высокую степень надежности и контроля. Одним из решений данной проблемы является активный магнитный подшипник (АМП).

Магнитный подвес ротора имеет пять каналов управления. Обычно используется раздельное управление подвесом, при котором каждый канал управляется автономно, по сигналу своего датчика положения и имеет одну управляемую координату, т.е. одну степень свободы. Рассматриваемый объект управления неустойчив. Чтобы его стабилизировать, а также придать ему желаемые динамические качества, в канал управления вводится регулятор. Это — динамическое звено, на вход которого поступает сигнал с датчика положения, а выходной сигнал — ток или напряжение, усиленный до необходимого уровня, подается на электромагнит и управляет магнитной силой

Ставится задача разработки автоматизированной системы управления магнитного подвеса с управлением по току и определения оптимальных параметров регуляторов цифровой системы управления АПМ.

Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments
Среда программирования LabVIEW 2011

Данное ПО позволяет отладить систему стабилизации ротора, введя программно в канал управления регулятор. Сигнал управления положения ротора обрабатывался с применением программного ПИД- регулятора, коэффициенты для которого рассчитывались по известной методике, в основе которой лежит использование обратных задач динамики к подвесу с управлением по току электромагнита.

Объект управления представляет собой инерционное звено с передаточной функцией $1/(ms^2)$, охваченное внутренней положительной обратной связью с коэффициентом усиления, равным «отрицательной» жесткости подвеса c_y . Входной сигнал, полученный с датчика положения, имеет синусоидальную форму, где амплитуда соответствует отклонению вала, а частота - текущей скорости вращения ротора, об/мин.

Данное ПО для АМП позволяет выработать управляющий ток, задав основные параметры осевого и двух радиальных подшипников, определить автоматически коэффициенты ПИД-регулятора, для каждого контура управления.

**РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ
РАСЦЕНТРОВКИ ВАЛОПРОВОДОВ ТУРБОАГРЕГАТОВ ПО
ОПОРНЫМ НАГРУЗКАМ**
*DEVELOPMENT OF CONTROL SYSTEMS FOR SHAFTING MISALIGNMENT
OF TURBINE UNITS BY BEARING LOADS*

Д.В.Тарадай - к.т.н., зав. лаб. вибрации, **В.С.Гудошников** – инж.
ОАО «ВТИ»

Abstract. Traditional method of finding shafting misalignments requires disassembly of the coupling compounds, but sometimes disassembly is impossible or unacceptable. Thus, methods that don't require disassembly of the coupling compounds must be developed.

Традиционно проверка центровки валопроводов турбоагрегатов выполняется по полумуфтам, для чего требуется разборка муфтовых соединений. В период проведения ремонта проверка центровки по полумуфтам не вызывает каких-либо затруднений. Однако такой подход неприменим для оценки расцентровок в межремонтный период, когда разборка муфт нежелательна.

ВТИ выполнен ряд работ по оценке расцентровок валопроводов по значениям деформаций верхней фундаментной плиты и статорных частей турбоагрегата. Перемещения опор могут быть определены путём геодезических измерений с применением специального оборудования. Также может производиться учёт всплытия шеек роторов по датчикам вала.

Предложены решения, позволяющие определять расцентровки валопроводов по измеренным значениям опорных нагрузок валопровода. Опорные нагрузки определяются при помощи гидрофицированной установки и малогабаритных силоизмерительных домкратов. Установка позволяет определять нагрузки с точностью в 1%.

Задача по определению смещений опор относительно монтажной линии формулируется следующим образом:

$$[K] \cdot [\Delta x] = [R] - [R_0]$$

где $[K]$ — матрица $N \times N$ коэффициентов влияния, $[\Delta x]$ — неизвестный вектор $N \times 1$ перемещений опор относительно монтажной линии, $[R]$ — вектор $N \times 1$ измеренных опорных нагрузок, $[R_0]$ — вектор $N \times 1$ номинальных опорных нагрузок. Для формирования матрицы коэффициентов влияния решается задача об изменении силовых параметров в валопроводе от единичных смещений опор с учётом их податливости (при необходимости, с учётом всплытия на масляном слое). Также матрица коэффициентов влияния может быть сформирована экспериментальным путём.

Задача по определению смещений опор является плохо обусловленной (неустойчивой по отношению к малым погрешностям исходных данных), поэтому требует специального подхода к решению. Например, возможна формулировка задачи относительно расцентровок, в таком случае требуется решение переопределённой задачи (в смысле наименьших квадратов), что позволяет получить устойчивое решение. Другой подход учитывает факт независимости опорных нагрузок от смещения валопровода как жесткого целого. Тогда производится переход к устойчивой системе размерности $N - 2 \times N - 2$. В таком случае происходит определение смещений относительно некоторой базовой прямой, однако для вычисления расцентровок этот факт не имеет никакого значения, поскольку для их определения используется информация об относительном положении опор.

В результате работы был разработан алгоритм определения расцентровок по опорным нагрузкам, который может быть рекомендован к применению в случае, когда не предполагается разборка муфтовых соединений.

КОГЕНЕРАТОРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

COGENERATION TECHNOLOGIES: OPPORTUNITIES AND PROSPECTS

О.А. Филина - ст. преподаватель, **Ю.А. Ярославцев** - к.т.н., доц.
Казанский Государственный Энергетический Университет

Abstract. With increase of ecological culture and necessity of reduction of consumption of fossil kinds of fuel there is a necessity for highly effective ways of transformation and energy development. Traditional separate manufacture of the electric power condenser power stations and heat coppers — the ineffective technology conducting to loss of energy with heat of departing gases. Independent installations of the combined manufacture of thermal and electric energy — cogenerators — have appeared a successful technological solution of a problem.

ГТУ могут быть разделены на две основные части — газогенератор и силовую турбину, размещенные в одном корпусе. Газогенератор включает в себя турбокомпрессор и камеру сгорания, в которых создается высокотемпературный поток газа, воздействующий на лопатки силовой турбины. Тепловая производительность обеспечивается утилизацией тепла выхлопных газов с помощью теплообменника, водогрейного или парового котла-утилизатора. ГТУ предусматривают работу на двух видах топлива — жидком и газообразном. Постоянная работа производится на газе, а в резервном (аварийном) режиме происходит автоматический переход на дизельное топливо. Оптимальный режим работы ГТУ — комбинированная выработка тепловой и электрической энергии. ГТУ производят гораздо большее количество тепловой энергии, чем газопоршневые агрегаты, и могут работать как в базовом режиме, так и для покрытия пиковых нагрузок.

Газотурбинные ТЭС на базе ГТУ обладают следующими достоинствами: — высокая надежность: ресурс работы основных узлов составляет до 150 тыс. час., а ресурс работы до капитального ремонта — 50 тыс. час.;

— коэффициент использования топлива (КИТ) при полной утилизации тепла достигает 85%;

— экономичность установки: удельный расход условного топлива на отпуск 1 кВт электроэнергии составляет 0,2 кг у. т., а на отпуск 1 Гкал тепла — 0,173 кг у.т.;

— короткий срок окупаемости и небольшие сроки строительства — до 10–12 месяцев (при наличии необходимых согласований и разрешений);

— низкая стоимость капитальных вложений — не более \$600 за установленный киловатт в пределах площадки ГТУ ТЭС;

— возможность автоматического и дистанционного управления работой ГТУ, автоматическое диагностирование режимов работы станции.

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА
ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ВИБРОИЗОЛИРУЮЩЕЙ ПОДВЕСКИ**
*FEATURES OF DESIGN AND CALCULATION
OF SPATIAL VIBROISOLATING SUSPENSION*

А.Е.Шохин – н.с.

Институт машиноведения им.А.А.Благонравова РАН

Abstract. A mathematical model of spatial flexible-rod vibroisolating suspension, describing motion of protected object, is considered. An algorithm of solving the problem of spatial displacements of the object under the action of static forces and vibration applied in an arbitrary direction is proposed. The coefficients of stiffness matrix of the suspension and its eigenfrequencies are determined depending on the position of static equilibrium. It is shown that, for given external dimensions of the design and depending on the requirements, different dynamic properties of the suspension could be obtained by varying both geometrical parameters and fastening conditions of the rods.

Для виброзащиты приборов и аппаратуры, установленных на транспортных средствах, используются самые разнообразные конструкции упругих подвесок, выбор которых в значительной степени зависит от характера предполагаемого возмущения. В случаях, когда внешние воздействия ориентированы по отношению к объекту виброзащиты произвольным образом, применяются пространственные конструкции подвесок. Помимо вибрации, на объект виброзащиты могут действовать медленно меняющиеся во времени или постоянные нагрузки, причем направление их действия так же может быть произвольным. Эти нагрузки вызывают изменение положения статического равновесия системы, относительно которого происходят колебания, а в нелинейной системе, так же приводят к изменению её жесткости. Большинство существующих конструкций пространственных подвесок созданы на основе комбинации линейных однонаправленных упругих элементов, таких как винтовые пружины. Их применение, особенно в области низких частот, ограничено рядом факторов таких как: относительно большие габариты; возникновение межвиткового контакта, который вызывает акустический шум и повышенный износ элементов, и т.д.

Для пространственной виброзащиты предложена конструкция подвески, представляющая систему из шести одинаковых пространственно-криволинейных гибких стержней, расположенных симметрично относительно плоскости и оси, перпендикулярной этой плоскости, проходящих через центр масс защищаемого объекта, моделируемого шаром. Разработана расчетная модель подвески, в которой массы гибких стержней не учитываются, вследствие их малости по сравнению с массой защищаемого объекта, а поведение каждого из них описывается системой дифференциальных и алгебраических уравнений механики гибких стержней. Анализ системы осложнен тем, что она не только геометрически нелинейная, но и статически неопределимая, поэтому для исследования её динамики применяется специально разработанный алгоритм.

При заданных массах и габаритах конструкции определены рациональные значения параметров, определяющих пространственное расположение стержней в конструкции подвески, удовлетворяющих критериям минимума собственных частот и их максимальной близости друг к другу. Исследование влияния условий закрепления стержней на свойства подвески показало, что применение упруго-вязких шарниров вместо жесткого закрепления позволяет не только снизить её собственные частоты и повысить демпфирование, но и благоприятным образом сказывается на прочности стержней, вследствие снижения концентрации напряжений в местах их закрепления. В результате анализа влияния статической нагрузки на свойства подвески определена область перемещений объекта, в пределах которой система может рассматриваться как линейная.

СЕКЦИЯ 9.
Энергетика и транспорт

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ И УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМОБИЛЯ *EVALUATION OF STRENGTH AND FATIGUE DURABILITY FOR AUTOMOBILE CONSTRUCTIVE ELEMENTS*

А.В.Андроник – магистрант, А.Н.Савкин – д.т.н., проф., А.С.Горобцов – д.т.н., проф.
Волгоградский государственный технический университет

Abstract. Static strength and fatigue analysis were performed for element of automobile suspension, which is undergone by variable external loads in magnitude, frequency and direction of application. Dangerous places of this element were defined in terms of possible fatigue collapse. Approximate fatigue life for element of suspension was computed. Sequence of actions in analysis and features of interaction for used programs, SolidWorks and FRUND, were also described.

Автомобили-внедорожники предназначены для передвижения в первую очередь по грунтовым и булыжниковым дорогам, поэтому узлам, агрегатам и деталям таких транспортных средств в вопросах обеспечения надежности и работоспособности должно быть уделено повышенное внимание. В настоящей работе объектом изучения стал верхний рычаг подвески одного из таких автомобилей, подвергающийся в процессе эксплуатации воздействию переменных нагрузок различной амплитуды, вследствие чего и возникла необходимость провести его прочностной анализ с целью выявления областей с наибольшей концентрацией напряжений, проверить на предмет возможности образования усталостных трещин и последующего разрушения.

Исследование проводилось с использованием программ: SolidWorks, обеспечившей проведение конечно-элементных анализов, установление мест концентрации напряжений и возможного усталостного разрушения, а также вычисление приблизительного значения усталостного срока службы, FRUND, в котором была создана математическая модель автомобиля-внедорожника и в дальнейшем получены временные реализации нагружения рассматриваемого конструктивного элемента при эксплуатации автомобиля на различных типах дорожного покрытия, MathCAD, в котором была выполнена обработка полученных спектров по методике подсчета циклов “rainflow”.

В результате расчетов приблизительный усталостный срок службы составил 13,1 лет при непрерывной эксплуатации автомобиля на дорожном полотне из булыжника, вносящем наибольший вклад в усталостную повреждаемость верхнего рычага подвески.

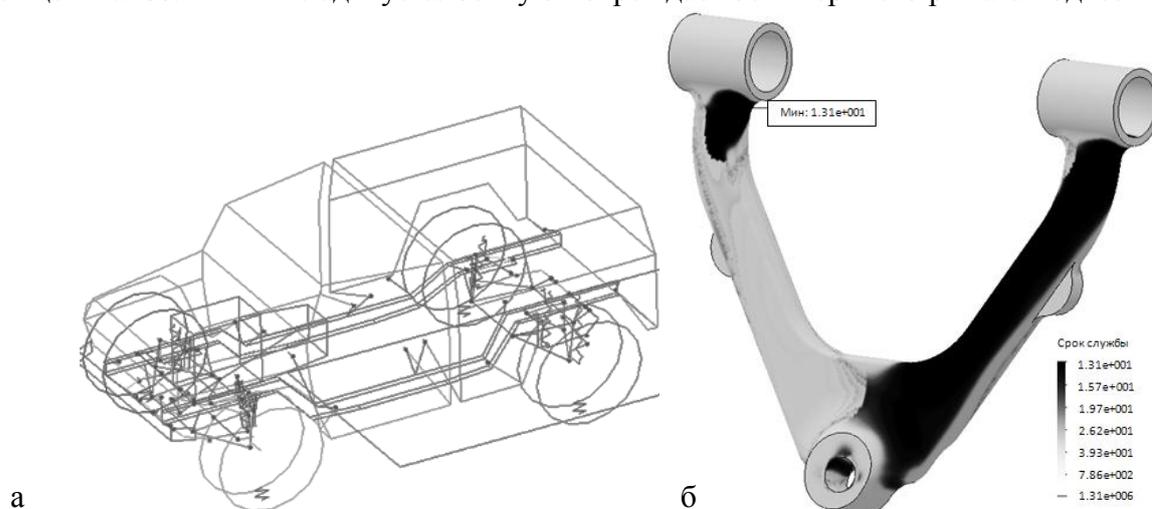


Рис. 1. Математическая модель автомобиля-внедорожника, выполненная в FRUND (а) и эпюра усталостного срока службы верхнего рычага подвески, полученная в SolidWorks (б)

ПРИМЕНЕНИЕ УСТРОЙСТВ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ АСИММЕТРИИ НАПРЯЖЕНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 0,4-10 кВ

THE ELIMINATION OF THE ASYMMETRY IN THE 0,4-10 kV DISTRIBUTION NETWORKS BY THE APPLICATION OF VOLTAGE REGULATION DEVICES

А.Р.Ахметшин – асп., А.И.Федотов - д.т.н., проф.

Казанский государственный энергетический университет

Abstract. This article presents methods of voltage deviation and phase voltage asymmetry reduction in electric distribution networks. Article also shows results of modern booster transformers implementation in electric distribution networks analysis. Specific economic efficiency estimation methodologies for the usage of booster transformers are given.

Недостаточные темпы и высокая стоимость реконструкции распределительных электрических сетей (РЭС) отличающихся значительной протяженностью, в сочетании с ростом энергопотребления приводят к ухудшению показателей качества электроэнергии (ПКЭ), которые во многих случаях уже не удовлетворяют нормативным требованиям. Немаловажным фактором, влияющим на энергосбережение, является асимметрия нагрузки РЭС на стороне 0,4 кВ, что обуславливает дополнительные потери электроэнергии как в фазных проводах, так и в нулевом проводе.

Для выявления особенностей использования вольтодобавочных устройств с целью устранения асимметрии напряжения воспользуемся результатами анализа режимов одной из действующих линий электропередач.

При установке в сети 10 кВ пунктов автоматического регулирования напряжения (ПАРН), обеспечивающих пофазное регулирование напряжений, можно симметризовать последние и выровнять суточный график напряжений за счет реализации на ПАРН принципа встречного регулирования напряжения, причем по каждой фазе диапазон отклонений напряжения может быть сужен до 1%.

В сети 0,4 кВ размах отклонений напряжения требует введения в цепь питания бесконтактного устройства стабилизации напряжения, т.к. ПАРН не обладает необходимым быстродействием. В качестве такого можно использовать вольтодобавочные трансформаторы ТВМГ на 0,4 кВ. На рис. 1 приведен график изменения коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности (K_{0U}).

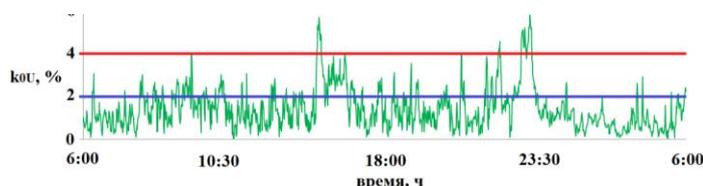


Рис.1. Изменение K_{0U} в течение суток

Трансформаторы ТМСУ обладают способностью уменьшать токи нулевой последовательности. Обмотка симметрирующего устройства (СУ) ТМСУ включена в расщепку нулевого провода трансформатора из расчета того, что при несимметричной нагрузке и появлении тока нулевой последовательности ток, создаваемый СУ равный по величине и направленный в противоположном направлении, компенсирует действие тока нулевой последовательности, предотвращая этим самым перекося фазных напряжений.

Используя рассмотренное в статье оборудование в РЭС 0,4-10 кВ, возможно, избавиться от основных негативных явлений, тем самым улучшить ПКЭ, а также уменьшить потери на ЛЭП за счет компенсации токов нулевой последовательности.

ВЫБОР РАБОЧЕГО АГЕНТА ПРИ ПРОЦЕССЕ ВУЛКАНИЗАЦИИ ШИН

CHOICE OF THE WORKING AGENT IN THE PROCESS OF VULCANIZING TIRES

Э.Р.Базукова – магистрант, А.А.Хисматуллин – асп.,
С.А.Лившиц – к.т.н., доц.

ФГБОУ ВПО Казанский государственный энергетический университет

Abstract. The prospect of replacement superheated water on saturated steam in the process of tires vulcanization is considered.

Вулканизация является завершающим и наиболее энергоемким технологическим процессом в производстве шин, от которого в значительной мере зависит качество и себестоимость продукции. Поэтому наиболее актуальным направлением совершенствования шинной технологии является повышение производительности вулканизационного оборудования и сокращение энергетических затрат. Одним из способов оптимизации работы системы вулканизации является замена перегретой воды на пар.

Применение перегретой воды не позволяет достигнуть высокой температуры обогрева диафрагмы, что при неблагоприятных теплофизических свойствах резиновой смеси делает невозможным ее интенсивный разогрев, и вынуждают использовать длительные режимы вулканизации изделия, в ходе которых затрачивается большое количество тепла на поддержание требуемой температуры пресс-форм и всего вулканизационного процесса.

Переход на пар дает возможность существенно повысить температуру обогрева диафрагмы. Что позволяет быстрее прогреть сырую покрышку из-за более высокого температурного градиента между резиной и теплоносителем в диафрагме. Соответственно сокращается цикл вулканизации. Более высокая скорость нагрева обуславливает и более высокий перепад температур между контактирующими деталями покрышки, что улучшает течение резины. Большая текучесть резиновой смеси благоприятно сказывается на прочности связи резины с металлокордом и прочности связи между слоями шины.

При паровых режимах вулканизации значительно увеличивается износостойкость протектора. Это связано с тем, что при паровом режиме снижается длительность теплового воздействия на протектор со стороны формы, что приводит к уменьшению степени реверсии свойств резины.

Важной задачей при вулканизации покрышек является поддержание постоянной температуры в форматоре-вулканизаторе. Обеспечивать постоянство температур можно используя теплоту, выделяемую при фазовом переходе насыщенного пара в жидкое состояние, т.е. внутреннюю теплоту парообразования.

Потребление электроэнергии за счет исключения затрат на приготовление и перекачку перегретой воды значительно сокращается. Отпадают материальные затраты, связанные с эксплуатацией установок для приготовления перегретой воды.

Резюмируя все вышесказанное, можно с уверенностью говорить о том, что применение в качестве рабочего агента в процессе вулканизации шин насыщенного пара, вместо используемой в настоящее время перегретой воды, существенно сокращает потребление тепловой и электрической энергии повышает производительность вулканизационного оборудования и положительно влияет на качество выпускаемой продукцию.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАГНИТОАКТИВНЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ В ДЕМПИРУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

FEATURES USAGE OF MAGNETOACTIVE ELASTOMERS IN DAMPING'S CONSTRUCTIONS OF VEHICLES

В.В.Богданов¹ – к.т.н., доц., **Д.Ю.Борин**² – к.т.н.,
Г.В. Степанов³ – нач.сектора магнитных материалов

¹ Московский государственный технический университет «МАМИ»

² TU-Dresden

³ ФГУП ГНИИХТЭОС

Abstract. The smart materials, such as magnetoactive elastomers are widespread in different safety constructions of vehicles. In this work authors describe as it's own patents of damping devices also the new tendencies in automobile industry, based on usage MR-elastomers.

В современном автомобилестроении в последнее время широкое применение нашли такие смарт-структуры, как магнитоактивные эластомеры (МАЭ). Они уже применяются в качестве элементов демпфирующих устройств в ряде серийных конструкций подвесок и травмобезопасных рулевых колонок, а также перспективных конструкциях травмобезопасных бамперов, активных подголовников сидений и «интеллектуальных» шин транспортных средств (ТС). Авторами получен патент РФ на изобретение № 2424133 «Ударозащитное устройство транспортного средства с управляемой системой демпфирования на основе магнитоактивных эластомеров» суть которого заключается в реализации магнитоуправляемых эффектов при различных вариантах исполнения конструкции бампера. Например, при использовании магнитореологического материала в качестве *активного* (магнитное поле наводится соленоидом по электрическому сигналу датчика), *полуактивного* (магнитное поле меняется за счёт приближения к постоянному магниту) и *управляемого* (одновременное наличие соленоида и постоянного магнита создает изначально промежуточный по величине жесткости параметр МАЭ, который в отличие от предыдущих вариантов, можно изменять в обе стороны – увеличивать или уменьшать) *элементов*. Любой из вышеприведенных вариантов позволяет снизить энергетический уровень процесса соударения за счёт изменения магнитоуправляемых свойств, обеспечив тем самым травмобезопасность как пешехода при столкновении ТС, так и водителя и пассажиров.

Заслуживают пристального внимания – как наиболее инновационные и перспективные разработки – попытки использования наполненных магнитным порошком упругих композитов в конструкциях автомобильных шин. Здесь в пассивном варианте применения МАЭ – магнитожёсткие микро- или наночастицы структурированы в цепочкоподобные агрегаты ориентированные в заданном направлении в процессе вулканизации материала шины, что позволяет более эффективно повысить износостойчивость как протектора, так и каркаса. Локальное наполнение заданных элементов шины ТС магнитными частицами позволяет в перспективе проводить измерения деформационных сил действующих на шину, обеспечивая мониторинг параметров движения в реальном времени. Альтернативно, в качестве активного элемента шины ТС, МАЭ с магнитомягким наполнителем выполняют роль датчика контролирующего в динамике давление воздуха в шине.

Следует отметить, что использование МАЭ той или иной внутренней структуры в реальной конструкции невозможно без банка данных по их свойствам, над созданием которого трудятся авторы, проводя соответствующие эксперименты в статике и динамике.

СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ СЛОЖНОГО ПРОФИЛЯ КОЛЕСА ВАГОНА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО СОСТАВА

WORKING METHODS OF INTRICATE PROFILE WHEEL OF RAILROAD CARRIAGE

А.В. Брылёв – ст. преподаватель, **Л.В. Савельева** – доц.
МГТУ им. Н.Э. Баумана

Abstract. Alternatives of manufacturing of a railcar wheel roll surface have been considered. The perspective method on an electrochemical working have been detection.

Сложный профиль колес вагонов железнодорожных составов является причиной появления специфики построения технологического процесса их изготовления. Кроме того, ужесточаются требования к точности поверхности катания в связи с увеличением скоростей движения составов. Например, точность обработки по формуляру $\pm(0,03...0,05)$ мм, а шероховатость поверхности катания не более Ra 0,3. В этих условиях традиционные методы обработки могут терять эффективность и экономическую целесообразность, оказываясь труднореализуемой или невозможной для обеспечения назначенных требований.

Для обеспечения технических требований к поверхности катания колеса используют точение, шлифование, электрохимическую обработку. Анализ соответствующих маршрутных технологических процессов позволил определить, что при обработке точением можно выделить шесть принципиальных этапов, при шлифовании – пять, а при электрохимической обработке – три этапа.

При точении обработку проводят на колёсотокарном станке. Эти станки не могут обеспечить достаточную точность обрабатываемой поверхности, а, значит, потребуется отделочная обработка со снятием материала для достижения не только точности размеров и формы, но и уменьшения глубины дефектного слоя. Шлифование обеспечивает необходимую точность размеров, формы и шероховатость поверхности, но оставляет на обработанной поверхности дефектный слой. Для его удаления нужно дополнительно использовать отделочный метод обработки. Сопоставляя с рассмотренными вариантами обработку электрохимическим методом, можно отметить, что кроме обеспечения заданных технических требований, глубина дефектного слоя здесь равна нулю.

Еще одним критерием оценки целесообразности выбора метода обработки колес может служить возможность создания специальных станков. На сегодняшний день нет станков, которые можно было бы использовать для шлифования или электрохимической обработки колес.

Исходя из традиционного принципа проектирования станков, шлифовальный круг специального станка должен превышать диаметр заготовки в несколько раз, а учитывая, что диаметр колёсной пары 800 ... 1400 мм, практически такой станок изготовить будет очень сложно, а инструмент (шлифовальный круг) для такого станка нужно будет заказывать специально.

Этих недостатков будет лишен специальный станок для электрохимической обработки: его конструктивными особенностями будут ванна с электролитом, регулируемый источник тока и специальная форма электрода-инструмента.

Окончательное формирование профиля колеса вагона железнодорожного состава целесообразно изготавливать методом электрохимической обработки, который в сравнении с другими возможными методами обработки можно считать перспективным.

ПРИМЕНЕНИЕ РАСПОРНЫХ УСТРОЙСТВ ВО ФРИКЦИОННЫХ АМОРТИЗАТОРАХ УДАРА *APPLICATION OF SPACER DEVICES IN FRICTION SHOCK ABSORBERS*

А.С.Васильев – асп.

Брянский государственный технический университет

Abstract. The friction shock absorbers are used in rail transport to reduce the longitudinal forces in automatic coupling. In this work the author proposed to use spacer unit in the friction part of the shock absorber for improving operating characteristics of the shock absorbers.

В сфере железнодорожных перевозок крайне важно обеспечить сохранность подвижного состава и перевозимых грузов. Поглощающие аппараты автосцепки (амортизаторы удара) защищают подвижной состав и грузы от повреждений при сцеплении вагонов и в процессе движения поезда, снижая возникающие растягивающие и сжимающие усилия, которые передаются через автосцепку на раму. В настоящее время большинство универсальных грузовых вагонов оборудуются фрикционными поглощающими аппаратами ПМКП-110 класса Т1 (рис. 1). Этот аппарат содержит корпус, в котором размещены нажимной конус, фрикционные клинья, опорная плита, опирающаяся на упругий полимерный массив, состоящий из нескольких последовательно расположенных самоустанавливающихся упругих блоков. Энергия удара поглощается на поверхностях трения и при упругом деформировании блоков полимерного массива.

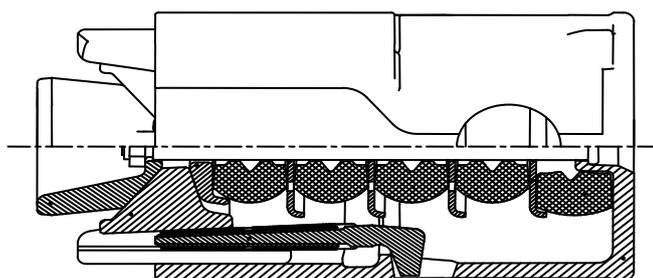


Рис. 1. Поглощающий аппарат ПМКП-110

Основной недостаток фрикционных аппаратов – относительно низкие значения коэффициентов полноты силовой характеристики 0,23-0,32 и соответственно энергоемкости. Нанесение особых металлокерамических покрытий на поверхность фрикционных пластин позволяет увеличить коэффициент полноты до 0,4. При применении пары трения сталь-сталь наблюдается специфический скачкообразный характер изменения продольных сил и склонность к заклиниванию.

Для устранения этих недостатков было предложено применять во фрикционной части аппарата не клиновую систему, а распорную. В качестве распорного узла было решено использовать в первом варианте восьмилистовую рессору, во втором - устройство, содержащее цилиндр, заполненный объемно-сжимаемой композицией, шток и герметизирующую крышку. Были разработаны соответствующие конструкции и математические модели поглощающих аппаратов. Результаты испытаний показали, что при применении в качестве распорного узла восьмилистовой рессоры удается увеличить коэффициент трения на 11,6 %. Коэффициент полноты силовой характеристики составил 0,57, что больше коэффициента полноты силовой характеристики для аппарата ПМКП-110 на 42,5%. Очевидно, что использование распорного узла во фрикционной части поглощающего аппарата позволяет улучшить эксплуатационные характеристики аппарата. Необходимы дальнейшие исследования распорных узлов во фрикционной части поглощающих аппаратов с целью уточнения и корректировки математических моделей аппаратов.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ НАПРЯЖЕНИЙ В СОЕДИНЕНИЯХ ПЕРЕСЕКАЮЩИХСЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ И КОНИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧЕК

MODELLING AND STRESS ANALYSIS OF CYLINDRICAL-TO-CONICAL SHELL INTERSECTIONS

С.А. Гавренков – бакалавр, А.Н. Берков – асп.
Московский государственный индустриальный университет

Abstract. In this paper, the problem of modeling and stress analysis of cylindrical-to-conical shell intersections is presented. The finite element method and shell theory were employed to investigate shell intersections. A parametric study of radial models of the cylindrical-to-conical shell intersections subjected to internal pressure loading was performed. Presented in graphical form results show the effects of cone angle of nozzle on stress ratios in shells.

Пересекающиеся оболочки представляют специальный класс оболочечных конструкций. Такие конструкции характеризуются сложной геометрией в области пересечения, резким изменением геометрии поверхности по линии пересечения оболочек. Конструктивные элементы в виде соединений пересекающихся оболочек широко применяются в химическом, нефтехимическом и энергетическом машиностроении.

Соединения пересекающихся цилиндрической и конической оболочек практически не изучены. Однако такие конструктивные узлы применяются на практике, например, в трубопроводах различного назначения, где магистральная труба имеет отводы в виде конической оболочки.

Для адекватного моделирования соединений пересекающихся оболочек предпочтительным является использование теории оболочек, в которой геометрические и статические соотношения записываются для точек срединной поверхности оболочки в естественной криволинейной системе координат. При таком моделировании соединения необходимо получить два вида геометрических зависимостей: 1) координатные соотношения для точек линии пересечения срединных поверхностей оболочек; 2) матрицу преобразования систем криволинейных координат на линии пересечения.

Для расчётного анализа напряженного состояния пересекающихся цилиндрической и конической оболочек применяется метод конечных элементов (МКЭ) с использованием четырехугольного элемента оболочки вращения. Такой подход позволяет построить наиболее рациональный расчётный алгоритм, основанный на использовании систем криволинейных координат, связанных с каждой из оболочек. Для расчёта пересекающихся оболочек и определения компонент напряженно-деформированного состояния применяется специализированная вычислительная программа SAIS.

В данной работе рассматривается радиальное соединение основной цилиндрической оболочки с коническим патрубком при действии внутреннего давления. Сделан параметрический анализ, показывающий влияние геометрических параметров на максимальные напряжения в оболочках. Основное внимание уделяется изучению влияния угла конусности патрубка. Результаты представлены в относительных напряжениях, которые характеризуют эффекты концентрации напряжений в оболочках.

Полученные результаты показывают снижение уровня максимальных напряжений в оболочках с увеличением угла конусности патрубка. Таким образом, показано, что в прочностном отношении применение в трубопроводах конических отводов является предпочтительным по сравнению с цилиндрическими.

АМОРТИЗИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВАГОНОВ С СОВРЕМЕННЫМИ ПОЛИМЕРНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ SHOCK ABSORBING DEVICES WITH MODERN POLYMERIC MATERIALS OF RAILWAY CARS

В.В. Говоров – асп.

ФГБОУ ВПО «Брянский государственный технический университет»

Abstract. The design of the absorbing device of class T1 with modern polymeric materials is presented. The mathematical model is developed for the polymer material Hytrel 5556. Carried out theoretical calculations on the basis of this model and tested its adequacy. The power characteristic of the projected absorbing device is received.

Современные условия эксплуатации подвижного состава характеризуются интенсификацией сортировочных и маневровых операций из-за увеличения скоростей соударений вагонов, повышения их грузоподъемности. Это ведет к росту продольной нагруженности и повреждаемости железнодорожных транспортных средств. Актуальными являются исследования, направленные на совершенствование устройств, защищающих вагоны от продольных воздействий, в частности амортизаторов удара (поглощающих аппаратов).

Существует много различных конструкций амортизаторов удара автосцепного устройства вагона и у всех есть свои достоинства и недостатки. Фрикционные аппараты дают различные значения силы удара при одинаковых повторных экспериментах, также они требуют приработки. В резинометаллических амортизаторах силовая характеристика может меняться с течением времени из-за старения резины и под влиянием различных механических факторов. Гидравлические поглощающие аппараты также чувствительны к внешним условиям. Так как гидроамортизатор представляет изделие высокой точности, то затраты на его производство гораздо больше чем на фрикционные и полимерные амортизаторы удара. Эластомерные аппараты обладают такими же недостатками, как и гидроамортизаторы.

В последнее время широкое применение получили полиэфирные термоэластопласты, подвергающиеся большим деформациям, они невосприимчивы к концентраторам напряжений и могут подвергаться переработке. В связи с этим в качестве объекта исследования был выбран ТЭП марки Хайтрел 5556.

На основе понятий гиперупругости была разработана математическая модель материала. Для проверки адекватности математической модели материала были изготовлены образцы, и проведен ряд статических испытаний полимерных элементов различной формы. Расхождение расчетных и экспериментальных силовых характеристик составило 4...8 %.

Используя полученную математическую модель материала, были разработаны амортизаторы удара с полимерными элементами для грузовых (рис. 1) и пассажирских вагонов. А также конструкция буферов для пассажирских вагонов, в которых в качестве энергопоглощающих элементов использованы полимеры. Проведены расчеты НДС элементов конструкции и получены силовые характеристики разработанных амортизаторов.

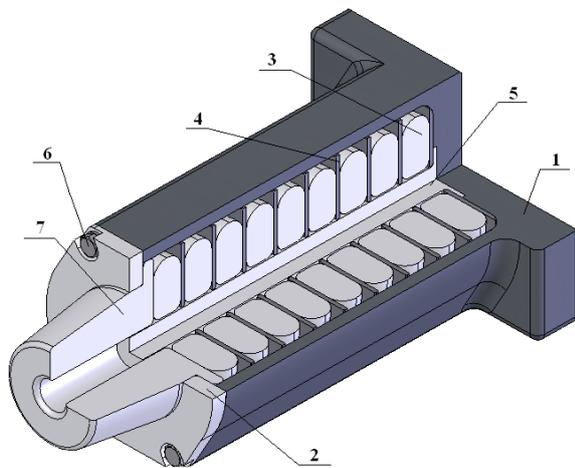


Рис.1. Поглощающий аппарат для грузового вагона

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАСЧЕТ НЕОБРАТИМОСТЕЙ В ТЕПЛОВОМ ТРАНСФОРМАТОРЕ

STUDY AND ANALYSIS OF IRREVERSIBILITY IN HEAT TRANSFORMER

Дж.Зеббар –к.т.н., доц., зав.каф., С.Херрис –к.т.н., доц., зав.каф.,
М.Куидэр –к.т.н., зам.дир., Т.Трари –к.т.н., дир., Х.Бензенин –к.т.н., докторант,
Б.Х.Талеб –к.т.н., докторант
University of Tissemsilt (ALGERIA) Institute of Sciences and Technologies

Abstract. The heat upgrade and the creation of height temperature sink can be realized by using the absorption heat transformers. In this study energetic and exergetic analysis are carried out for each component of the system. Further more, structural bonds analysis is presented.

Тепловая энергия может иметь различное происхождение, а именно, от природных и промышленных источников. К первой категории относятся солнечная и геотермальная энергия. А ко второй – различные потери тепла, имеющие место в промышленных процессах. Освоение технологических процессов преобразования, обработки и хранения вторичных источников энергии, а также разработка опыта и навыков в данной области энергетики будут чрезвычайно востребованными для будущего энергоснабжения. Такие действия поощряются правительствами и обеспечивают энергетическую независимость многих стран.

На первом этапе данной работы была разработана математическая модель теплового трансформатора абсорбционного типа. Данная тепловая машина включает в себя: генератор, испаритель, конденсатор и абсорбер. В системе трансформации присутствуют два уровня давления. В условиях верхнего уровня давления работают абсорбер и испаритель. А в условиях низкого уровня действуют генератор и конденсатор. Сообщение между пространствами двух уровней обеспечивается двумя циркуляционными насосами и одним редукционным клапаном. Математическое моделирование представляет собой составление балансов масс, энтропии и эксэргии. Дополнительно определяются коэффициент полезного действия и необратимости основных элементов теплового трансформатора. Также производится структурный анализ, который показывает влияние необратимости одного элемента теплового трансформатора на все необратимости цикла. Важно отметить, что расчет коэффициентов полезного действия и эксергетической эффективности основан на определении значений энтальпии и энтропии как для смеси LiBr/H₂O при различных концентрациях, так и для воды в жидкой и паровой фазе.

С помощью математической модели установлено, что с перемещением цикла к области давлений близких к атмосферным понижаются коэффициенты полезного действия и эксергетической эффективности. Более того, анализ значений коэффициента структурных связей показал, что необратимости абсорбера и генератора имеют наибольшее влияние на суммарную необратимость системы. Это связано с тем, что данные элементы теплового трансформатора имеют наивысшие значения температур по отношению к температуре окружающей среды, а следовательно, имеют наивысшие значения эксэргии, в том числе нарушенной.

В заключение важно отметить, что аналогичный структурный анализ может быть проведен при любых других системных параметрах, в частности, с любой концентрацией LiBr.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПРЯМОТОЧНЫХ ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

NUMERICAL SIMULATION GAS DYNAMICS PROCESSES IN RAMJET ENGINES

М.Н.Коряков –асп., Ю.И.Димитриенко –д.ф.-м.н, проф., А.А.Захаров –к.ф.-м.н, доц.
МГТУ им.Н.Э.Баумана

Abstract. In this report presents new method for solution multidimensional gas dynamics tasks.

В докладе представлены результаты применения нового метода решения многомерных нестационарных задач газовой динамики, основанного на так называемых адаптивных регулярных сетках с ленточной структурой для расчета нестационарных многомерных процессов в канале воздухозаборника (ВЗ) сверхзвукового прямооточного воздушно-реактивного двигателя (СПВРД).

Расчетная область в обоих случаях является трехмерной, начинается со входа в канал ВЗ и заканчивается выходом в камеру сгорания. Поток газа (воздуха) рассматривается как вязкий и теплопроводный. Нестационарный процесс течения газа в ВЗ описывается следующей системой уравнений газовой динамики:

$$\begin{aligned}\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \rho \mathbf{v} &= 0, \\ \frac{\partial \rho \mathbf{v}}{\partial t} + \nabla \cdot \rho \mathbf{v} \otimes \mathbf{v} + p \mathbf{E} - \mathbf{T}_v &= 0, \\ \frac{\partial \rho \varepsilon}{\partial t} + \nabla \cdot \rho \varepsilon + p \mathbf{v} - \mathbf{T}_v \cdot \mathbf{v} + \mathbf{q} &= 0,\end{aligned}$$

здесь ρ – плотность газа, ε – полная энергия газа: $\varepsilon = c_V \theta + |\mathbf{v}|^2 / 2$, c_V – теплоёмкость при постоянном объеме, θ – температура газа, \mathbf{v} – вектор скорости, $|\mathbf{v}|^2 = \mathbf{v} \cdot \mathbf{v}$, $p = \rho \theta R / \mu$ – давление, R – универсальная газовая постоянная, μ – молекулярная масса газа, \mathbf{E} – метрический тензор, $\mathbf{T}_v = \mu_1 (\nabla \cdot \mathbf{v}) \mathbf{E} + \mu_2 (\nabla \otimes \mathbf{v} + \nabla \otimes \mathbf{v}^T)$, $\mathbf{q} = -\lambda \nabla \theta$, μ_1 и μ_2 – коэффициенты вязкости, λ – коэффициент теплопроводности.

На твердых непроницаемых стенках ВЗ ставится условия: $\mathbf{v} = 0$, $-\lambda \nabla \theta \cdot \mathbf{n} = q_e$, где \mathbf{n} – вектор нормали к поверхности. На плоскости симметрии задаются следующие условия: $\frac{\partial \rho}{\partial n} = 0$, $\frac{\partial \theta}{\partial n} = 0$, $\mathbf{v} \cdot \mathbf{n} = 0$, $\frac{\partial v_{\tau_I}}{\partial n} = 0$, $I = 1, 2$, где векторы τ_I лежат в касательной плоскости к границе симметрии. На границе входа потока в ВЗ задаются значения параметров набегающего потока. На границе выхода: $\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial n} = 0$, $\frac{\partial p}{\partial n} = 0$. Начальные условия к системе имеют вид: $\rho|_0, X^{ii} = \rho^0$, $\mathbf{v}|_0, X^{ii} = 0$, $\theta|_0, X^{ii} = \theta^0$ где ρ^0, θ^0 – заданные значения.

Расчетная сетка строится по методу ленточных адаптивных сеток, т.е. вводятся адаптивные криволинейные координаты X^i , согласованные с формой поверхности рассматриваемой области V . С помощью адаптивной системы координат X^i строится регулярная разностная сетка, узлы в которой перечисляются одномерным.

Для численного решения системы использовался метод разделения по физическим процессам. На первом шаге решалась система уравнений без вязких членов методом TVD, на втором шаге рассматривалась система без конвективных членов, но с учетом вязкостных. На этом этапе система интегрировалась методом дробных шагов.

ЭНЕРГИЯ БУДУЩЕГО

FUTURE ENERGY

А.В Краснова – студ., Ю.Н.Зацаринная – к.т.н., доц.
Казанский Государственный Энергетический Университет

Abstract. In the report use of nonconventional renewed energy sources in Russia, prospects of their development is considered.

К нетрадиционным и возобновляемым источникам энергии обычно относят солнечную, ветровую и геотермальную энергию, энергию морских приливов и волн, биомассы (растения, различные виды органических отходов), низкопотенциальную энергию окружающей среды. К НВИЭ также принято относить малые ГЭС (мощностью до 30 МВт при мощности единичного агрегата не более 10 МВт), которые отличаются от традиционных - более крупных - ГЭС только масштабом. В связи с ограниченностью запасов ископаемых источников энергии задача удовлетворения нарастающих потребностей населения и промышленности в электрической и тепловой энергии приводит к необходимости более широкого их использования. В перспективе это будет способствовать решению фундаментальных проблем устойчивого развития России. В целом использование НВИЭ в мире приобрело ощутимые масштабы и устойчивую тенденцию к росту. Наибольшее применение получил самый изменчивый и непостоянный вид энергии - ветер. Суммарная мировая установленная мощность крупных ВЭУ и ВЭС, по разным оценкам, составляет от 10 до 20 ГВт. Это объясняется тем, что удельные капиталовложения в ВЭУ ниже, чем при использовании большинства других видов НВИЭ. Второе место по объему применения занимает геотермальная энергетика. Суммарная мировая мощность ГеоГЭС составляет не менее 6 ГВт. Они географически привязаны к месторождениям парогидротерм или к термоаномалиям, что ограничивает область применения геотермальных установок. Далее следует солнечная энергия. Здесь используются два метода - термодинамический и фотоэлектрический, причем последний лидирует с большим отрывом. Значительное развитие получило направление, связанное с использованием низкопотенциального тепла окружающей среды (воды, грунта, воздуха) с помощью теплонасосных установок. Не менее интенсивно развивается использование энергии биомассы. Это направление еще представляет большую ценность с позиций экологии, так как решает проблему утилизации вредных отходов. В последние годы наблюдается возрождение интереса к созданию и использованию малых ГЭС. Гораздо меньше развито практическое применение приливной энергии. В мире существует только одна крупная приливная электростанция (ПЭС) мощностью 240 МВт (Ранс, Франция). Еще менее развито использование энергии морских волн. Этот способ использования НВИЭ находится на стадии начального экспериментирования. Таково в настоящее время положение с использованием НВИЭ в мире. В России же практическое их применение значительно отстает от масштабов, достигнутых в других странах. Возобновляемые энергоисточники обеспечат будущие поколения цивилизации экологически чистой энергией. Развитие НВИЭ является ключевым фактором роста энергетики и устойчивого развития России. Основным препятствием развития этого направления является отсутствие законодательства по стимулированию возобновляемой энергетики и экономических механизмов его реализации, недостаток финансирования и комплексного подхода к решению этой проблемы: наука-производство-широкомасштабное использование.

**АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ЖИДКИХ ГРУЗОВ В РЕЗЕРВУАРАХ
АВТОЦИСТЕРН С ПЕРФОРИРОВАННЫМИ ПЕРЕГОРОДКАМИ**
*LIQUID CARGO SLOSHING ANALYSIS IN ROAD TANKERS
RESERVOIRS WITH PERFORATED BAFFLES*

М.Г.Кузнецова – асп.

Белорусский государственный университет транспорта, Гомель

Abstract. Dependencies of pressure and energy dissipation of the liquid on physical characteristics were investigated. Analysis of the results showed that the pressure is nearly proportional to the density of the transported fluid, whereas viscosity affects it slightly. It was also found that the maximum of liquid cargo oscillations and the minimum of energy dissipation are when the road tank without baffles is 60%-filled. The perforation size that yields the greatest value of the liquid energy dissipation for the first oscillation cycle was found.

Основной способ снижения вредного воздействия колебаний перевозимого груза на устойчивость и динамическую нагруженность цистерн – установка перегородок.

Вязкость и плотность различных жидкостей, транспортируемых цистернами, меняется в достаточно широких пределах. Различия в физических свойствах транспортируемых грузов, которые проявляются и при изменениях температуры, приводит к необходимости разработки конструкций перегородок, обеспечивающих наименьшие колебания транспортного средства при транспортировке конкретной жидкости.

В представленной работе поставлена задача по определению давлений, оказываемых различными жидкостями на стенки резервуара, и зависимости диссипации энергии от различных физических свойств перевозимых жидкостей для нескольких конфигураций поперечной перфорированной перегородки в резервуаре.

Решение задачи выполнено с инженерного пакета ANSYS. Полученные конечноэлементные модели резервуара включали до 30000 элементов. В начальный момент жидкость находилась в состоянии относительного покоя, и ее свободная поверхность была плоской. Расчеты проводились для случая торможения цистерны с замедлением, равным 0,6g.

Выполнен расчет значений диссипации энергии различных воды и бензина для различных уровней заполнения резервуара. Оказалось, что локальные минимумы диссипации энергии имеют место при 60% и 80% заполнения. Однако, если жидкость заполняет резервуар на 60%, то колебания центра масс жидкости имеют значительно большие амплитуды, что может стать причиной аварии. Поэтому в дальнейшем при моделировании уровень заполнения резервуара принят равным 60%, как наиболее неблагоприятный.

Как показали расчеты, зависимость давления, оказываемого жидким грузом на стенку резервуара, от плотности жидкости близка к прямо пропорциональной, тогда как вязкость незначительно влияет на значения давлений.

Выполнено моделирование перетекания жидкости в резервуаре с перегородкой, имеющей ряд отверстий, располагающихся на расстоянии друг от друга, равном их размеру. Проведены расчеты диссипации энергии в функции от размера отверстий перфорации перегородок. Анализ результатов показал, что для резервуара с размерами 1,5 м. на 4 м. при транспортировке воды и бензина эффективное гашение колебаний обеспечивается при размере отверстий, близком к 9 см.

При проектировании стандартных и специализированных резервуаров цистерн различной формы и размеров могут быть разработаны соответствующие конструкции поперечных перфорированных перегородок, а также выполнена их оптимизация. Это позволит создать такие конструкции автоцистерн, свойства которых будут аналогичны динамическим качествам автомобилей, транспортирующих твердый груз той же массы.

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ОЧИСТКОЙ ФИЛЬТРОВ ВОДОВОДОВ ДЛЯ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ОБМОТОК ГИДРОАГРЕГАТА ВОЛЖСКОЙ ГЭС

CONTROL ALGORITHM CLEAN THE FILTER WATER PIPING FOR THE COOLING SYSTEM WINDING VOLGA HYDROELECTRIC STATION

Н.Г.Лазарева – студ., С.С.Паршев – студ., магистр, В.Е. Костин – к.т.н.,
А.А Силаев – к.т.н., доц.
Волжский Политехнический Институт (филиал) ВолгГТУ

Abstract. This paper proposes a control algorithm cleaning culverts cooling of the windings of the Volga hydroelectric hydroelectric power plants. Sequence diagram is constructed frequency heating coolers. Defined period of warm-air coolers, depending on the season.

Надежность получения электроэнергии от агрегатов на Волжской ГЭС во многом зависит от работы системы охлаждения обмоток статора. Серьёзной проблемой, значительно снижающей эффективность работы системы охлаждения, на Волжской ГЭС является обрастание поверхностей водоводов и оборудования моллюском дрейссена.

Попадания моллюсков в систему технического водоснабжения избежать невозможно, ввиду того, что вода забирается непосредственно из водохранилища.

Для очистки воздухоохладителей можно применить периодический прогрев аппарата, который достигается временным исключением прогреваемого аппарата из проточной системы. Соответственно была построена циклограмма периодичности прогрева воздухоохладителей (рис. 1). При превышении критического давления воздухоохладителя в фильтре образуется забивка, заглушка открывается и производится автоматический прогрев воздухоохладителей за счет передачи тепла воздуха, нагретого от обмоток статора. Очистка воздухоохладителей производится попарно.

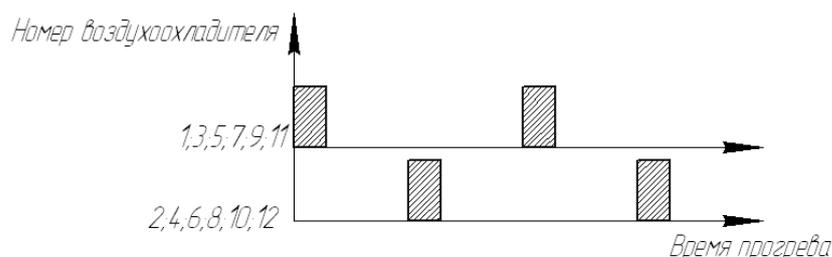


Рис. 1. Циклограмма периодичности прогрева воздухоохладителей

При определённой периодичности прогрева может быть достигнута ситуация, при которой моллюски не будут успевать закрепляться с помощью биссуса, а не закрепившиеся моллюски, после включения в систему аппарата, будут удалены потоком воды, так как закрепление с помощью мускула ноги при прогреве будет прекращено из-за гибели моллюска. По экспериментальным данным было определено, что критическое давление в весенний и осенний период времени достигается в течении 16 суток; в летний период времени – 11,5 суток; в зимний – 18,5 суток. Исходя из этого можно сделать вывод о том что в летний период времени воду в воздухоохладителях необходимо прогревать чаще, для того чтобы не происходило превышение критического перепада давления, при котором происходит охлаждение обмоток гидроагрегата.

Данный алгоритм можно использовать в системе автоматизированного управления очисткой водоводов.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТОЛКНОВЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

SIMULATION OF COLLISION OF THE CAR

А.В.Лемешкин - к.т.н., А.А.Палатов

Волгоградский государственный технический университет
(ВолгГТУ)

Abstract. In the given work the author tells about application of computer modeling of collision of the car.

Пассивная безопасность автомобиля – свойство автомобиля уменьшить тяжесть последствий ДТП. В мире для исследования пассивной безопасности, наравне с проведением краш-тестов, используют моделирование столкновений. При проведении виртуальных краш – тестов производители используют в основном расчетные системы такие, как ANSYS, LS–Dyna, Abaqus, PAM–Crash (ESI Group), основанные на применении методов конечных элементов. Эти программы представляют собой удобную среду для проведения численных расчетов, дополняя эксперименты, проводимые в краш – лабораториях.

Стоимость одного краш–теста составляет от 150 до 200 тысяч долларов, экспериментальной модели автомобиля до 2 млн. долларов, в то же время виртуальный краш-тест стоит 5 – 7 тысяч долларов.

Анализ аварийности в г. Волгограде выявил наиболее опасную модель автомобиля по тяжести последствий ДТП – это автомобили семейства ВАЗ 2108-15. Причем наиболее опасный вид ДТП для них – это фронтальное столкновение. Экспериментальным и расчетным путем было доказано, что на скоростях столкновения до 60 км/ч деформация автомобиля происходит, в основном, за счет силовой структуры передней части автомобиля, вплоть до стоек кузова. В связи с чем, при исследовании основной упор делался на создание модели автомобиля ВАЗ 2115 с детальной прорисовкой передней части кузова и салона, остальной кузов прорисовывался, как единая деталь. В итоге получилась конечно - элементная модель автомобиля, состоящая из 32 деталей, 45 связей, 3300 элементов. Моделирование проводилось с использованием программного продукта Abaqus, который позволяет моделировать различные динамические процессы. Исследование конечно-элементной модели показало, что при столкновении с жестким препятствием, итоговая габаритная длина кузова зависит от скорости V_a автомобиля и перекрытия передней части кузова.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЖИДКОГО КОТЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ЭЛЕКТРОДУГОВЫМ СПОСОБОМ

REFINEMENT OF BURNING OIL BY ELECTROARC METHOD

Р.Е.Липантьев – асп., **В.П.Тутубалина** –д.т.н., проф.
Казанский государственный энергетический университет

Abstract. An energy-saving device for the electroarc splitting of burning oil to use at the process of fuel preparation in the heat power stations is suggested. This device permits to receive the better desulfurization of burning oil and the low viscosity.

За последние годы значительно возросла доля высокосернистой нефти в общей добыче нефти Российской Федерации. По данным международного центра качества топлива (IFQC), Россия находится на 44-м месте среди 100 стран с самыми низкими предельными нормами содержания серы в топливе, что говорит само собой о плохом качестве его подготовки.

Широкое применение мазутов с высоким содержанием серы в энергетике связано с рядом трудностей. При непосредственном сжигании сернистого топлива в топках энергетических котлов на тепловых электрических станциях наблюдается высокая концентрация оксидов серы в исходящих дымовых газах. Это снижает эффективность работы котловых агрегатов, так как повышается температурная точка росы, что сопровождается коррозией, загрязнением низкотемпературных поверхностей нагрева и повышением температуры уходящих газов. В связи с этим мазуты с высоким содержанием серы перед сжиганием в топках котлов должны подвергаться сероочистке.

С целью очистки мазута от сернистых соединений был разработан и испытан электродуговой реактор, снабженный неподвижными и подвижными электродами. В реакторе обессеривание мазута происходит в электрической дуге. В электродуговом разряде под воздействием высоких температур, достигающих в искре 1300-1500 °С, происходит избирательное разрушение сернистых соединений с последующим их переходом в газообразное состояние, так как они являются наименее термостойкими по сравнению с углеводородной частью мазута. В ходе проведения эксперимента было установлено, что после процесса обессеривания в электродуговом реакторе содержание общей серы в мазуте снижается более чем в 7 раз в зависимости от условий проведения опыта [1, 2].

Применение электродуговых реакторов в технологической схеме подготовки жидкого органического топлива для энергетических котлов на тепловых электрических станциях является одним из эффективных решений интенсификации процессов массо- и теплообмена, которые составляют основу технологии очистки мазутов от канцерогенных и коррозионно-активных соединений серы.

Литература

1. Росляков П.В., Закиров И.А. Нестехиометрическое сжигание природного газа и мазута на тепловых электростанциях. М.: Издательство МЭИ, 2001. 144 с.
2. Липантьев Р.Е., Тутубалина В.П. Установка для обессеривания мазута методом газификации // Известия вузов. Проблемы энергетики. №5, 6, 2010. С.4-6.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ НДС ЗОНЫ СОЕДИНЕНИЯ
КОЛЛЕКТОРА И КОРПУСА ПАРОГЕНЕРАТОРА АЭС С УЧЕТОМ
ВОЗДЕЙСТВИЯ ТРУБНОГО ПУЧКА**
*RESEARCH OF FEATURES OF THE STRESS-STRAIN STATE OF NPP STEAM
GENERATOR COLLECTOR-CASE ZONE TAKING INTO ACCOUNT
INFLUENCE OF THE TUBE BUNDLE*

А.А. Луковский – асп., **И.С. Дрожеников** – асп.
Московский Энергетический Институт (Технический Университет),

Abstract. Influence of the tube bundle on the collector-case zone stress-strain state of NPP steam generator is determined in the paper taking into account SG design peculiarities. Designed and varied regimes of SG heat exchanger tubes operation details are considered.

На многих действующих отечественных и зарубежных блоках АЭС неоднократно были обнаружены повреждения, связанные с растрескиванием металла в зоне сварного соединения корпуса парогенератора с коллектором (сварное соединение №111). Устранение данных повреждений ремонтом оборудования, требует продолжительной остановки блока и приводит к существенным экономическим потерям.

Несмотря на множество уже осуществленных и проводимых в настоящее время исследований, среди специалистов отраслевых организаций не сложилось единого мнения о полном комплексе факторов, приводящих к повреждению металла в районе сварного соединения №111 (рис.1).

При этом стоит отметить, что ни одно исследование не учитывает влияние трубного пучка (рис. 2) на коллекторы парогенератора, являющееся результатом непроектного поведения теплообменных труб (ТОТ).

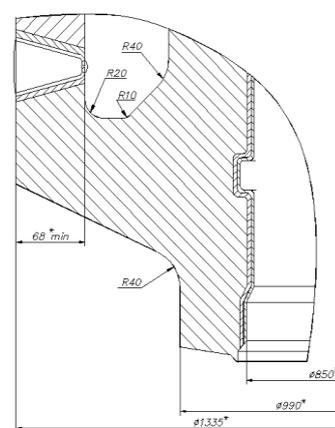


Рис.1 – Зона соединения коллектора с корпусом ПГ

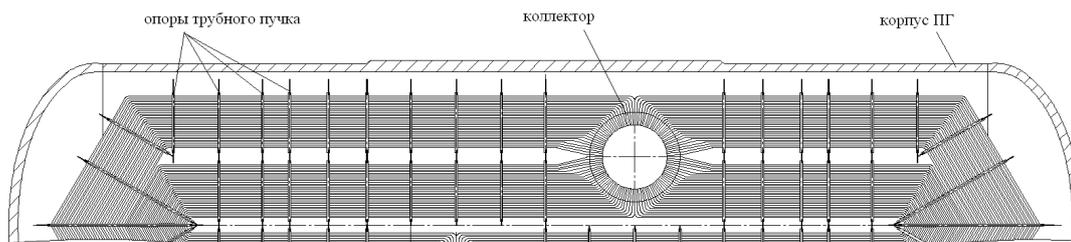


Рис.2. Пучок теплообменных труб

Во время эксплуатации парогенераторов наблюдалась сильная деформация опорных устройств трубного пучка, вызванная нарушением проектного поведения системы. Такое изменение в функционировании трубного пучка сильно сказывается на усилиях приходящих со стороны ТОТ на коллекторы.

В работе определены значения усилий и моментов полученных от действия трубного пучка на коллекторы парогенератора при проектном и при нарушении проектного поведения ТОТ в дистанционирующих решетках опорных устройств. Приведены распределения напряжений в зоне сварного соединения корпуса с коллектором для нескольких типов конструктивного исполнения парогенераторов с учетом воздействия трубного пучка.

МОДИФИКАЦИЯ ТРАНСПОРТИРОВОЧНОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ДЛИННОМЕРНЫХ ГРУЗОВ БОЛЬШОЙ МАССЫ

HEAVY AND LONG-LENGTH CARGO TRANSPORTATION UNIT MODIFICATION

П.П. Мишин – асп.
МГТУ МАМИ

Abstract. Strength analysis of heavy and long-length cargo transportation unit frame is considered in the article. Frame stress and bending values have been defined on basis of the mathematical model which was made in finite element method. Some frame modification arrangements were proposed.

Транспортировка грузов - довольно сложный процесс, в котором особый интерес представляет техника, осуществляющая доставку оборудования большой массы и габаритов. Зачастую несущие системы таких агрегатов для перестраховки проектируют с избыточным запасом прочности, что ведет к увеличению массы всей транспортной системы.

В современных условиях целесообразнее либо проектировать универсальное транспортное средство под широкий круг перевозимых изделий, либо модифицировать ранее спроектированные и изготовленные для испытаний транспортные средства для более широкого круга перевозимых грузов и условий эксплуатации. Последнего можно добиться, прежде всего, за счет снижения массы самого транспортного средства. При этом необходимо отказаться от первоначально заложенных избытков прочности, а также учесть тот факт, что изменяемые дорожные условия приводят к повышенным динамическим воздействиям.

В данной работе рассматривается модификация рамы транспортировочного агрегата, предназначенного для перевозки длинномерных (от 4 до 10 метров) грузов большой массы (до 10,5 тонн). Усовершенствование осуществляется путем варьирования жесткостными параметрами несущих элементов рамы для уменьшения ее массы при сохранении вполне приемлемых показателей прочности, жесткости и долговечности. Задача решается посредством исследования прочности рамы как целостного объекта. При этом в основе решения лежит разработка уникальной математической модели конструкции по методу конечных элементов.

В результате проведенных модификаций рамы получены адекватные многократным испытаниям аналогичных изделий результаты: значения интенсивностей напряжений, перемещения для всех узловых точек. Также были вскрыты значительные резервы прочности и жесткости во всех элементах конструкции. Предложенные модификации способствуют уменьшению массы рамы транспортного устройства более чем в 2 раза при сохранении его прочностных и жесткостных показателей.

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВНОЙ БИОМАССЫ В УСТАНОВКАХ МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ *PROBLEMS AND PROSPECTS OF BIOMASS FUEL USAGE IN PORTABLE ENERGY DEVICES*

Д.Ю.Новикова – асп., Н.А.Курбатская - к.т.н., доц.
ФГБОУ ВПО Брянский государственный технический университет

Abstract: The usage of biomass fuel can be solved some urgent problems of contemporary energetic. In this article authors point their attention on the most accepted and effective methods of usage biomass fuel, its conversion for further energy application.

Максимально эффективно использовать природные топливно-энергетические ресурсы, снизить удельные затраты на производство и использования энергоресурсов за счет рационализации их потребления, минимизировать техногенное воздействие энергетики на окружающую среду возможно путем вовлечения в топливно-энергетические балансы предприятий различных отраслей промышленности низкосортных энергетических топлив (НЭТ) и местных топлив (МТ).

К классу НЭТ относят высокозольные и высоковлажные угли, отходы сельскохозяйственного производства, бытовые отходы, отходы деревообработки, торф и древесину и др. По своим энергетическим характеристикам НЭТ не уступают некоторым товарным видам топлива. Объемы образующихся на предприятиях лесопромышленного и агропромышленного комплексов отходов говорят о возможности применения их в качестве топлива в теплоэнергетических системах предприятия. При доле топливной составляющей 40-60% при выработке тепловой энергии применение НЭТ и МТ является источником серьезной экономии.

На сегодняшний день существует несколько путей энергетической переработки топливной биомассы: огневая утилизация, пиролиз, газификация, гидролиз, каталитический риформинг, биоконверсия. Выбор способа переработки зачастую происходит спонтанно, без учета направлений и возможностей переработки, а так же использования конечного продукта как на самом предприятии, так и возможности перепродажи конечного продукта.

Наиболее перспективным с точки зрения энергетической эффективности для малой энергетики является газификация, пиролиз и биоконверсия растительной биомассы, позволяющие получать высококалорийный газ, с последующим применением его силового потенциала. Вышеперечисленные технологии позволяют совмещать энергетическое использование НЭТ и природного газа, особенно для сетей низкого давления.

Развитие технологий газификации и пиролиза отходов растительного происхождения дает базу для развития новых методов сжигания и использования биогаза. Так как процессы газификации и биоконверсии отличаются нестабильностью выхода газообразного продукта, зависимостью его калорийности от состава исходного сырья, установки, работающие на продуктах реакций процессов газификации и биоконверсии, нуждаются в поддержке и резервировании со стороны газовых сетей. Возможно два пути совместной работы установки на природном газе и биогазе: природный газ является резервным топливом, при необходимости происходит переключение установки на резервное топливо, и совместное использование природного газа и биогаза.

Совместное использование природного газа и синтез-газа (биогаза) позволит снизить колебания теплотворной способности, объемов сжигаемого продукта, повысить эффективность использования силового потенциала газа, стабилизировать эффективность работы установки, а так же продлить срок эксплуатации.

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ЭНЕРГОПОГЛОЩАЮЩИХ ОГРАЖДАЮЩИХ ТРОСОВЫХ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ АВТОДОРОГ

DEVELOPMENT OF NEW ENERGY-ABSORBING PROTECTING CABLE SYSTEMS FOR ROAD SAFETY

А.Г. Общев – асп., **И.В. Демьянушко** – д.т.н., проф., **С.А. Сторожев** – асп.
МАДГТУ (МАДИ)

Abstract. The analysis of existing systems of protection intended for safety at road and transport incidents on highways is given. It is shown that the most effective are the cable protecting systems of safety providing high level of deduction of vehicles at impact. The requirements placed upon them for strength and safety are developed. Techniques of laboratory testing of cable protections are developed and the analysis of requirements for full-scale tests is given

Дан анализ существующих систем ограждений предназначенных для обеспечения безопасности при дорожно-транспортных происшествиях на автодорогах. Показано, что наиболее эффективными являются тросовые ограждающие системы безопасности, обеспечивающие высокий уровень удержания транспортных средств при ударе. Разработаны предъявляемые к ним требования по прочности и безопасности.

Разработаны методики лабораторных испытаний тросовых ограждений и дан анализ требований к натурным испытаниям.

КОЛЕБАНИЯ АВТОМОБИЛЯ С НЕЛИНЕЙНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ УПРУГОСТИ ПОДВЕСКИ

FLUCTUATIONS OF CAR WITH NONLINEAR CHARACTERISTICS OF SUSPENSIONS

А.А. Парахони - студ., **В.И.Щербаков** - к.т.н. доц.
Московский Государственный Технический Университет «МАМИ»

Abstract. Given method of selection of a nonlinear elastic characteristics of the car suspension, which was tested on an example of a real car. Compiled differential equations movement of the car and its fluctuations are calculated.

Транспортное средство автомобиль относится к машинам, масса которых в процессе эксплуатации (перевозки грузов) может варьироваться в широких пределах. В результате этого изменяются его динамические свойства, важной характеристикой которых является спектр собственных частот. Для улучшения плавности хода желательно чтобы с увеличением массы автомобиля низшие собственные частоты, определяющие вертикальные колебания, не изменялись (изохорная подвеска). Теоретическими расчётами показано, что этого можно достичь, если подобрать характеристику подвески так, чтобы её жёсткость прогрессивно увеличивалась по экспоненциальному закону по мере роста прогиба. При практических расчётах нелинейную упругую характеристику подвески $F(x)$ рекомендуется аппроксимировать кубическим полиномом вида

$$F(x) = \alpha x + \beta x^2 + \gamma x^3;$$

где α, β, γ – коэффициенты,
 x - деформация подвески.

На примере легкового автомобиля ВАЗ-1111 была апробирована разработанная методика подбора оптимальной упругой характеристики подвески и проведены расчёты колебаний. Принимая условие независимости колебаний передней и задней частей автомобиля, рассматривалась дискретная динамическая система с двумя степенями свободы. Учитывались подрессоренная и не подрессоренная массы, упругие и демпфирующие свойства подвески и колёс. Расчёт вынужденных колебаний произведён при движении автомобиля по дороге с микропрофилем, описываемым детерминированной периодической функцией при различных скоростях движения. Численное решение нелинейных дифференциальных уравнений осуществлено в среде программного комплекса MathLab.

В результате получены зависимости во времени смещений, скоростей, и ускорений масс системы, которые могут быть использованы для оценки плавности хода автомобиля, в расчётах долговечности упругого элемента подвески и оценки вероятности пробоя подвески.

РАЗРАБОТКА ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМ КОМПЛЕКСНОЙ РЕКУПЕРАЦИИ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА*

DEVELOPMENT OF THE INDUSTRIAL SYSTEMS TO COMPLEX SALVAGING TO ENERGY ON BASE OF THE THERMODYNAMIC ANALYSIS

Л.В. Плотникова – к.т.н., доц., **О.Г. Петрова** – асп., **В.В. Плотников** – к.т.н., доц.
Казанский государственный энергетический университет

Abstract. The system to salvaging to energy for petrochemical production on base of the thermodynamic analysis is considered.

Термодинамический анализ является этапом комплексного системного анализа теплотехнологических промышленных систем. Термодинамический анализ основан на применении эксергетического метода. Он позволяет оценить степень термодинамического совершенства системы, выявить потери от необратимости для всей системы и ее отдельных элементов, определить величину технически работоспособной энергии, выявить потоки, которые могут быть полезно использованы в системе комплексной рекуперации энергии на том же производстве.

Рассмотрено применение термодинамического анализа к организации системы комплексной рекуперации энергии для стадии получения изопропилбензола в совместном производстве фенола и ацетона.

В результате проведения термодинамического анализа определены действительные значения тепловой и эксергетической мощности потоков на входе и выходе из элементов схемы получения изопропилбензола. Выявлены следующие резервы энергосбережения стадий производства изопропилбензола: теплота потоков конденсата пара суммарной тепловой мощностью 19223 кВт, теплота готового продукта 539,1 кВт, теплота промежуточного продукта 242 кВт.

На основании полученных результатов разработана системы комплексной рекуперации энергии. Синтезируемая система предназначена для выработки технологического пара с давлением 0,6 МПа, рассола с температурой -5°C и покрытия нагрузок на подогрев технологических потоков. Алгоритм работы разработанной системы следующий. В сепаратор подается паровой конденсат с давлением 1,6 МПа с кипятильников ректификационных колонн, где за счет расширения до давления 0,25 МПа происходит образование пара вторичного вскипания, который отсасывается из сепаратора пароструйными компрессорами. Здесь происходит процесс смешения инжектируемого пара с рабочим, в результате чего из компрессора выходит пар с требуемыми технологическими параметрами $P_c=0,6$ МПа, который направляется на подогрев реакционной массы для получения изопропилбензола. Из сепаратора конденсат подается в генератор предлагаемой к установке абсорбционной водоаммиачной холодильной машины (АВХМ). В АВХМ происходит выработка рассола с температурой -5°C , который далее используется в холодильниках производства для охлаждения паров получаемого продукта. После АВХМ циркуляционная вода поступает в теплообменник 13, где нагревается за счет теплоты уходящего изопропилбензола. Часть ее возвращается в сепаратор, избыток выводится на стадию переработки отходов фенольного производства.

Экономия условного топлива составила 670 тыс. т.у.т/год или 4,65 млн. руб./год.

*Работа выполняется в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых № МК-161.2011.8.

ВЫЯВЛЕНИЕ РЕЗЕРВОВ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ СТРУКТУРНО-ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА*

DISCOVERY RESERVE ENERGO-SAVINGS CELLULOSE-PAPER PRODUCTION ON BASE STRUCTURED-THERMODYNAMIC ANALYSIS

Л.В. Плотникова - к.т.н., доц., **И.И. Филонова** – асп.
Казанский государственный энергетический университет

Abstract. Considered bases of the undertaking structured-thermodynamic analysis of the complex industrial schemes, on base which certain reserves energy-savings

Целлюлозно-бумажное производство представляет собой сложное энергоемкое объединение, состоящее из взаимозависимых элементов, различающихся по конструкции, по структуре включения в технологическую линию с учетом взаимодействия с системами энергообеспечения. Работа каждого элемента влияет на графики энергопотребления и выхода вторичных энергоресурсов (ВЭР), которые могут быть полезно использованы на этом же предприятии. В связи с этим, для определения оптимального варианта повышения энергоэффективности производства предлагается проводить структурно-термодинамический анализ.

Структурно-термодинамический анализ включает этап анализа структуры связей между элементами исследуемой схемы производства и оценки зависимости между элементами с использованием теории графов и матричного анализа. Результатом анализа структуры связей схем является декомпозиция таких схем по слабым связям, в результате чего синтезируется балансовая технологическая схема, в которой выделяются блоки для дальнейших расчетов; построение расчетной модели исследуемого объекта и нахождение последовательности расчета схемы производства. На следующем этапе проводится термодинамический анализ, основанный на применении эксергетического метода. Термодинамический анализ позволяет оценить степень термодинамического совершенства системы, выявить потери от необратимости для всей системы и ее отдельных элементов, определить величину технически работоспособной энергии, выявить потоки, которые могут быть полезно использованы на производстве.

Для целлюлозно-бумажного производства проведен анализ структурной организации производства, определено количество контуров из элементов схемы, найдено минимальное количество условно разрываемых потоков, позволяющих полностью выполнить расчет, выявлена последовательность расчета тепловых процессов производства. Была проведена оценка термодинамической эффективности отдельных элементов и всей схемы в целом. Произведена оценка потребления топливно-энергетических ресурсов на предприятии, выявлены элементы, в которых имеют место значительные потери из-за неэффективного использования воспринятой эксергии. Определено, эксергия каких потоков может быть использована на предприятии. Так, наибольшей эксергетической мощностью характеризуются потоки паровоздушной смеси сушильных, бумаго- и картоноделательных машин, паровоздушной смеси дефибреров, теплой воды при охлаждении щелока и при конденсации водно-спиртовых паров колонн на стадии производстве спирта, парового конденсата варочного и выпарного цехов. Утилизация выявленных ВЭР является наиболее эффективным вариантом энергосберегающих мероприятий для целлюлозно-бумажного производства.

*Работа выполняется в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых № МК-161.2011.8.

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ГАЗОРАЗДЕЛЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭТИЛЕНА*

STRUCTURED ANALYSIS HEAT-TECHNOLOGICAL SCHEME GAS-DIVISION IN PRODUCTION OF THE ETHYLENE

Л.В. Плотникова – к.т.н., доц., А.А. Звегинцев – магистрант
Казанский государственный энергетический университет

Abstract. Considered stages of the undertaking the structured analysis for complex heat-technological scheme.

Теплотехнологическая схема процесса газоразделения в производстве этилена и пропилена имеет сложную структурную организацию, объединяющую значительное количество разнородных элементов при помощи прямых и обратных потоков энергии и вещества. Наличие в системе обратных потоков энергии и вещества означает, что в схеме имеются замкнутые последовательности элементов или контуры. Такой контур можно рассчитать, если предварительно условно разорвать один из его потоков, а затем провести итерационное согласование входных и выходных значений параметров потоков.

Задача структурного анализа теплотехнологической схемы газоразделения состоит в установлении взаимозависимостей между элементами исследуемой схемы, выделении замкнутых и разомкнутых последовательностей элементов и определении оптимальной последовательности ее расчета.

Для проведения структурного анализа необходимо составить модель производства, а также построить информационную блок-схему (ИБС), отображающую структурную организацию исследуемой схемы. ИБС представляет собой ориентированный граф, в котором вершинами являются элементы оборудования, а дугами – энергетические и технологические потоки. Значения параметров входных и выходных потоков каждого элемента оборудования связаны друг с другом рядом балансовых уравнений.

Наиболее удобным способом представления ИБС для нахождения контуров является ее представление в виде матрицы смежности, являющейся квадратной матрицей, которая показывает связи между элементами ИБС. Наличие цифры «1» в матрице смежности говорит о том, что имеет место поток, идущий из блока, заданного номером строки, в блок, заданный номером столбца. Цифра «0» означает, что в данном направлении связи между блоками нет. При помощи матрицы смежности выявляются разомкнутые последовательности блоков. Для этого в матрице осуществляется поиск и удаление нулевых строк и столбцов и получение сокращенной матрицы смежности. Далее сокращенную матрицу смежности умножаем саму на себя n раз. Матрица A в n -ой степени показывает связи, которые проходят из какого-либо элемента ИБС к любому другому через n потоков. Если матрица получена для замкнутой схемы, то на ее диагонали должны появиться единицы. Таким образом, выявляются контуры.

Для анализа структуры связей элементов схемы разработана программа на языке VBA (Visual Basic for Applications), реализация которой позволила определить необходимую для полной идентификации контуров степень перемножения сокращенной матрицы смежности для теплотехнологической схемы газоразделения в производстве этилена, рассчитать количество контуров в ИБС, найти минимальное количество условно разрываемых потоков, позволяющих полностью выполнить расчет ИБС, выявить оптимальную последовательность расчета тепловых процессов.

*Работа выполняется в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых № МК-161.2011.8.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ РЕАКТОРА ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО ОКИСЛЕНИЯ АЛЮМИНИЯ И БАТАРЕИ ВОДОРОДНО-ВОЗДУШНЫХ ТВЕРДОПОЛИМЕРНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

THE RESULTS OF TESTS OF POWER PLANT BASED ON THE REACTOR OF HYDROTHERMAL OXIDATION OF ALUMINUM AND THE BATTERY OF AIR-HYDROGEN SOLIDE OXIDE FUEL CELLS

А.И. Сороковиков – вед. инж., **Ю.В. Панкина** – м.н.с., **М.С. Власкин** – н.с.
Объединенный Институт Высоких Температур РАН

Abstract. An experimental co-generation power plant fed by aluminum powder with the average particle size up to 70 μm as primary fuel and pure, without alkali and any other chemical activators, water as primary oxidant was developed and tested. Experimental procedure and experimental results will be considered in detail presented.

Энергетическая установка на основе реактора гидротермального окисления алюминия и батареи водородно-воздушных твердополимерных топливных элементов была разработана, создана и испытана. В реакторе в результате окисления микронных порошков алюминия в среде влажного насыщенного водяного пара образуется водород и вырабатывается тепловая энергия. Генерируемая за счет водорода электрохимическим генератором (ЭХГ) в постоянном токе электрическая энергия подается в систему преобразования и распределения электрической энергии, которая позволяет переключать питание собственных нужд установки с промышленной сети, на потребление от ЭХГ, обеспечивая тем самым автономную, не зависящую от внешнего электропитания, работу всего экспериментального комплекса. Запуск и вывод установки на рабочий режим осуществляется с помощью блока свинцово-кислотных аккумуляторных батарей, что позволяет не хранить водород на борту установки в режиме ожидания электрической нагрузки.

В работе будет рассмотрена методика испытания установки, а также будут представлены результаты ее испытания в непрерывном режиме работы в течение 1 часа. На основе результатов испытания будут проведены анализ реальной термодинамической эффективности энергетической установки и расчет реального значения топливной составляющей стоимости вырабатываемой ею электрической энергии. Будут указаны возможные области применения данных установок в энергетике.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК ВОДОРОДА
В ТОПЛИВОВОЗДУШНУЮ СМЕСЬ НА ПРОЦЕСС СГОРАНИЯ
В ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ С ИСКРОВЫМ
ЗАЖИГАНИЕМ**

*RESEARCH OF INFLUENCE OF ADDITIVES HYDROGEN FUEL-AIR
MIXTURE IN THE COMBUSTION PROCESS IN INTERNAL COMBUSTION
ENGINES WITH SPARK IGNITION*

О.А. Строкатова – студ.

Волгоградский государственный технический университет

Abstract. In this paper we propose the following method of increasing the size of the initial focus of the combustion air-fuel mixture in internal combustion engines with spark ignition: the use of additives in hydrogen fuel-air mixture.

Среди процессов, происходящих в двигателе, ключевую роль играет сгорание топливовоздушной смеси (ТВС). Важнейшую роль в формировании всего процесса сгорания играет его начальная фаза, в ходе которой происходит формирование и развитие начального очага (НО) горения после зажигания топливовоздушной смеси электрической искрой. Под временем формирования НО понимается период от начала искрового разряда до того момента, когда размер НО достигнет интегрального масштаба турбулентности.

Особенности этой фазы в значительной мере ограничивают степень возможного обеднения топливовоздушной смеси, т.к. именно в пределах начальной фазы формируется межцикловая нестабильность и пропуски воспламенения. Как показывают многочисленные отечественные и зарубежные исследования, любые меры, обеспечивающие ускорение развития НО горения, позволяют снизить межцикловую нестабильность и расширить пределы эффективного обеднения смеси. Важно отметить и то, что процессы, происходящие в период формирования начального очага горения, в значительной мере определяют весь процесс сгорания.

Увеличение размеров начального очага всегда способствует ускорению его развития и снижению межцикловой нестабильности процесса сгорания. Существует множество способов увеличения размеров начального очага горения: увеличение межэлектродного зазора свечей зажигания, применение многоочагового зажигания, установка в камере сгорания двух свечей зажигания, реализация принципа объёмного воспламенения смеси, плазменное зажигание, воздействие через параметры традиционного искрового зажигания. В данной работе предложен следующий способ увеличения размеров НО горения - применение добавок водорода в топливовоздушную смесь.

Наиболее просто в реализации - добавка водорода на впуске. В этом случае он равномерно перемешивается с топливом и воздухом, образуя единую бензоводородовоздушную смесь.

Из проведённых исследования при помощи математической модели для анализа процесса развития начального очага горения ТВС при локальной подаче микродоз горючего газа (водорода) в область электродов свечи зажигания, разработанной в Волгоградском государственном техническом университете на кафедре Теплотехника и гидравлика, был отмечен положительный эффект от применения добавок водорода. Главным образом, за счёт сокращения продолжительности и повышения стабильности начальной фазы сгорания. Положительный результат усиливается при обеднении смеси. Кроме того, добавки водорода в топливовоздушную смесь увеличивают нормальную скорость ламинарного горения. Продолжительность и стабильность основной фазы изменяется сравнительно мало.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ НА СТОЧНЫХ ВОДАХ

USING OF THERMAL PUMPS ON SEWAGE

Р.Н.Фахреев – магистрант, **Т.О.Шинкевич** - к.т.н., доц.
ФГБОУ ВПО Казанский государственный энергетический университет

Abstract. In this article, a possibility of a heat supply of housing and communal services with use of thermal pumps is considered. The area, in which thermal pump is the most expedient way to use for heat supply systems is shown.

Практически неисчерпаемым источником дешевой тепловой энергии является тепло канализационных стоков. Температура хозяйственно-бытовых канализационных стоков колеблется в пределах 15-25°C и даже в самый холодный период года не опускается ниже 10°C. С канализационными стоками в природу сбрасывается огромное количество тепла. Эта тепловая энергия на данный момент никак не используется.

В настоящей работе решается вопрос о применимости тепловых насосов для систем теплоснабжения (отопления и горячего водоснабжения) от НПИ в виде сточных канализационных неочищенных вод в условиях городов и поселков Республики Татарстан (РФ) в сравнении с газовой котельной малой и средней тепло-производительности, а также с ТЭЦ.

Использовалась стандартная методика расчета парокомпрессионной теплонасосной установки на фреоне R 22. Рассчитывалась тепловая нагрузка на тепловой насос условной мощностью 20000 кВт для обеспечения отопления потребителей при помощи радиаторов, которые требуют для средней полосы европейской части РФ температуру теплоносителя ~ 80 °С. Далее рассчитывалась тепловая нагрузка на тепловой насос условной мощностью 20000 кВт для обеспечения отопления потребителей при помощи панельно-лучистого отопления (плоскими панелями), которые требуют температуру теплоносителя ~ 40 °С. Для обоснования целесообразности применения тепловых насосов в системе теплоснабжения с тепловой нагрузкой 20000 кВт (17,2 Гкал/ч) в данной работе проведена экономическая оценка. Расчет велся на количество теплоты или электрической энергии, потребленных в течение одного часа.

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что с ростом температуры фреона в испарителе теплового насоса от 5 до 20 °С стоимость производственных затрат в случае использования традиционного способа (радиаторного) отопления помещений уменьшается с 30 тыс. руб. за 20000 кВт потребленной тепловой нагрузки в системе теплоснабжения для тепловых насосов до 25 тыс. руб. При этом затраты потребителя на закупку теплоты в условиях Республики Татарстан от газовой котельной составляют ~ 21 тыс. руб. и от ТЭЦ - ~ 8,5 тыс. руб. Таким образом, отопление от ТН с использованием сточных канализационных вод в качестве НПИ не может конкурировать с котельными и, тем более, с ТЭЦ.

Экономическая ситуация резко меняется, если использовать панельно-лучистое отопление помещений. Стоимость теплоты величиной 20000 кВт отпущенной потребителю в течение одного часа почти в два раза ниже, чем от газовой котельной, и соизмерима с теплотой от ТЭЦ.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАКОНА РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ С ДВС

USE OF THE LAW OF DEVELOPMENT OF TECHNICS FOR PERFECTION OF THE DESIGN OF THE ELECTRIC GENERATOR WITH THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE

А.Ю. Фокин – асс.

Брянский государственный технический университет

Abstract. In the given work the author tells about application of the law of development of technics for perfection of a design of the electric generator with an internal combustion engine and the device of the offered generator speaks.

Отечественный учёный проф. А.И. Половинкин предпринял попытку системного изложения и обобщения законов строения и развития техники [1]. При этом данные законы формулируются по аналогии с законами природы и с учётом существующих в естествознании требований. Для совершенствования поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС) представляет интерес закон соответствия между функцией и структурой технического объекта (ТО). На основании этого закона рассматривается соответствие между выполняемыми ТО функциями, его структурой и внешними факторами, влияющими на структуру.

Опираясь на данный закон, при участии автора запатентованы две конструкции электрических генераторов переменного тока, позволивших отказаться от традиционной схемы [2, 3]. В данном случае в качестве базового поршневого ДВС принят малооборотный главный судовой крейцкопфный двигатель.

Генератор содержит цилиндр двигателя внутреннего сгорания, снабжённый клапаном и электрической обмоткой. Внутри цилиндра расположен поршень, с образованием одной камеры сгорания. Поршень жёстко соединён со штоком, электрическая обмотка расположена внутри нижней части цилиндра. На штоке закреплён ряд кольцевых магнитов, обращённых друг к другу разноимёнными полюсами. Сочетание электрической обмотки и кольцевых магнитов образуют линейный электрический генератор.

Генератор работает следующим образом. При положении поршня у верхней мёртвой точки (ВМТ) в цилиндре происходит сгорание топлива и поршень со штоком и кольцевыми магнитами перемещается вниз к нижней мёртвой точке (НМТ). Клапан при этом закрыт. При перемещении поршня от ВМТ к НМТ магнитные потоки кольцевых магнитов генерируют электродвижущую силу (ЭДС) в электрической обмотке, снимаемую с выходных разъёмов. В НМТ свежий заряд воздуха поступает в цилиндр двигателя через продувочные окна, а отработавшие газы удаляются через открытый клапан. При обратном движении поршня от НМТ к ВМТ магнитные потоки кольцевых магнитов вновь генерируют ЭДС в электрической обмотке. Затем цикл повторяется.

Во время работы описываемый ДВС может обеспечить не только привод генератора, но и привод гребного винта на судне, а также позволит уменьшить число промежуточных кинематических звеньев, уменьшит габариты и, в итоге, повысит экономичность работы привода. В случае применения данного генератора отпадает необходимость иметь на судне дополнительный дизель-генератор.

Литература

1. Половинкин А.И. Законы строения и развития техники. Учебное пособие. Волгоград.: ВоПИ, 1985. 202 с.
2. Патент №103 041 от 20.03.2011 г. на полезную модель. Электрический генератор переменного тока. А.Ю. Фокин, Ю.И. Фокин.
3. Патент №105 678 от 29.06.2011 г. на полезную модель. Портативная электрическая установка. А.Ю. Фокин.

ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СХЕМ МАЗУТНЫХ ХОЗЯЙСТВ

EXERGY ANALYS OF FUEL OIL STORAGE SCHEMES

Р.Р. Хаметова – студ., **Э.М. Хайриева** – асп., **М.Ф. Шагеев** – к.т.н., доц.
ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет»

Abstract. Using the exergy method allows to evaluate the fuel of oil storage scheme is presented.

Одной из актуальных проблем современности является проблема рационального использования энергетических ресурсов. В связи с этим существует необходимость усовершенствования и уточнения теоретических методов анализа эффективности различных энергетических процессов и составления на их основе методик расчета и проектирования высокоэффективного энерготехнологического оборудования.

Второй закон термодинамики, устанавливающий направление самопроизвольных процессов и границы их совершения, позволяет установить максимально возможную полезную работу, которую может дать система тел, находящаяся в неравновесном состоянии.

Наиболее перспективным, для оценки теплотехнологических схем мазутных хозяйств является эксергетический метод, основанный на термодинамической функции, учитывающей как свойства самой системы, так и окружающей среды называемой эксергией термодинамической системы. Использование данного метода позволяет определить относительное влияние на эффективность процесса различных стадий расхода энергии, выявить элементы с наибольшими потерями энергии.

Эксергетический метод термодинамического анализа получил широкое распространение при анализе совершенства теплотехнологических схем различной степени сложности.

При оценке эффективности теплотехнологических схем и установок с использованием эксергетического метода термодинамического анализа основным показателем степени термодинамического совершенства является эксергетический коэффициент полезного действия (КПД). Расчет эксергетического КПД по его абсолютной величине позволяет определить степень термодинамического совершенства процесса. Кроме того, значение КПД указывает на целесообразность поиска способов снижения энергетических затрат, на поиск наилучшего в данных условиях метода (с точки зрения энергетики) улучшения показателей эффективности теплотехнологической схемы.

Эксергетический анализ проводился при температуре воздуха -32°C полезно максимальная работа составила 0,88, при температуре $+8^{\circ}\text{C}$ - 0,9, при температуре $+20^{\circ}\text{C}$ - 0,94 отсюда следует, что наибольшие затраты наблюдаются в теплый период так как не тратится на отопление и другие нужды.

Распределение потоков эксергии по элементам мазутного хозяйства составило: резервуары хранения мазута - КПД=90%; мазутопровод с паровыми спутниками - КПД=99%; подогреватель мазута - КПД=74,9%; мазутопровод с паровыми спутниками в котельную - КПД=90%; мазутопровод с паровыми спутниками из котельной - КПД=44%.

Использование данного метода позволяет определять относительное влияние на эффект процесса различных стадий расхода энергии выявить элементы с наибольшими потерями.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ ОТ НЕСКОЛЬКИХ ИСТОЧНИКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛГОРИТМА ФЛОЙДА

RESEARCH OF THERMAL NETWORKS WORK FROM SEVERAL SOURCES WITH APPLICATION OF FLOYD ALGORITHM

А.А.Хасаншина¹ – магистрант, М.Ф.Шагеев¹ - к.т.н., доц.
С.А.Лившиц¹ - к.т.н., доц., Р.Ф.Хуснутдинов² - гл.инж.
¹Казанский государственный энергетический университет,
²ТГК «Уруссинская ГРЭС»

Abstract. The problem of flow distribution in the thermal networks working from the several sources with application of Floyd algorithm is solved.

В настоящее время теплоснабжающие системы нашей страны являются недостаточно эффективными. Несовершенства в технологии их проектирования, управления и эксплуатации не позволяют в должной мере использовать все преимущества централизации и во многом снижают реальную эффективность комбинированного производства тепловой и электрической энергии. Это снижает конкурентоспособность крупных систем и является причиной отказа потребителей от них. Однако положительный опыт зарубежных стран в сфере централизованного теплоснабжения говорит о наличии огромных резервов повышения эффективности данных систем в России.

Одним из способов повышения эффективности работы теплоснабжающих систем является объединение нескольких источников теплоснабжения для работы на общие тепловые сети. Функционирование системы централизованного теплоснабжения в таком режиме позволит перераспределять тепловые нагрузки, а следовательно повысится надежность теплоснабжения потребителей благодаря взаиморезервированию источников теплоснабжения и тепловых сетей. Кроме того, понизятся затраты на производство тепловой энергии путем распределения нагрузки в течение отопительного сезона между наиболее экономичными источниками теплоснабжения, уменьшатся резервные мощности.

При такой работе теплоснабжающих систем серьезно усложняется сама структура тепловых сетей в силу присутствия в ней замкнутых контуров. Рассчитывать подобные тепловые сети можно с использованием графоаналитического метода. Такое представление позволяет использовать имеющийся наработанный математический аппарат для решения прикладных теплоэнергетических задач.

В научно-технической литературе описаны различные методы последовательных приближений для расчета потокораспределения в кольцевых многоконтурных трубопроводных сетях. Проанализировав увязочные методы и их модификации, а также применение математических методов для расчета трубопроводных систем, наиболее подходящим для расчетов представляется метод поузловой увязки. При этом существуют различные алгоритмы решения задачи потокораспределения в гидравлических сетях. На основе одного из них, а именно, алгоритма Флойда, находящего кратчайший путь между любыми двумя узлами сети, был разработан метод, позволяющий решать задачи эффективного управления и моделирования большими гидравлическими сетями в режиме реального времени.

Таким образом, применение теории графов позволяет решать задачи потокораспределения в сетях с целью эффективного управления существующими трубопроводными сетями и проектирования новых трубопроводных систем.

РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ СИЛОВОГО КАБЕЛЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

WORKING OUT OF THE STAND FOR RESEARCH OF TEMPERATURE PARAMETERS OF THE POWER CABLE OF THE ELECTRIC DRIVE

А.Н.Хуснутдинов – асп., **Р.Ш.Юсупов** – зав.лаб., **Р.Г.Идиятуллин** – д.т.н, проф.

ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет»

Abstract. Increase of operational term of a cable – one and power savings actions. Questions of improvement of heat removal from a power cable of the electric drive, at the expense of use of a new design of a cable are considered.

Протекание тока в проводниках всегда связано с потерями энергии, то есть с переходом энергии из электрического вида в тепловой. Повышение температуры также влияет на пропускную способность кабеля. Питание потребителей большой мощности осуществляется специальными кабелями с системой охлаждения.

Существующие системы охлаждения силовых кабелей имеет ряд недостатков. Очень низкая плотность теплового потока. Неэффективная система охлаждения. В результате имеются потери (электрические) в силовом кабеле, которые могут достичь значительных величин. В целом это может сказываться на КПД агрегата. Нагрев кабелей высокого напряжения ограничивается не только свойствами изоляции, способной длительно работать при температурах порядка 90 С, но и сложными процессами в изоляции, ухудшающими ее состояние.

Для улучшения характеристик силового кабеля электропривода разработан ряд вариантов конструкций, которые были запатентованы в РФ. Важной особенностью разработок является то, что эффективность отвода тепла от токоподающего силового кабеля повышается на 30-40 %. Эти данные были предварительно определены расчетным путем по специально разработанной методике.

Разработан и изготовлен экспериментальный стенд, который позволил провести научные исследования. Для проведения экспериментальных исследований была разработана специальная программа (матрица). Методом планирования эксперимента были выполнены экспериментальные исследования. На основании статистики исследований были получены уравнения регрессии. На основании специально разработанной компьютерной программы было исследовано факторное пространство и его воздействие на функцию отклика. За функцию отклика было принято температурный режим охлаждения силового кабеля электропривода. На основании этих данных были получены оптимальные параметры воздействующих факторов: температура, ток нагрузки, динамические характеристики воздуха (жидкости).

Были сопоставлены данные исследования на стенде, результатов моделирования, исследования факторного пространства с конструкцией системы охлаждения силового кабеля электропривода. На основании этих данных были скорректированы геометрические и физические параметры конструкции силового кабеля электропривода. Результаты проведения исследований дают основание рекомендовать разработанную конструкцию для испытаний в условиях производства.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППАРАТА СМЕШИВАЮЩЕГО ТИПА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ТЕПЛОФИКАЦИОННОЙ ВОДЫ *USE OF THE DEVICE OF MIXING TYPE FOR PREPARATION OF HEATING WATER*

Н.С. Чебышева - магистр, **Р.В. Ахметова** – асп., асс., **Э.А. Ахметов** – к.т.н., доц.
ФГБОУ Казанский Государственный Энергетический Университет

Abstract. Device «Fisonic» is heat-exchange device of contact-type using energy of steam for heating and pumping of water in systems of heating and hot water supply. It is distinguished by high reliability, low operational expenses and a fast recoupment. Introduction of these devices in technological chains of preparation of hot water has allowed enterprises to save power resources considerably.

Снижение энергозатрат и улучшение экологической обстановки сегодня очень актуальная тема для всех производственных предприятий. Одним из направлений энергосбережения является проектирование, изготовление и внедрение установок на базе трансзвуковых теплообменных струйных аппаратов (ТСА), получивших название «Фисоник».

Работа ТСА «Фисоник» основана на использовании явления повышенной сжимаемости сверхзвукового однородного двухфазного потока по сравнению со сжимаемостью каждой из его фаз в отдельности. Аппарат представляет собой металлический тройник с фланцевым, муфтовым или сварным присоединением к наружным коммуникациям. Внутри тройника установлены паровое сопло и камера смешения – конфузор, рассчитанные по специально разработанной модели. На вход аппарата поступают раздельно пар и вода со скоростью течения существенно меньшей локальной скорости звука в потоке, то есть, с дозвуковой скоростью. Смешиваясь в камере смешения, они образуют однородную, равномерно перемешанную пароводяную смесь, локальная скорость звука в которой много меньше скорости самого потока, то есть имеет место сверхзвуковой режим течения. При торможении этой смеси на выходе из камеры смешения происходит рост температуры и скачек давления в потоке с конденсацией паровой фазы. В результате на выходе из ТСА мы снова имеем жидкость с дозвуковой скоростью течения. Именно эта особенность аппарата ТСА дает возможность использовать не только тепловую энергию пара, но и кинетическую, совместив в одном устройстве и теплообменник, и перекачивающее устройство. Благодаря тому, что поток в камере смешения имеет развитую поверхность теплообмена из-за туманообразной, либо пенообразной структуры пароводяной смеси, размеры аппарата малы по сравнению со всеми существующими теплообменниками поверхностного типа (включая пластинчатые). Необходимо так же отметить, что внедрение этого оборудования в системах теплоснабжения имеет смысл там, где есть источник пара, в том числе и низкопотенциального после производственного процесса.

Данное устройство предлагается установить на предприятии ОАО "Казаньоргсинтез". На заводе полиэтилена высокого давления пар после производственного процесса идет на отопление. Ежегодно ОАО "Казаньоргсинтез" экономит до 4 млн руб. на расходе энергоресурсов благодаря внедрению на своем предприятии установок ТСА.

Аппараты ТСА не имеют себе равных в области их применения по массогабаритным показателям и эффективности, дают значительную экономию электрической энергии и органического топлива. Простота устройства, отсутствие в конструкции аппарата движущихся и вращающихся частей, а также изготовление проточных частей из нержавеющей стали, делает аппарат высоконадежным. Длительная работа аппарата в реальных промышленных условиях подтвердила их надежность и экономичность.

АНАЛИЗ ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОПОЕЗДОВ ПРИ ФРОНТАЛЬНОМ СТОЛКНОВЕНИИ

THE ANALYSIS OF PASSENGER ARTICULATED TRUCK PASSIVE SAFETY IN A FRONTAL COLLISION

Е.А.Шевяков – студ.

Волгоградский государственный технический университет

Abstract. In this research of passive safety of basic articulated truck model, author demonstrates deviation of deformations within tractive vehicle caused by trailer during frontal collision.

Известно, что на текущий момент, исследования внутренней пассивной безопасности (далее ПБ) автомобиля являются стандартной и многогранно регламентированной процедурой для автопромышленности. Однако, влияние прицепа на пассивную безопасность автомобиля-тягача на текущий момент мало исследовано.

Для проведения качественного анализа фронтального столкновения легкового автопоезда была создана конечно-элементная модель в пакете Simulia Abaqus с небольшим количеством элементов.

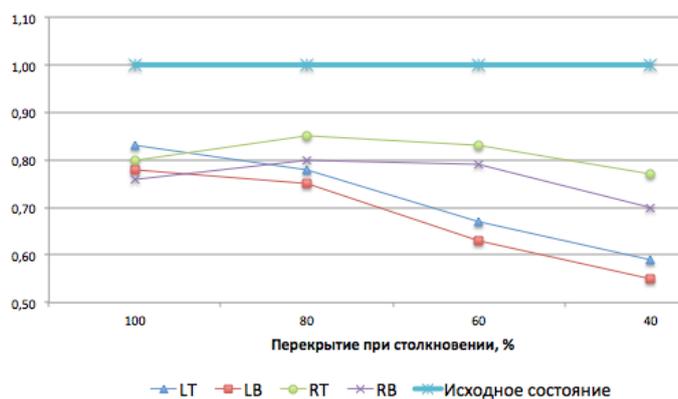
Создание детализированной модели, позволяющей учесть величины, регламентированные нормативными документами, требует больших временных и машинных затрат, не оправданных в данном случае. Поэтому модель для данного исследования ограничена небольшим количеством структурных элементов, отсутствием деталей интерьера и рядом допущений (недеформируемый прицеп, упрощенная компоновка автомобиля и т.п.).

Критериями оценки уровня ПБ были избраны соотношения расстояний между конечными точками недеформированных элементов кузова, деформированных при столкновении только тягача и деформированных при столкновении автопоезда.

Данные величины позволяют дать качественную оценку остаточного жизненного пространства тягача после столкновения, как отдельной конструкцией, так и в составе автопоезда.

На рисунке показаны полученные в ходе исследования соотношения величин исходного и деформированного состояния в зависимости от изменения процента перекрытия при столкновении.

Относительные деформации элементов тягача без прицепа



Относительные деформации элементов тягача в составе автопоезда

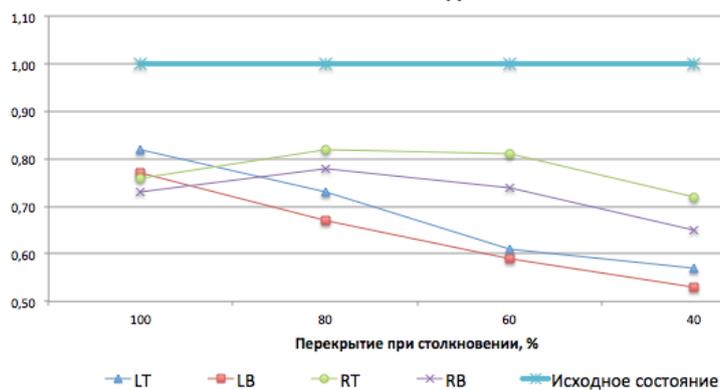


Рисунок – зависимости деформации продольных граней кузова от процента перекрытия при столкновении (где LT-левая верхняя грань, LB-левая нижняя, RT-правая верхняя, RB-правая нижняя)

СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

DIAGNOSTIC SYSTEM FOR THE EMERGENCY STATE PREVENTION OF OVERHEAD POWER LINES

А.А. Шилин — асп.т, И.И. Литвин — асп.
Волгоградский государственный технический университет

Abstract. All known diagnostic methods for the emergency state prevention of overhead power lines are considered in this paper, disadvantages are noted. The diagnostic system of pre-emergency state was developed that consist of two modules: fault location detecting module and the ice build-up detecting module.

Одной из актуальных задач современной энергетики является повышение надежности систем электроснабжения. Одним из основных элементов системы электроснабжения являются воздушные линии электропередачи (ВЛЭП). Именно ВЛЭП являются самым ненадежным элементом энергосистемы (60-80% всех повреждений). Данная проблема приобретает особое значение для нашей страны из-за таких условий как большая протяженность, суровые климатические условия, неоднородность рельефа земной поверхности, сложная криминогенная обстановка в отдельных районах и т.д.

При выходе ВЛЭП из строя наиболее длительным процессом является поиск географического места повреждения (может занимать до $\frac{3}{4}$ всего времени восстановления). Большинство существующих на данный момент методов определения места повреждения (ОМП) на ВЛЭП основаны либо на подаче локационного сигнала по поврежденной ВЛЭП (дистанционные методы ОМП), либо на обработке результатов визуального осмотра (топографические методы ОМП). Основным недостатком дистанционных методов ОМП является использование в расчетах времени прохождения отраженного сигнала от места повреждения до подстанции скорости распространения локационного сигнала в проводнике. Данная скорость в реальных условиях зависит от большого количества факторов (погодные условия, электромагнитный шум), поэтому использование ее в расчетах приводит к неточному результату. Основным недостатком топографических ОМП является необходимость обследования ремонтной бригадой ВЛЭП по всей длине, что приводит к значительным экономическим затратам (в первую очередь затраты на транспорт).

Для повышения надежности функционирования ВЛЭП авторами доклада предложена система диагностики состояния ВЛЭП. В основе данной системы лежит использование датчиков изменения электромагнитного поля вокруг ВЛЭП и датчиков определения толщины стенки гололеда на проводах ВЛЭП. Датчики электромагнитного поля вокруг ВЛЭП позволяют бесконтактным способом определить аварийный режим в электросети (как короткое замыкание, так и обрыв), а датчики гололедной нагрузки позволяют контролировать состояние ВЛЭП в зимний период времени.

Использование данных датчиков совместно с беспроводной системой передачи данных (например GSM/GPRS) способно значительно повысить оперативность восстановительных работ на ВЛЭП, а также благодаря постоянному мониторингу гололедной нагрузки на ВЛЭП снизить вероятность возникновения повреждения в зимний период времени. Также использование данной системы позволит снизить экономические затраты на ремонт ВЛЭП за счет экономии транспортных расходов. Предусмотрена возможность использования данной системы совместно с уже существующими информационно-измерительными системами (например системы ОМП, релейной защиты и т.д.).

ОЦЕНКА КПД ТЕПЛОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, УСТАНОВЛЕННЫХ В ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ

ESTIMATION OF EFFICIENCY OF THE THERMAL ENGINES ESTABLISHED IN VEHICLES, MAINTAINED IN CITY CONDITIONS

Д.Б.Ширшов –магистр, Н.М.Зотов- доц., Д.И.Неволенко- бакалавр
Волгоградский Государственный Технический Университет

Abstract. On the basis of the analysis of characteristics of diesel and spark ignition four-cycle engines operating in part load modes, empirical formula for calculation of their efficiency ratio is received. It is shown also that besides concept of efficiency ratio it is necessary to apply concept of power intensity to an estimation of efficiency of vehicles.

В ГОСТ 20306-90 приведена схема городского ездового цикла для автотранспортных средств (АТС). Применяв данный цикл к реальному транспортному средству (ТС) и проанализировав данные по техническим характеристикам автомобилей, было установлено, что для эксплуатации в городских условиях достаточно 40-50% от реальной мощности двигателя большинства современных легковых автомобилей компакт класса.

В предыдущих работах были определены выражения для оценки энергоемкости и КПД ТС, в которых участвует эффективный КПД двигателя. При этом для расчетов рассматривались режимы работы на номинальной мощности ДВС из-за отсутствия зависимостей для КПД ДВС на частичных нагрузках.

В связи с этим была поставлена задача: найти зависимости, для определения КПД поршневых ДВС на всем диапазоне нагрузок. В процессе поиска этой зависимости была сделана попытка получить выражение КПД для разных двигателей на базе известного эмпирического материала. В частности были найдены опытные значения расхода топлива для двадцати дизельных двигателей отличающихся количеством цилиндров, литражом и конструкциями камер сгорания, а так же соответствующие характеристики пяти ДВС с искровым зажиганием.

Для данной выборки двигателей были определены зависимости КПД двигателей от часового расхода топлива, по известной зависимости.

Определив значения КПД различных дизельных двигателей для разной степени загрузки, получено единое уравнение регрессии. Полученное выражение позволяет рассчитать КПД различных дизельных двигателей с погрешностью $\pm 10\%$, с вероятностью 0,95, в диапазоне загрузки от нуля до ста процентов. Аналогичные зависимости были получены при расчетах КПД бензиновых двигателей.

В ходе работы подтверждено, что при уменьшении нагрузки двигателя его механический КПД ухудшается. Наглядным примером может служить работа двигателя без нагрузки, т. е. на холостом ходу, когда механический КПД равен нулю, т.к. вся индикаторная мощность двигателя расходуется на преодоление потерь при его работе. При нагрузке двигателя на 50% или менее, удельный расход топлива по сравнению с полной нагрузкой значительно возрастает, и поэтому устанавливать на ДВС, имеющий большую, чем это требуется, мощность, неэкономично.

При условиях движения легкового автомобиля в городе, мощность двигателя, чаще всего, используется в диапазоне от 40% до 50% от полной нагрузки. Поэтому обобщенные кривые КПД дизельных и бензиновых двигателей позволяют определить, достаточно достоверно, значения КПД разных двигателей при реальных режимах их работы, характерных для городского цикла движения.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОЦЕССОВ СГОРАНИЯ СЖИЖЕННОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДОБАВОК ВОДОРОДОСОДЕРЖАЩИХ ГАЗОВ

THE COMBUSTION PROCESS OF LIQUID PETROLEUM GAS WITH ADDITIVES OF HYDROGENOUS GAS ANALYSIS

Д. Б. Ширшов – асп., Е. А. Захаров – к.т.н.

Е. А. Федянов – д.т.н., Д. С. Гаврилов – студ.

Волгоградский государственный технический университет

Abstract. In the article issues of possibility of using syngas as an additive to fuel for vehicles equipped internal combustion engine with ignition system are considered. Also reviewed the results of an experiment to determine the flame propagation velocity in a stoichiometric mixture of propane-butane with hydrogen.

Самым распространенным альтернативным топливом для ДВС в настоящее время является сжиженный углеводородный газ (СУГ). Широко известно, что, наряду с преимуществами, данный вид моторного топлива имеет и ряд недостатков. Так, одним из недостатков двигателей, работающих на СУГ, является снижение мощности по сравнению с аналогичными двигателями, работающими на бензине.

В работе рассматривается способ повышения топливной эффективности ДВС, работающих на СУГ, путем добавок к топливу водородосодержащих синтез-газов. При этом под синтез-газом понимают не только смесь диоксида углерода и водорода, как это принято в химии, но и другие газовые смеси искусственного происхождения, содержащие свободный водород.

Утверждается, что добавка синтез-газа позволяет повысить КПД двигателя, снизить расход топлива и выбросы вредных веществ, включая CO_2 , в окружающую среду.

Положительное влияние синтез-газа как добавки к топливу связано с наличием в нем свободного водорода. Положительное влияние последнего на процесс сгорания в ДВС хорошо известно. Добавки водорода к углеводородному топливу увеличивают скорость и полноту сгорания, способствуя тем самым росту индикаторного КПД и уменьшению доли несгоревших углеводородов в отработавших газах.

Проведенные нами опыты по определению скорости распространения фронта ламинарного пламени газовой смеси, состоящей из 95% СУГ и 5% водорода (по массе) показали, что скорость распространения фронта пламени в стехиометрической смеси возрастает по сравнению со стехиометрической смесью СУГ на 10-12%.

Также следует отметить, что при наличии в топливовоздушной смеси свободного водорода существенно повышается предел эффективного обеднения. Это, в свою очередь, позволяет перейти частично к качественному регулированию нагрузки, увеличить термический КПД цикла и снизить потери на газообмен. Основным положительный эффект от добавки синтез-газа следует связывать с возможностью повышения предела обеднения топливовоздушной смеси. Так обеднение топливовоздушной смеси до $\alpha = 1,6$ позволяет по сравнению с работой на смеси стехиометрического состава повысить термический КПД цикла на 12,7%.

СЕКЦИЯ 10.
Студенческая секция

ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ПРЕСС ДЛЯ ВИБРАЦИОННОГО БРИКЕТИРОВАНИЯ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

VERTICAL PRESS FOR VIBRATORY BRIQUETTING OF DOMESTIC WASTE

А.Н.Вишневская - студ., В.Г. Шуваев - доц., к.т.н.
Самарский государственный технический университет

Abstract. The special construction of vertical press for the vibratory briquetting of domestic waste is suggested.

В работе решается задача по созданию малогабаритного, компактного и удобного в применении вертикального пресса для вибрационного брикетирования твердых бытовых отходов, который решает технические и экологические задачи и может быть использован в сфере коммунального хозяйства.

Вертикальный пресс состоит из прессовой камеры, которая выполнена в виде усеченного конуса, сужающегося к основанию пресса, и установлена на основании с помощью шарнирного соединения между двух вертикальных стоек, жестко связанных с основанием пресса. Стойки соединены между собой перекладиной, на которой размещен силовой гидроцилиндр, оснащенный прессующей плитой на конце штока, а также гидронакачивающим устройством и блоком управления. Гидронакачивающее устройство выполнено с возможностью генерирования вибрационных воздействий на прессующую плиту, что дает возможность существенно повысить эффективность и надежность работы как при брикетировании бытовых отходов, так и при разгрузке прессовой камеры. Выполнение прессовой камеры в виде усеченного конуса, сужающегося к основанию пресса, уменьшает площадь соприкосновения брикета с внутренней поверхностью прессовой камеры при его удалении. Кроме того, центральная часть прессующей плиты выполнена выпуклой сферической формы, что совместно с введением дополнительных колебаний позволяет более плотно спрессовывать пластиковые бутылки и жестяные банки. Выполнение отверстий на боковой поверхности камеры обеспечивает поступление воздуха между ее внутренней поверхностью и пластиковым мешком и тем самым позволяет избежать притягивания мешка к внутренней поверхности прессовой камеры.

Для загрузки бытовых отходов прессовая камера откидывается на угол 45° – 60° и в образовавшуюся емкость укладываются отходы (банки, бутылки, коробки и т.д.). Во внутреннюю поверхность камеры предварительно устанавливается пластиковый мешок, края которого для надежного закрепления заправляются за скругленную наружу кромку верхнего края прессовой камеры. После окончания загрузки прессовая камера вручную поднимается до упора и фиксируется в рабочем положении для процесса прессования.

При подаче рабочей жидкости в надпоршневую полость цилиндра шток гидравлического цилиндра опускается, и прессующая плита спрессовывает первую партию отходов, причем процесс прессования протекает с воздействием вибраций. После выполнения рабочего цикла и подъема прессующей плиты, возможно повторение откидывания прессовой камеры для загрузки новой порции отходов. По достижении заданной высоты брикета прессовая камера откидывается в загрузочное положение и брикет спрессованных отходов вместе с пластиковым мешком вынимается из прессовой камеры. Брикет отходов готов к последующей транспортировке и утилизации.

Предлагаемое устройство малогабаритно, компактно и удобно в применении. Применение дополнительных вибраций позволяет снизить нагрузку на прессовую камеру, повысить скорость работы пресса и облегчить разгрузку камеры. Брикетирование бытовых отходов и расфасовка их в пластиковые мешки позволит снизить расходы по хранению и транспортировке мусора, улучшить санитарное состояние и экологические условия.

ПРОМЫШЛЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛМАЗОВ И МЕТОДЫ ИХ ОБРАБОТКИ

INDUSTRIAL USAGE OF DIAMONDS AND METHODS OF THEIR HANDLING

А. Гоготов, А.Андреева, А.Бубнова, А.Бурина, К.Олейникова

Московский государственный горный университет

Abstract. In this report it is told, how the modern industry uses diamonds. In the report methods of handling of diamond are considered.

Помимо традиционного применения в ювелирной промышленности алмазы, благодаря их уникальным свойствам, находят применение во многих отраслях промышленности, в том числе при производстве высокотехнологичных изделий в области нанотехнологий

Алмаз— минерал, кубическая аллотропная форма углерода. Алмаз является самым твердым природным соединением. Алмаз обладает наиболее высокой теплопроводностью среди всех твёрдых тел. Алмазы разделяются на технические и ювелирные. В общей массе алмазного сырья свыше 75% приходится на долю технических алмазов. В связи с все возрастающими требованиями к точности и скорости обработки металлов технические алмазы широко применяются в машиностроении, авиационной, автомобильной и других отраслях промышленности. На основе алмаза выпускают детекторы ионизирующих излучений, детекторы ядерных излучений, фотоприемники УФ диапазона, фотодиоды, фоторезисторы. Из алмаза перспективно изготавливать подложечные пластины для интегральных микросхем. Алмазы используются в оптике, медицине (алмазные скальпели для микрохирургии) и других отраслях промышленности.

Однако сложность обработки алмаза, вызванные его твердостью, хрупкостью и анизотропией сдерживает применение этого материала и является актуальной задачей, в решении которой заинтересованы многие отрасли промышленности. Конкретный вид обработки выбирается в зависимости от области применения алмаза и технических требований к изделию.

Существует несколько видов обработки алмаза. Механическая обработка: традиционный способ обработки твердых хрупких материалов (в том числе кристаллов) - механическое шлифование свободным и связанным абразивом. Химико-механическая (или тепловое окисление) обработка основана на окислении алмаза при высокой температуре. Термохимическая обработка (или обработка горячей металлической пластиной), основана на термохимической реакции между алмазной поверхностью и горячей металлической пластиной. Полирование динамическим трением (DFP): полирование алмазной заготовки без использования абразивных материалов, но при воздействии с заданным давлением на металлический диск, вращающийся с большой скоростью в атмосфере. В плазменном и ионно-лучевом полировании неровности поверхности удаляются путем напыления и травления кислородом ионов плазмы или ионного пучка. В лазерной обработке, неровности на алмазной поверхности удаляются в результате высокой температуры окисления в зоне воздействия луча лазера. При электроэрозионной обработке используется тепловая энергия, полученная при прохождении импульсных электрических разрядов через расстояние между инструментом и заготовкой. Новым перспективным способом получения высококачественной поверхности твердых хрупких кристаллических минералов нанометрового рельефа является удаление поверхностного слоя в режиме квазипластичности. Квазипластичность – проявление пластичных свойств поверхностным слоем твердых хрупких минералов при обработке. При определенных режимах обработки поверхностный слой хрупких твердых минералов, в том числе алмаза, проявляет пластичные свойства и преобладающим механизмом становится не хрупкое разрушение, а квазипластичное удаление поверхностного слоя минерала.

Исключительные свойства алмаза позволяют расширить диапазон применения самых различных систем и приборов, позволяют обеспечить эффективную стабильную работоспособность электронных устройств на их основе в самых критических условиях.

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МНОГОРЯДНЫХ СРЕЗНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

STRESS STATE OF MULTIPLE-ROW SHEAR JOINTS

М.И. Гребёнкина – студ., Н.Л. Осипов – к.т.н., доц.

Московский Государственный Технический Университет «МАМИ»

Abstract. The solution of elastic contact problem about action between the rigid cylindrical stamp and the edge of the bore is presented. As a result of the work the stress field in the bore vicinity in an infinite plate is defined, value of a joint compliance is established, parametrical research of contacting elements' physical and geometrical properties influence on a plate tension is conducted.

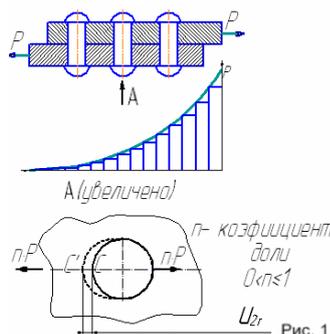


Рис. 1

Целью данной работы является расчет и исследование напряженного состояния в окрестности крепежных элементов срезного соединения. Известно, что передача усилий с одного скрепляемого листа на другой происходит неоднородно – отдельные крепежные элементы нагружены больше, другие – меньше. Это распределение существенно неравномерно (рис.1), хотя в сопротивлении материалов часто делаются необоснованные предположения именно о простейших равномерных распределениях. Указанная неравномерность обусловлена податливостью узлов крепления

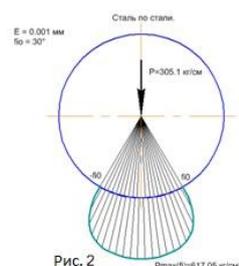


Рис. 2

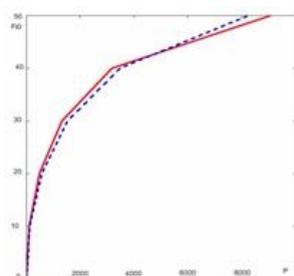


Рис. 3

В первой части работы определяется контактное давление и размеры площадки контакта при заданном сжимающем усилии P в зоне контакта (рис.2). В широком диапазоне механических и геометрических параметров болтового соединения установлена его податливость, отмечена существенно нелинейная зависимость между этими параметрами (рис.3). Кроме того, нами была получена зависимость между зазором ε и максимальным контактным давлением, а так же сжимающей силой. Вследствие малости зазора ε эти кривые чрезвычайно близки к прямым линиям.

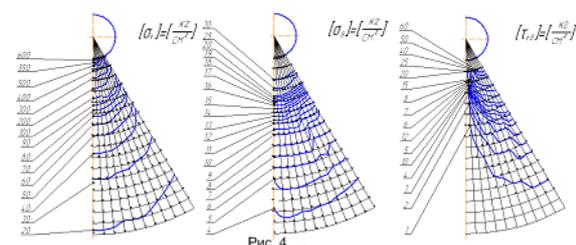


Рис. 4

Во второй части задачи мы используем рассчитанные ранее значения контактного давления для определения поля напряжений в пластине с круглым отверстием, по кромке которого приложено это давление. Решение плоской задачи ведется в напряжениях. Функцию напряжений удалось подобрать в виде разложения в тригонометрический ряд.

Тогда напряжения так же выражаются в виде разложения в тригонометрический ряд. Используя теперь вычисленное ранее контактное давление и угол сектора, на котором оно действует (рис. 2), находится уточненное значение перемещения штампа под действием сжимающей силы P . Кривые равных напряжений представлены на рис. 4. Концентрация напряжений реализуется лишь в зоне контакта. Действительно, практика эксплуатации срезных соединений показывает аналогичный результат – оваллизация отверстия и появление трещин усталости при переменных нагружениях появляются действительно возле кромки контакта. Найденное перемещение служит дальнейшему исследованию срезного соединения, цель которого – выяснение распределения внешнего усилия P по отдельным крепежным элементам. Это расчетное исследование можно провести методом сил по разработанной общей методике.

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

PECULIARITY OF ORGANIZATION OF SOFTWARE DEVELOPMENT PROCESS

М.В. Григорьева

МГТУ им Н.Э. Баумана

Abstract. A software development process is a structure imposed on the development of a software product. In this article author describes software development process that has only definite roles.

Структура организации процесса разработки ПО описывается в виде комплекса работ и задач, решаемых в ходе разработки. При организации жизненного цикла программного обеспечения нужно учитывать, что решающую роль во всем процессе играет человеческий фактор, в частности, взаимодействие с пользователями и заказчиками.

Рассмотрим наиболее известные технологии создания ПО.

Технология SCRUM относится к так называемым «гибким» методам разработки ПО. В SCRUM выделяют три главные роли: лидер команды, представитель заказчика, группа разработчиков, тестеров и архитекторов. Основная особенность данной технологии – постоянный контроль качества разработки и устранение отклонений от цели, поставленной перед началом каждой итерации.

Extreme Programming (XP). После получения технического задания от заказчика проводится предварительное планирование всего процесса. В процессе разработки план постоянно уточняется, так как условия становятся более конкретными. Разработка кода происходит всеми разработчиками совместно, согласно принятым в организации стандартам кодирования.

Microsoft Solution Framework (MSF). Модель проектной группы строится с отклонением от традиционной иерархической структуры, предоставляя возможность построения производственных отношений в каждом случае индивидуально. Функционал программного продукта наращивается от простых задач к сложным, а внедрение происходит после полной разработки.

DSDM – это организация разработки программного обеспечения в сжатые сроки. Быстрота разработки достигается путем вовлечения пользователей в тестирование и возможностью принятия самостоятельных решений разработчиками.

Предлагаемая организация разработки программного обеспечения основана на жестком закреплении ролей. Технология является итерационной. После поступления технического задания от заказчика рассматриваемый проект делится на этапы. Планирование проходит от простого к сложному, после первой итерации тестирование проходит без участия пользователей для выявления альтернативных решений дальнейшего развития продукта разработчиками. Группу разработчиков разделяют на две подгруппы. Первая подгруппа ответственна за отладку возникших проблем в ходе тестирования программы, вторая группа занимается разработкой кода для следующей итерации. Менеджер по коммуникациям обеспечивает взаимодействие между разработчиками и тестерами. Планирование процесса проводится разработчиками. После каждой итерации проводятся совещания для коррекции текущих задач и оптимизации рабочего процесса.

Применение данного метода организации процесса разработки ПО обеспечивает гибкость в силу итеративности. Наращивание функционала происходит постепенно, что позволяет в случае необходимости сделать шаг назад и переработать код. Разделение разработчиков на подгруппы позволяет сосредоточиться на выполнении конкретных задач. Непрерывная интеграция делает внедрение более простым, а процесс разработки более гибким.

РАССЕЯНИЕ ЭНЕРГИИ В МАТЕРИАЛЕ ПРИ ВИБРОСТАБИЛИЗАЦИИ ФРИКЦИОННЫХ ДИСКОВ THE ENERGY DISSIPATIONS IN MATERIAL UNDER THE VIBROSTABILIZATION OF FRICTION DISKS

Б.А. Гупалов

Новоуральский технологический институт НИЯУ «МИФИ»

Abstract. The object of the scientific work is the method and installation for the flattening of friction disks used in clutch mechanism of transport and road machines. Within the framework of given work kinetics of the change of disks internal friction in process vibrostabilization is considered.

В НТИ НИЯУ «МИФИ» совместно с ОАО «НПК «Уралвагонзавод» был предложен и активно прорабатывается новый способ вибрационной правки фрикционных дисков. Данный способ основан на явлении вибрационного старения и включает следующую последовательность действий. Предварительно, измерив отклонения детали – угловой или линейный шаг волны и величины амплитудных значений прогиба (деформации изделия), идентифицируют выступ или впадину волны деформации и относительно них устанавливают опоры для создания обратного перегиба изделия («заневоливания»). При таком нагружении в изделии создаются напряжения противоположного знака. Затем на нагруженное изделие накладываются механические колебания с частотой нагружения от 0,5 до 1,5 собственной частоты колебаний изделия.

Для практической реализации предложенного способа в условиях завода было исследована степень влияния микропластической деформации при установленных оптимальных значениях прогиба и периода времени вибрационного воздействия на рассеяния энергии в деталях. Оценка велась с помощью определения логарифмического декремента свободных затухающих колебаний фрикционного диска в процессе виброобработки. Эксперименты проводились при частоте 50 Гц, амплитудой колебаний 0,6 мм, временем обработки 3.3 мин, прогибе диска 2 мм. График зависимости внутреннего трения детали от времени правки представлен на рис.1.

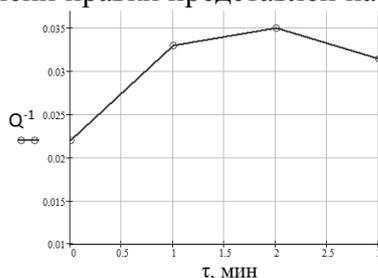


Рис. 1. График зависимости внутреннего трения детали от времени правки

Результаты измерения декремента свободных затухающих колебаний свидетельствуют о том, что остаточные напряжения в процессе их перераспределения увеличивают значения внутреннего трения. Данное перераспределение означает их выравнивание, т.е. напряжения в каких-либо местах увеличиваются, а в каких либо уменьшаются, создавая равновесное состояние напряжений. Процесс упорядочения способствует миграции дислокаций, т.е. позволяет им совершать большое количество перемещений, во время которых происходит перестройка в расположении атомов. Такое состояние металла вызывает интенсивное рассеивание энергии. Поскольку внутреннее трение металлов весьма чувствительно к самым незначительным изменениям их структуры, то методом определения логарифмического декремента затухающих колебаний можно контролировать процесс вибрационного старения.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ С ПОМОЩЬЮ ВИБРО – АКУСТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

DETERMINATION OF THE OPTIMAL MODE OF MECHANICAL TREATMENT USING THE VIBROACOUSTIC MEASUREMENTS

А.В.Гусев

Новоуральский технологический институт НИЯУ «МИФИ»

Abstract. The object of the scientific work is the development of the method and facilities for the optimal parameters through the diagnostic process of machining. Within the framework the correlations between the changes of deformation characteristics of borings formation and acoustic (vibration) parameters.

В современном машиностроительном производстве отмечаются тенденции значительного повышения затрат на механическую обработку. Принятые по нормативам проектные значения режимов резания практически всегда корректируются «по месту» и в большинстве случаев существенно расходятся с нормативными данными. С целью повышения эффективности функционирования ГПС и сокращения сроков подготовки производства необходимо решить задачу выбора режимов резания и управления ими.

Целью работы является создание автоматизированного метода определения оптимальных режимов и контроля процессов резания.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

- 1) Установить особенности поведения деформационных характеристик процесса резания в широком диапазоне изменения режимов резания;
- 2) Выявить наиболее информативную характеристику процесса резания, пригодную для создания системы контроля режима обработки.

Для исследования деформационных характеристик процесса стружкообразования изучались фотографии стружек, полученные на электронном микроскопе. По традиционной методике оценивались деформационные характеристики процесса: значения пластически деформируемой зоны; коэффициент усадки стружки; относительная деформация материала; время и частота образования сдвиговых деформаций.

Также было предположено, что формирующиеся физические условия пластической деформации срезаемого слоя, с учетом дискретного характера процесса, должны отразиться на амплитудно – частотных и спектральных характеристиках колебательного процесса в зоне резания. Для проверки этого предположения были применены следующие методы: 1) Метод акустической эмиссии и 2) Тензометрический метод. Проверка предложенных методов изучения выполнялась на экспериментальной установке (рис.1).

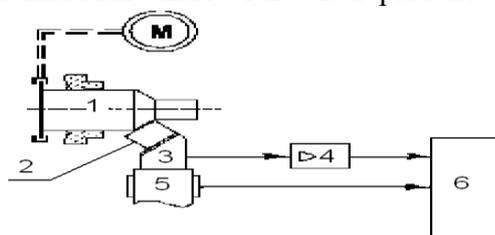


Рис. 1. Схема лабораторного измерительного комплекса

На рисунке 1 цифрами обозначены: 1 – заготовка; 2 – резец; 3-тензометрические датчики; 4 – усилитель; 5 – пьезокерамический датчик; 6 – осциллограф Tektronix TDS-3034.

Полученные данные свидетельствуют о связи изменения деформационных характеристик стружкообразования и акустико-эмиссионных параметров, а также амплитудных и частотных параметров мгновенных сил резания. Это позволяет, осуществлять контроль процесса резания.

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ТОНКОСТЕННЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

THIN-WALLED CYLINDRICAL WORKPIECE MACHINING ACCURACY INCREASE

В.Г. Гусев – д.т.н., проф., Н.В. Богатырев – асп.
Владимирский Государственный Университет
им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых

Abstract. In given article the information on errors connected with processing not rigid details is presented and the increasing way of technological system rigidity is presented at machining of thin-walled cylindrical workpiece.

Тонкостенные детали широко применяют в различных сферах деятельности человека и представляют собой оболочки сложной геометрической формы с системой окружных пазов и поперечных отверстий, а также совокупности наружных и внутренних резьб.

Одним из основных видов механической обработки цилиндрических тонкостенных деталей является точение. Это связано с тем, что эти детали склонны к упругим и термическим деформациям, а окончательная абразивная обработка, например, шлифование характеризуется высокой тепловой напряженностью, являющейся источником дополнительных погрешностей.

Невысокая жесткость технологической системы, обусловленная податливостью тонкостенной детали, вызывает появление вибрации, которая в свою очередь негативно сказывается на процессе обработки и приводит к преждевременному износу режущего инструмента, повышению шероховатости, волнистости обработанной поверхности и образованию погрешности формы. Собственные и вынужденные колебания в процессе резания можно предупредить, повысив жесткость технологической системы, и, в первую очередь, самой тонкостенной заготовки.

Авторами разработана пневматическая оправка, изображенная на рисунке, которая позволяет повысить жесткость технологической системы при наружном обтачивании тонкостенной заготовки путем создания давления сжатого воздуха между оправкой и внутренней поверхностью заготовки.

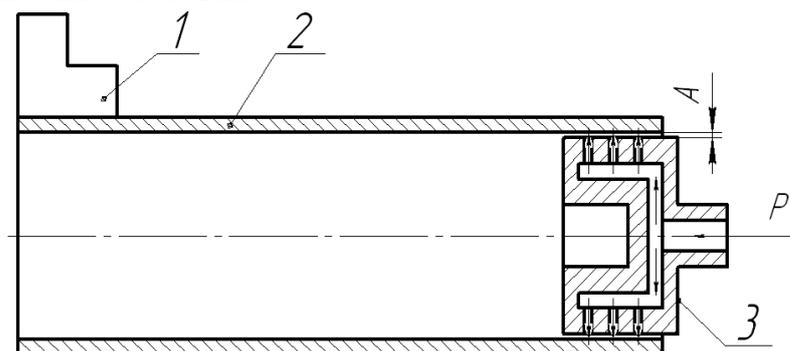


Рис.1. Тонкостенная деталь установленная на пневматической оправке.

В трехкулачковом самоцентрирующем патроне 1 консольно закреплена обрабатываемая тонкостенная заготовка 2. В процессе точения наружной поверхности возникает сила резания, которая упруго деформирует заготовку, что вызывает уменьшение зазора А между внутренней поверхностью заготовки и пневматической оправкой 3. Уменьшение зазора А приводит к повышению давления воздуха в зазоре и созданию силы, противоположно направленной силе резания. В результате этого тонкостенная деталь упруго восстанавливается, повышается точность ее после механической обработки.

ВНЕДРЕНИЕ ИННОВАЦИОННОГО ИНСПЕКЦИОННО-ДОСМОТРОВОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ

INTRODUCTION OF INNOVATIVE INSPECTION SYSTEM FOR THE RAILWAY STATION

И.А.Давыдова – магистрант

Московский Государственный Университет Путей Сообщения
(МИИТ)

Abstract. The project's goal is to conduct of freight transport's monitoring without opening and visual inspection, reducing the time. In this work the author makes an attempt to implement of domestic development in this area.

Использование инспекционно-досмотровых комплексов сокращает время проведение контроля грузового транспорта, так как не происходит вскрытия и визуального досмотра крупногабаритных грузов. В данном проекте, методика досмотра на железнодорожной станции заключается в том, что поезд проходит через пучок излучения, а результат прохождения фиксируется на приемной части комплекса и попадает на мониторы операторов.

В комплексе источником тормозного излучения является линейный ускоритель электронов, работающий в двух энергетических режимах поочередно, подавая сначала импульс с высокой энергией ϕ_1 , а затем с низкой ϕ_2 . При одной и той же массовой толщине досматриваемых объектов отношение ϕ_1/ϕ_2 разное, но оно одинаково для материалов с одним и тем же атомным номером вещества. Следовательно, в результате мы с точностью можем определить элементный состав вещества, в то время как в зарубежных аналогах возможно получить лишь теневое изображение объектов.

Система осуществляет прием цифровой информации о результатах просвечивания груза, математическую обработку и синтез изображения, обмен логическим файлом, содержащим сведения о грузе, режимах и результатах его инспекции, с системой управления таможенным комплексом; распределение файлов с изображениями между рабочими станциями для поочередного их анализа операторами; запись и организацию хранения файлов с изображениями. Рабочая станция системного оператора осуществляет прием и сохранение информации по двум энергиям и распределение ее между рабочими станциями для поочередной обработки инспекторами. Распределение происходит автоматически или вручную оператором в зависимости от заданного режима.

К основным преимуществам отечественной разработки можно отнести систему авто-выключения при обнаружении человека в опасной зоне, а так же наличие не менее двух идентификаторов вагонов: по колесным парам и по номеру.

В процессе создания проекта внедрения была составлена структура декомпозиции работ, которая наглядно показала длительности и взаимосвязи работ, а так же необходимые ресурсы, в результате чего была создана матрица ответственности проекта. Каждый инновационный проект характеризуется большими рисками, в связи с чем, была описана матрица рисков и меры по их регулированию, а так же предложен финансовый план, где был произведен расчет совокупных затрат методом смет и получены показатели эффективности проекта.

При рассмотрении вопросов безопасности жизнедеятельности при работе с источником ионизирующего излучения было выявлено, что все допустимые значения полностью соответствуют Нормам Радиационной Безопасности.

Результаты расчётов показателей эффективности проекта и анализ конкурентоспособности доказывают успешность проекта.

**МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАНОСИСТЕМ И
ВЛАЖНОСТЬ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**
*MECHANICAL CHARACTERISTICS OF NANOSYSTEMS AND HUMIDITY
OF THE ENVIRONMENT*

О.А. Дощечкина – студ., **А.Э. Хордилов** – студ., **А.Л. Суменков** – к.т.н., доц.
Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И. Менделеева,
Новомосковск Тульской области

Abstract. We determined the dependence of the coefficients of internal and external friction of the nanosystems of Al_2O_3 particles with different forms on the ambient humidity.

В новых производствах различных отраслей промышленности: машиностроении, химической, строительной и т.д.,- все более широко применяются наноматериалы и нанотехнологии. К наносистемам относятся и ультрадисперсные порошки (УДП), т.е. порошки с размерами частиц менее 0,1 мкм. Они обладают особыми свойствами: более низкими температурами плавления и спекания, наличием неравновесных фаз и т.д. Это позволяет использовать наносистемы также и в энергосберегающих технологиях. При получении и переработке наносистем осуществляются различные механические процессы: транспортирование, уплотнение, дозирование, прессование и др. Несмотря на то, что в последнее время достаточно большое количество новых материалов получено в форме ультрадисперсных порошков, информация об исследовании механических процессов с их участием, а также об их структурно-механических характеристиках (СМХ), «отвечающих» за проведение этих процессов, в научно-технической литературе отсутствует или носит отрывочный характер.

Основными структурно-механическими характеристиками наносистем являются аутогезия (слипаемость), коэффициенты внутреннего и внешнего трения. СМХ ультрадисперсных порошков очень чувствительны к весьма незначительным изменениям параметров окружающей атмосферы (температуры, влажности, давления) и существенно зависят от гранулометрического и фазового состава порошков (которые обусловлены параметрами их синтеза). Это дает возможность получать наносистемы с заранее заданными структурно-механическими характеристиками, воздействуя на условия получения, хранения и дальнейшей их переработки, и позволяет оптимизировать процессы переработки порошков в «конечный продукт».

Целью представленной работы являлось исследование зависимости коэффициентов внутреннего и внешнего трения наносистем от влажности окружающей среды.

Исследовались порошки оксида алюминия, имевшие сферическую форму частиц и средний размер от 0,03 до 2,0 мкм. Порошки были получены плазмохимическим способом.

Кроме того, в качестве объектов исследования использовались высокодисперсные порошки Al_2O_3 , полученные при термическом разложении алюмоаммонийных квасцов. Они состояли из губкообразных пористых «частиц» со средним размером около 10 мкм, которые, в свою очередь, состояли из более мелких «частичек» с размером около 20 нм. Величина удельной поверхности порошков была около $100 \text{ м}^2/\text{г}$.

Коэффициенты внутреннего и внешнего трения порошков определялась на приборах линейного плоскостного сдвига в специальном боксе по известной методике.

Были получены зависимости влагосодержания исследовавшихся порошков от температуры и относительной влажности воздуха.

Проведенные исследования позволили установить зависимости коэффициентов внутреннего и внешнего трения порошков оксида алюминия с разной формой частиц от их влагосодержания, являющегося функцией относительной влажности воздуха и температуры.

РАДИАЛЬНОЕ НЕСТАЦИОНАРНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ОДНОРОДНОМ ШАРЕ

UNSTEADY RADIAL DISTRIBUTION OF THERMAL STRESSES IN A HOMOGENEOUS BALL

С.Е. Залетов – студ., Н.Л.Осипов – к.т.н., доц.
Московский Государственный Технический Университет «МАМИ»

Abstract. This work presents solution to the problem of the distribution of thermal stresses in a solid ball. Estimation of thermal stress is an important task for determining residual stresses in the bearing ball.

Тема данной работы – определение температурных напряжений в шаре при центральной симметрии. Практическое приложение этой задачи имеет место при определении остаточных закалочных напряжений в шариках радиальных и упорных подшипников.

Первостепенной задачей для установления закона распределения напряжений по объему шара является задача определения поля температур.

Мы имеем задачу на нагревание тела

$$\frac{\partial [rT(r,\tau)]}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 [rT(r,\tau)]}{\partial r^2} \quad (t>0; 0<r<R)$$

при наличии граничных и начальных условий:

$$\begin{aligned} T(r, 0) &= f(r), \\ -\frac{\partial T(R, \tau)}{\partial r} + H[T_c - T(R, \tau)] &= 0, \\ \frac{\partial T(0, \tau)}{\partial r} &= 0, \quad T(0, \tau) \neq \infty \end{aligned}$$

Для превращения задачи нагревания в задачу охлаждения и дальнейшего её решения требуется сделать замену переменной $T_c - T(r, \tau) = \vartheta(r, \tau)$. В окончательной форме решение задачи записывается так:

$$\theta = \frac{T(r,\tau) - T_0}{T_c - T_0} = 1 - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2(\sin \mu_n - \mu_n \cos \mu_n) R \sin \mu_n \frac{r}{R}}{\mu_n - \sin \mu_n \cos \mu_n} e^{-\mu_n^2 Fo}$$

После нахождения распределения температуры, мы можем найти компоненты напряжений:

$$\begin{aligned} \sigma_r &= \frac{2\alpha E}{1-\nu} \left(\frac{1}{b^3} \int_0^b T r^2 dr - \frac{1}{r^3} \int_0^r T r^2 dr \right) \\ \sigma_t &= \frac{\alpha E}{1-\nu} \left(\frac{2}{b^3} \int_0^b T r^2 dr + \frac{1}{r^3} \int_0^r T r^2 dr - T \right) \end{aligned}$$

В итоге, зная распределение напряжений, мы можем определить, появятся ли необратимые деформации в теле шарика подшипника.

В случае превышения температурными напряжениями допустимых значений, появляются остаточные деформации, для устранения которых требуется вторичная термическая обработка. В данной работе остаточные деформации и вторичная термическая обработка не рассматриваются.

ПРИМЕНЕНИЕ АНАЭРОБНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СБОРКЕ НЕПОДВИЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТИПА ВАЛ-ВТУЛКА

ANAEROBIC MATERIALS APPLICATION AT ULTRASONIC ASSEMBLY OF FIXED JOINTS SUCH AS TREE-BUSH

Т.А.Кириллов – студ., В.Г.Шуваев –к.т.н., доц.

Самарский государственный технический университет

Abstract. Paper presents a method of the ultrasonic assembly of fixed joints with simultaneous using of the anaerobic material or glue. It ensures a quality of connections and reduces a dimension of subunits.

При проектировании соединений с натягом (ССН) необходимо, чтобы минимальный натяг посадки N_{\min} гарантировал передачу соединением заданной эксплуатационной нагрузки – осевой силы, крутящего момента, изгибающего момента. Если передача нагрузки не обеспечивается, то увеличивают диаметр D и длину L соединений или выбирают посадку с большим значением (в большинстве случаев при этом увеличивается и максимальный натяг посадки N_{\max}). Такой подход приводит к созданию ресурсоемких неэффективных соединений. Другой путь увеличения прочности ССН связан с нанесением на сопрягаемые поверхности деталей различных веществ: металлических покрытий, клея и др., причем наиболее эффективным является нанесение анаэробных материалов, которые полимеризуются в зоне контакта деталей, образуя прочное и герметичное соединение.

Перспективным направлением интенсификации процессов сборки является использование ультразвуковых колебаний малой амплитуды. Одним из положительных эффектов подвода ультразвука к зоне сопряжения деталей является значительное снижение сборочных усилий. Это отражает общую закономерность воздействия ультразвука на процессы пластического формообразования, проявлениями которой являются снижение сопротивления пластической деформации и изменение условий контактного взаимодействия деталей.

Возбуждение колебаний при сопряжении деталей приводит к необходимости представления процесса сборки в виде механической колебательной системы, описываемой дифференциальным уравнением вида

$$[M(l)]\{\ddot{X}\} + [K(l)]\{\dot{X}\} + [C(l)]\{X\} = F_S + A(t)\sin(\omega t),$$

где $[M]$, $[K]$, $[C]$ - матрицы инерции, демпфирования и жесткости; $\{X\}$ - вектор обобщенных координат; $\{\dot{X}\}$ и $\{\ddot{X}\}$ - соответственно первая и вторая производные вектора $\{X\}$; $A(t)$ - вектор амплитуд внешних сил; l - глубина запрессовки; ω - частота вынужденных колебаний; t - время; F_S - усилие запрессовки.

На основе предлагаемого метода ультразвуковой сборки ССН с использованием анаэробных материалов и клеев можно реализовать новый подход к проектированию и изготовлению ССН. Предлагаемый метод допускает «не тщательный» расчет и выбор посадки с минимальным натягом для обеспечения передачи соединением эксплуатационной нагрузки. Применение анаэробных материалов при сборке позволяет снизить требования к точности изготовления деталей. Использование ультразвуковых колебаний обеспечивает лучшее перемешивание и более равномерное распределение клеевого состава между сопрягаемыми деталями, что гарантирует высокую прочность соединения.

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНЫХ ДЕФЕКТОВ НА КОНЦЕНТРАЦИОННЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ В НИКОТРИРОВАННЫХ ПОКРЫТИЯХ

THE INFLUENCE OF STRUCTURAL DEFECTS ON THE CONCENTRATION STRESSES IN CARBONITRIDING COATINGS

Д.А. Курденков – студ.
ФГБОУ ВПО Тульский государственный университет

Abstract. The parameters of pores and inclusions on the fracture surfaces has been analyzed.

В работе исследовали нитрированные покрытия, полученные на конструкционных сталях.

Анализ типограмм для исследуемых покрытий показал, что концентрация напряжений может изменяться в среднем до 50% при варьировании соотношения модулей дефекта E_B и матрицы E_M от 0 до 1.

В достаточно удачном приближении принимали для некоторого приведенного концентрационного параметра K_v следующее выражение:

$$K_v = \left(1 + \frac{E_M + E_B}{E_M}\right) \gamma^{0,5} \quad (1)$$

в зависимости от коэффициента формы включения γ . В то же время сопоставление топографических характеристик зон зарождения микротрещин у структурных дефектов R_{TR} и размеров активационных зон с максимальной концентрацией напряжений R^* , позволило установить соотношение

$$R_{TR} = R^* S_R, \quad (2)$$

$$S_R = \frac{E}{G} \frac{2\mu^2 - 4\mu + 5}{4(\mu^3 - \mu^2 - \mu + 1)} \quad (3)$$

Максимальные концентрационные микронапряжения рассчитывали согласно следующей зависимости:

$$\sigma_{сн}^{\max} = \left(\frac{2F_S ED}{\pi_1}\right)^{0,5} \left(\frac{1}{R^*}\right)^n \quad (4)$$

где - F_S - свободная энергия карбонитридов ($\sim 3,540$ эрг/см²), E – их модуль упругости ($\sim 32,000$ кг/см²); $D = \frac{a+b}{2}$ - средний размер поры (изменяется от 0,5 до 5,0 мкм).

Для экспериментального определения параметра n в уравнении (4) была разработана методика оценки статической трещиностойкости покрытий, основанная на металлографическом и электронно-микроскопическом исследованиях поврежденных зон на поверхности при концентрированном ударе остроконечным индентором.

Работа выполнена под руководством профессора, к.ф.-м.н. Нечаева Л.М.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЁННОГО СОСТОЯНИЯ КРУГЛЫХ ПЛАСТИН ПЕРЕМЕННОЙ ЖЁСТКОСТИ

RESEARCH OF THE TENSION OF ROUND PLATES OF VARIABLE STIFFNESS

А.А.Парахони-студ.

Московский Государственный Технический Университет «МАМИ»

Abstract. In this work research equations of round plates of a variable thickness describing an axisymmetric tension is presented. Considered exact and approximate solutions. Concludes that non-approximate solutions.

Тема данной работы - изучение влияния жесткостных параметров круглой пластинки на её напряжённо-деформированное состояние, при граничных условиях шарнирного опирания и жёсткого закрепления по внешнему контуру. Практической основой этой темы является оценка осесимметричного напряжённо-деформированного состояния пластинки по различным вариантам расчётных уравнений. Круглые пластинки переменной толщины часто применяются в машиностроении. Примером могут служить лопатки шнековых насосов, крышки насосов высокого давления и т.п.. В рамках гипотезы прямой нормали для пластинок малой и средней переменности толщины уравнение известно.

Решение этого уравнения в квадратурах в общем виде неизвестно. Поэтому в инженерной практике не обоснованно упрощают это уравнение, пренебрегая слагаемыми, содержащими производные от цилиндрической жёсткости, которую принимают постоянной средней по радиусу пластины или рассматривают как функцию радиуса. И в том и в другом случае аналитическое решение возможно, но оценка получаемой при этом погрешности не производится.

В этом смысле данная задача имеет более широкий аспект – переменными параметрами жёсткости могут быть не только геометрические размеры сечений, но и переменные физические константы.

В работе проведена оценка точности выведенного уравнения. Для этого рассматривается круглая пластинка, нагруженная постоянным давлением, которая имеет различный характер изменения толщины, при одинаковой массе. Характер изменения толщины определяется формулами в которых специальный параметр определяет пластинку постоянной толщины, выпуклую и вогнутую. Для исследования состояния пластинки используется численному решению уравнения. Выбран численный метод разностной прогонки для дифференциального уравнения второго порядка, позволяющий решить эту задачу практически точно. Для этого разработана программа для ЭВМ на Excel. Сравнение численного решения с имеющимися аналитическим показало совпадение до 4-5 знака в мантиссе при 150 точках интегрирования.

Результаты исследования показывают, что ближе всего к точному, во всём диапазоне толщин, расположено решение с постоянной средней цилиндрической жёсткостью. Решение с устранением производной цилиндрической жёсткости, но с учётом её как функции радиуса вообще не согласуется с физическим смыслом. Помимо указанных было получено решение этой задачи методом КЭ, где пластинка рассматривается как трёхмерное тело вращения. Из него следует, что в области заделки или опирания пластинки имеются естественные отклонения напряжённо-деформированного состояния от гипотезы прямой нормали, которое реализуется как отклонение эпюры напряжений по радиусу пластины от линейного закона.

Таким образом, совершенно определённо указано на недопустимость отклонения от строгого уравнения изгиба пластинки учитывающего все особенности изменения геометрии и физических свойств по радиусу.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ В ОРЕБРЕННЫХ ПЛАСТИНАХ

RESEARCH OF DEFORMATIONS IN RIBBED PLATES

А.А. Парахони – студ., Н.Л. Осипов – к.т.н., доц.
Московский Государственный Технический Университет «МАМИ»

Abstract. In this work presents analytical and numerical solutions of problems of plane strain rectangular plates supported by ribs. A parametric study of the effect by ribs, the mechanical properties of materials and dimensions of the plate on the stress distribution is performed.

Панели, подкреплённые продольными рёбрами жёсткости, используются как основные несущие элементы в авиационных, судостроительных, автомобильных и строительных конструкциях. При этом доминирующей нагрузкой на эти панели является их растяжение и сдвиг. В данной работе разработана простейшая модель подкреплённой панели, которая адекватно учитывает важнейшие особенности деформации и позволяет провести её параметрическое исследование. Естественно, что использовать полную систему уравнений теории упругости, сложно и не целесообразно. Поэтому разработана математическая модель подкреплённой панели, где функции растяжения воспринимаются только рёбрами, а сдвиг - только полотном панели. Такое разделение достигается рядом гипотез. Уравнения предложенной математической моделью имеют вид:

$$\begin{cases} \frac{d^2 N_1}{dx^2} + \frac{G_1 h_1}{b_1} \left(\frac{N_2}{E_2 F_2} - \frac{N_1}{E_1 F_1} \right) = 0 \\ \frac{d^2 N_j}{dx^2} + \frac{G_j h_j}{b_j} \left(\frac{N_{j+1}}{E_{j+1} F_{j+1}} - \frac{N_j}{E_j F_j} \right) - \frac{G_{j-1} h_{j-1}}{b_{j-1}} \left(\frac{N_j}{E_j F_j} - \frac{N_{j-1}}{E_{j-1} F_{j-1}} \right) = 0 \quad (j = 2, 3, \dots, n) \\ \frac{d^2 N_{n+1}}{dx^2} - \frac{G_n h_n}{b_n} \left(\frac{N_{n+1}}{E_{n+1} F_{n+1}} - \frac{N_n}{E_n F_n} \right) = 0 \end{cases}$$

где: N_j – нормальные усилия в j -ом ребре, E_j – модуль Юнга, G_j - модуль упругости второго рода, F_j - площадь поперечного сечения, h_j - толщина j -ой пластины, b_j -расстояние между рёбрами.

В простейшем случае панели с двумя краевыми рёбрами система уравнений сводится к одному уравнению второго порядка. Это уравнение допускает как аналитическое, так и численное решение, позволяющее получить нормальные и касательные напряжения и деформации от них.

Для панелей с рёбрами переменного сечения аналитическое решение в общем случае найти не удаётся. Для частного случая линейных изменений размеров поперечного сечения можно найти аналитическое решение, сведя основное уравнение к уравнению Эйлера:

$$(\alpha x + \beta)^2 \frac{d^2 N}{dx^2} - 2 \cdot \psi \cdot N = -P \psi$$

где a , b , ψ - параметры, зависящие от геометрии панели и физических свойств её материалов.

Сравнительный анализ влияния механических характеристик рёбер на распределение нормальных и касательных напряжений показывает, что более жёсткое ребро, воспринимая почти всю нагрузку, за счёт малой собственной деформации, практически не вызывает сдвига панели и соответствующих нормальных напряжений в соседнем ребре.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ В ГАБАРИТЕ РИЦ

DEVELOPMENT OF THE HOME-PRODUCED PASSENGER CARS' CONSTRUCTION IN THE VEHICLE GAUGE RIC

О.В.Попова – студ., Ю.А.Чиграй – студ.
Брянский государственный технический университет

Abstract. The construction of the carriage body of the passenger car in the vehicle gauge RIC, which provides the improvement of amenities of passenger transportation with help of height increase of the compartment is developed. The height increase is attained due to adoption of depression of floor's surface level on the distance between truck centers. Two modifications of passenger cars' emplacements of first and second classes are proposed. The layout of equipment is done for these emplacements. The strength assessment of the suggested option of carriage body's bearing construction is done on the base of the plate-bar analytical model of FEM.

Для обеспечения международных перевозок в страны Европейского Союза используются пассажирские вагоны габарита РИЦ. Большинство из вагонов габарита РИЦ, принадлежащих ОАО «РЖД», были произведены в середине XX века в Германии. Недостатком планировки таких вагонов является недостаточный уровень комфортабельности, что обусловлено расположением трех спальных мест по одной стороне купе, высота которого ограничена габаритом. Кроме того, недостатком является небольшое расстояние между полками, а также между верхней полкой и потолком купе.

В работе предложена оригинальная конструкция кузова пассажирского вагона нового поколения в габарите РИЦ, обеспечивающего международные перевозки с повышенным уровнем комфортности. Для исключения указанных выше недостатков и обеспечения повышения уровня комфортности перевозки пассажиров предлагается увеличить высоту вагона за счет понижения уровня пола на длине базы вагона (рис. 1). Внесение данного изменения позволит увеличить высоту купе до 2550 мм при сохранении габарита вписывания. Размещение пассажирских купе производится в пониженной части кузова на длине базы вагона. Подвагонное оборудование, а также санитарные зоны и зоны обслуживающего персонала находятся в консольных частях вагона. Для предлагаемой конструкции кузова разработаны два варианта планировки: вагона первого и второго класса и два варианта несущей конструкции кузова вагона с обвязками, имеющими понижение на длине базы и с прямолинейными обвязками с дополнительным подкреплением пониженного участка рамы.

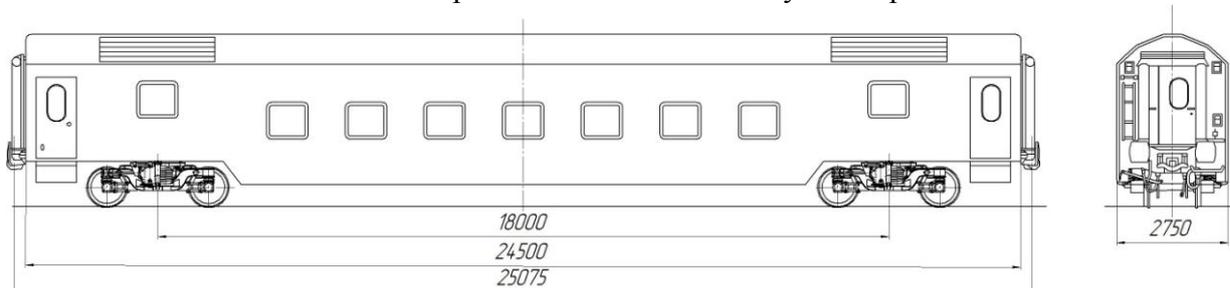


Рис. 1. Общий вид вагона

Для оценки работоспособности предлагаемой конструкции кузова вагона выполнена оценка прочности несущей конструкции на основе метода конечных элементов.

К вагону прикладывались статические эксплуатационные нагрузки в соответствии с нормативными документами на проектирование и расчет вагонов.

Полученные результаты расчетов в виде напряжений и деформаций несущей конструкции кузова для всех эксплуатационных режимов полностью соответствуют нормативным требованиям.

ПОГЛОЩЕНИЕ ЭНЕРГИИ ФРОНТАЛЬНОГО УДАРА СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫМ СОТОВЫМ ГАСИТЕЛЕМ

ENERGY ABSORPTION OF FIBERGLASS HONEYCOMB IMPACT ATTENUATOR

А.П. Потрашкова— студ., Н.Л. Осипов— к.т.н., доц.
Московский государственный технический университет «МАМИ»

Abstract. Construction which can absorb the energy during the impact presents in this work. The unique features of GFRP composite material was used for energy absorbing.

Безопасность пилота спортивного автомобиля — один из самых важных приоритетов автомобильных инженеров. Решение одной из задач — защита от фронтального удара — приведено в данной работе.

Проблема заключается в разработке и изготовлении более эффективного гасителя фронтального удара по сравнению с уже существующим, выполненным из бальзового дерева. Новая конструкция гасителя выполняется на основе стеклопластиковой ячеистой структуры в виде набора отдельных блоков.

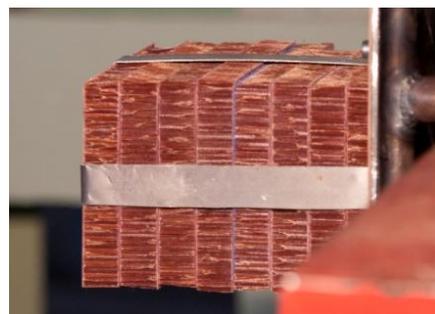
Научные исследования проводились в соответствии с правилами международных соревнований Formula Student SAE. Объект (болид) массой 300 кг соударяется с абсолютно жесткой преградой на скорости 7 м/с. Средние перегрузки не должны превышать 20 g, максимальные не должны быть больше 40 g. В результате простого расчета был установлен стандарт, в соответствии с которым минимальное количество поглощенной гасителем удара энергии равно 7350 Дж.

Обе конструкции были испытаны на удар. Для уменьшения ударных перегрузок блоки стеклопластикового сотового гасителя были изготовлены различной толщины, так что весь пакет сотового гасителя оказался полым внутри. Этим достигается уменьшение массы гасителя и возможность регулирования его жесткостных свойств. При этом направление осей сотовых ячеек совпадает с направлением движения болида. Как показали натурные эксперименты, во время удара первым разрушается блок, находящийся в наименьшем поперечном сечении стеклопластикового пакета. Для уменьшения жесткости бальзового гасителя он был сконструирован в виде дискретной конструкции из отдельных блоков.

После проведения динамических испытаний были получены данные по перегрузкам, которые затем обрабатывались для построения диаграмм «сила-перемещение» и «энергия-перемещение».

Результаты исследования сведены в следующую таблицу:

Выходные данные/ Материал гасителя фронтального удара	Максимальные перегрузки, g (не более 40 g)	Средние перегрузки, g (не более 20 g)	Поглощенная энергия, Дж (не менее 7350 Дж)
Стеклопластиковый сотовый наполнитель	21,705 g	12,634 g	8845,12 Дж
Бальзовое дерево	37,90 g	16,88 g	7411,01 Дж



Гаситель фронтального удара, выполненный из стеклопластиковых ячеистых блоков



Гаситель фронтального удара, выполненный из бальзового дерева

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПАЙКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ *SOLDERING DEVICE ON BASE OF ULTRASONIC WAVES USAGE*

А.С.Савельев – студ., В.Г.Шуваев – к.т.н.
Самарский государственный технический университет

Abstract. The soldering device on base of ultrasonic waves' usage is suggested. It generates advantageous vibratory trajectories of the soldering bit purposely for the better efficiency and reliability of welding.

Традиционная пайка основана главным образом на соединении двух металлов, один из которых переходит в расплавленное состояние и смачивает поверхность другого металла, находящегося в твердом состоянии. При этом смачивание является необходимым условием образования паяного соединения. Преимущества пайки перед другими способами восстановления деталей – это простота и дешевизна процесса, высокая производительность и возможность выполнения операций менее квалифицированными работниками, достаточно высокая прочность соединения и сохранение точной формы и размеров деталей.

Наряду с хорошо смачиваемыми материалами, такими как медь и серебро, в технике применяются материалы, которые смачиваются припоем плохо или не смачиваются вовсе. К ним в первую очередь относятся алюминиевые сплавы, нержавеющая сталь, керамика, стекло и др. Для пайки таких материалов применяются ультразвуковые паяльники, работа которых основана на формировании и передаче ультразвуковых колебаний через наконечник паяльника в зону пайки, где удаляются окислы и образуются чистые (ювенильные) участки, на которых и происходит смачивание поверхности.

Разработана патентно-защищенная конструкция ультразвукового паяльника, состоящая из вибратора в виде пакета дискретных пьезокерамических пластин и поджатого к нему при помощи волновода и демпфера концентратора ультразвуковой энергии с закрепленными на нем наконечником и нагревательным элементом. Отличительной особенностью разработанного устройства является выполнение поперечных кольцевых пазов на волноводе и диагональных кольцевых пазов на концентраторе. Это приводит к анизотропии жесткости волновода и концентратора, а также к формированию сложной траектории колебательного движения наконечника.

При подаче синусоидального напряжения резонансной частоты на обкладку вибратора он, изменяя вследствие обратного пьезоэффекта свои геометрические размеры, возбуждает ультразвуковые колебания волновода, концентратора и закрепленного на нем наконечника. Наличие кольцевых пазов приводит к тому, что амплитуда колебаний концентратора со стороны кольцевых пазов больше, чем с противоположной. Это неравенство амплитуд колебаний позволяет получить, наряду с возвратно-поступательными колебаниями наконечника, значительную поперечную составляющую амплитуды колебаний. Скорость распространения в твердом теле продольной волны почти в два раза выше скорости распространения изгибной волны, разность скоростей волн вызывает постоянный по величине фазовый «набег». Сложение взаимно перпендикулярных колебаний одной частоты, но имеющих постоянный фазовый «набег», приводит к вращению эллипса траектории в плоскости изгибных колебаний. При этом диагональные пазы на волноводе приводят к формированию дополнительных крутильных колебаний, и траектория колебаний наконечника приобретает выгодную с точки зрения эффективности и надежности процесса пайки форму, при которой активизируются процессы натирания и смачивания металлизированной поверхности.

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ КОНТАКТНОЙ СЕТИ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА

RELIABILITY IMPROVEMENT OF TROLLEY LINES

А.А.Савельев – студ., П.П.Павлов –к.т.н., доц.
Казанский государственный энергетический университет

Abstract. Improving of the operational reliability for trolley lines and electric trains is discussed. Several ways are considered.

Использование высокоскоростного наземного подвижного транспорта является перспективным направлением развития современной сети железных дорог Российской Федерации. В процессе эксплуатации происходит износ элементов и устройств, обеспечивающих электроснабжение электроподвижного состава. К таким устройствам относятся элементы контактной сети, в том числе контактная подвеска, контактный провод, токоприемники, стыковые зажимы, фиксаторы и др.

Анализ эксплуатации контактной подвески показывает, что устранение жестких точек и сосредоточенных масс на ней или изменение ее жесткости за счет регулировки натяжения проводов в соответствующих местах имеет существенное значение для обеспечения хорошего качества токосъема. Так, из осциллограммы контактного нажатия, снятой на пролете длиной 70м, в котором на расстоянии 7,5м от опоры находилась сосредоточенная нагрузка массой 7,5кг, установлено следующее. В месте нахождения сосредоточенной массы проявилось ударное воздействие токоприемника, которое может сопровождаться потерей контакта. При повторных проходах токоприемника происходит интенсивный местный износ контактного провода. Уменьшение этого износа возможно за счет совершенствования конструкции для фиксаторов выравнивания натяжения проводов, а также за счет устранения стыковых зажимов контактных проводов.

С увеличением натяжений проводов растет так называемая «критическая» скорость, при которой возникают резонансные явления, нарушающие токосъем. Выравнивание натяжений проводов при колебаниях температуры осуществляется применением полностью компенсированных подвесок, которые в этих условиях обеспечивают лучшее качество токосъема, чем полукомпенсированные. При определенных условиях, особенно при взаимодействии контактной подвески с несколькими рабочими токоприемниками, повышение натяжений проводов подвески существенно улучшает качество токосъема. Это обеспечивает увеличение жесткости контактных подвесок и снижение вертикальных перемещений точки контакта, а также увеличение скорости распространения фронта бегущей волны вдоль контактной подвески (при сохранении плотности подвески). Чем больше разность между скоростью движения поездов и скоростью распространения фронта бегущей волны, тем лучше качество токосъема при нескольких токоприемниках.

ДИНАМИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ ОРЕБРЕННЫХ ПЛАСТИН ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИМПУЛЬСА ДАВЛЕНИЯ *DYNAMIC DEFORMATION OF RIBBED PLATES UNDER THE IMPULSE PRESSURE*

А.С. Скакбаева – студ., Н.Л. Осипов – к.т.н., доц.
Московский государственный технический университет «МАМИ»

Abstract. The article presents solution of problem of large deformations square plates under the impulse pressure. The problem is researched in physically and geometrically nonlinear statement.

Темой данной работы является исследование динамической реакции прямоугольной пластины на импульсное воздействие высокой интенсивности. К такому типу воздействия относится взрывная волна. Практический аспект задачи – это исследование несущей способности днища бронетанкового транспортного средства при подрыве на фугасе. Прямоугольная или квадратная пластина имитирует днище этого транспортного средства. Деформация днища должна обеспечить как целостность транспортного средства, так и безопасность экипажа. Поэтому динамический прогиб пластины не должен превышать заранее определенной величины. Обеспечить это можно либо за счет увеличения толщины пластины, либо за счет ее оребрения. Первый путь нерационален, т.к. приводит к увеличению массы корпуса транспортного средства. Второй путь предпочтительнее, поэтому задача решается в двух вариантах. Во-первых, исследуется НДС гладкой пластины примерно той же толщины, что и в готовых изделиях аналогичного типа. Вторая часть задачи состоит в определении НДС оребренной пластины и в подборке геометрических параметров ребер с целью обеспечения наивысшей жесткости при минимальной массе.

Задача решается в геометрически и физически нелинейной постановке для изгибаемой квадратной пластины с граничными условиями шарнирного опирания, а затем и жесткого защемления. Пластина аппроксимируется изопараметрическими прямоугольными конечными элементами типа оболочки, подвергнутой изгибу и растяжению. Численное исследование проводится в программном комплексе Abaqus.

Импульс нагрузки взрывной волной по времени составляет $1,44 \cdot 10^{-3}$ с. Пиковое значение давления равно 6,6 МПа. Для этого импульса нагрузки определены прогибы и деформации гладких и оребренных пластин, а также эквивалентные напряжения по гипотезе Мизеса. Эти параметры напряженно-деформированного состояния исследуются как функции времени. При исследовании обнаружено различие в напряженных состояниях шарнирно опертой и жестко защемленной пластин, что обусловлено возникновением значительных мембранных напряжений в шарнирно опертой пластине.

Эволюция НДС пластины при жестком защемлении и при шарнирном опирании всех кромок в одинаковом масштабе времени показывает что, наличие ребер жесткости приводит к перестройке НДС. Например, прогибы как важнейший фактор безопасности экипажа уменьшаются примерно на 30%. Поле напряжений для выбранного варианта днища с тремя ребрами жесткости тоже в целом снизило свою интенсивность. Участки с высокими напряжениями стали более локализованными. То же относится и к картине остаточных напряжений. Отмечено, что высокочастотная составляющая колебаний пластины обусловлена наличием жестких ребер. Эта составляющая имеет место при обоих видах граничных условий.

Таким образом, анализ показывает, что даже в известной степени произвольно выбранное оребрение пластины существенно разгружает материал полотна и обеспечивает более надежную защиту от взрывного воздействия.

УДЕЛЬНАЯ ПЛОТНОСТЬ ТРЕЩИН КАК ХАРАКТЕРИСТИКА ТРЕЩИННОЙ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ НИКОТРИРОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ

SPECIFIC DENSITY OF CRACKS AS CHARACTERISTIC OF FRACTURE SURFACES OF DAMAGE CARBONITRIDING LAYERS

М.К. Хохлов – студ.
ФГБОУ ВПО Тульский государственный университет

Abstract. In work, on the basis of the received results of laboratory researches efficiency of application process of carbonitriding (saturation in the environment of ammonia and endogaza) in the decision of problems of dynamic durability of a covering is analyzed.

Низкотемпературные химико-термические процессы насыщения (НХТО) позволяют в значительной степени улучшить триботехнические параметры качества поверхностных слоев сталей. При проведении нитрирования (насыщение в среде аммиака и эндогаза) важно создание поверхностных слоев высокой динамической прочности, так как в месте удара происходит разрушение слоя путем формирования кольцевых и радиальных трещин. Максимальная их длина и плотность закономерно коррелировали с характеристиками гетерогенности покрытия, но весьма заметно зависели также от напряженного состояния материала.

В общем случае суммарная плотность трещин ρ_{TR} в месте повреждения покрытия нелинейно возрастает с увеличением энергии ударного импульса q . Нелинейную взаимообусловленность этих параметров количественно оценивали некоторой характеристикой трещиностойкости α_{PV} , определяемой по углу наклона линеаризированной функции « $\rho_{TR} - q$ ».

Плотность трещин максимальна у кратера, по мере удаления от него степень повреждаемости нелинейно снижается. Спрямление $\rho_{TR} - d_{TR}$ - линий в логарифмических координатах для различных нитрированных образцов показало, что они для всех исследуемых уровней удара линии взаимопараллельны.

Показано, что удельная плотность трещин в покрытиях, как количественная характеристика повреждаемости, изменяется в функции расстояния от кратера согласно гипотетической аппроксимации типа

$$\rho_{TR} = \frac{\rho_0}{B - (1/d^n)} \quad (1)$$

в которой степенной показатель n коррелирует с угловым коэффициентом α_{PV} , отражающим знак макронапряжений в нитрированном слое и пропорциональным их уровню. Выражение (1) является универсальным и весьма важным с физических позиций, так как позволяет характеризовать процессы трещинной повреждаемости в любой полярной от эпицентра разрушений координате.

Работа выполнена под руководством
доцента, к.т.н. Фомичевой Н.Б.

НОВОЕ В МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА СИЛ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЗАГОТОВОК В ПРИСПОСОБЛЕНИЯХ С УЧЕТОМ УПРУГИХ ДЕФОРМАЦИЙ *NEW THE METHODOLOGY OF CALCULATION OF THE FORCES OF FIXING OF WORKPIECES IN TOOLS, IN VIEW OF ELASTIC DEFORMATIONS*

С.М.Храмова – магистрант
Самарский Государственный Технический Университет

Abstract. The paper considers the questions connected with stress-strain calculation devices used for installation and fixing of elastically deformable billets with account of all the spatial displacement. This calculation is implemented using a CAE -systems.

В работе рассматриваются вопросы, связанные с силовым расчётом приспособлений, служащих для установки и закрепления упруго деформируемых заготовок. Существующая методика силового расчета приведена в работе [1] и сводится, в конечном итоге, сначала – к разработке схемы установки, затем - к определению потребных сил закрепления, а также – к нахождению сил, прикладываемых к исполнительному зажимному механизму.

В литературных источниках [1, 2, 3] на различных примерах рассматривается расчёт потребной силы зажима как абсолютно твердых, так и упруго деформируемых тел, предлагаются формулы для её определения. Причём под упругими телами подразумеваются все звенья системы, состоящей из элементов зажимного устройства, установочных элементов приспособления и закрепляемой заготовки.

Приведённые схемы действующих на заготовку сил в своём большинстве являются плоскими, хотя в наиболее общем случае они образуют приведённую пространственную систему сил, состоящую из осевой, радиальной силы и крутящего момента. Сказанное означает, что лишённая 6-и степеней свободы и зажата в неподвижной опоре (в тисках, в патроне, в призме и т.д.) заготовка стремится одновременно сдвинуться не в одном направлении, а вдоль нескольких осей и в то же время – повернуться вокруг одной или нескольких осей. Задача по определению потребных сил зажима усложняется, становится пространственной, когда на станках типа «обрабатывающий центр» с одного станка производится обработка различных поверхностей заготовки в нескольких позициях разными инструментами. В этих случаях координатные оси могут менять своё положение относительно сил резания и наоборот. В направлении действия сил и моментов сил в системе приспособление – инструмент – заготовка возникают и линейные (нормальные и тангенциальные), и угловые упругие смещения, приводящие к постоянному изменению силовой ситуации на поверхностях заготовки.

В условиях поставленной трудоёмкой задачи характер этих изменений и их влияние на величину оптимальной силы закрепления предлагается изучить на основе созданных моделей процесса зажима заготовок в различных приспособлениях с помощью САЕ-систем (метода конечных элементов).

Адекватность моделей устанавливается при сравнении полученных результатов с приведёнными в [1] эмпирическими зависимостями для упругих перемещений от действия нормальной силы.

Литература

1. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений: Учебник [Текст] – М.: Машиностроение, 1983. – 277 с.
2. Станочные приспособления: Справочник [Текст]. В 2-х т. Т. 1 / Под ред. Б.Н.Вардашкина, А.А.Шатилова. – М.: Машиностроение, 1984. – 592 с.
3. Справочник технолога – машиностроителя [Текст]: В 2-х т. Т.2 / Под ред. А.М.Дальского, А.Г.Сулова, А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение-1, 2003. – 944 с. ISBN 5-217-03085-2.

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ТЕПЛООВОГО ПОТОКА

INFORMATION AND MEASUREMENT SYSTEMS FOR TEMPERATURE CONTROL AND HEAT FLUX

Ф.Ф.Шна – студ.

Казанский Государственный Энергетический Университет

Abstract. Development of a universal, easy to operate and maintain, with sufficient performance measurement system is an urgent task.

В настоящее время измерение тепловых потоков на практике, а также исследования теплопроводности новых изоляционных материалов исследуются с помощью датчиков теплового потока и более сложных и дорогостоящих устройств - тепловизоров.

В последнее время мероприятия по снижению тепловых потерь приобретают всё большую актуальность, причём на практике предпочтение зачастую отдаётся более дешёвым и соответственно менее качественным измерительным системам, не позволяющим с высокой точностью провести анализ влияющих факторов и тем самым препятствующих их введению в массовую эксплуатацию. Таким образом, разработка универсальной, простой в эксплуатации и обслуживании, обладающей достаточными характеристиками измерительной системы является актуальной задачей.

Целью работы является повышение эффективности мониторинга микроклимата помещений на основе использования современных технологий путем создания более совершенной информационно - измерительной системы, ведущей контроль ряда основных параметров, влияющих на микроклиматические условия внутри помещения в едином измерительном комплексе.

В процессе усовершенствования разработана однопроводная информационно – измерительная система мониторинга микроклимата жилых и производственных помещений, позволяющая контролировать температуру, а также другие характеристики, оказывающие влияние на микроклиматические условия, такие как температура окружающей среды и тепловые потери через ограждающие конструкции.

Реализован метод оценки тепловых потерь, заключающийся в непрерывном измерении температуры поверхностей с разных сторон ограждающих конструкций и расчёте теплового потока с учётом развития нестационарного процесса теплопроводности.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

IMPROVEMENT QUALITY PRODUCTS OF MECHANICAL ENGINEERING

Я.В.Щукина – студ., М.А.Воеводина – к.т.н., доц.
ХТИ-филиал Сибирского федерального университета

Abstract. The model step-by-step passage liquid on filter channels is developed. For an estimation of efficiency of refinement the factor, allowing to estimate degree of participation of a surface of the filter in the course of refinement is offered.

Рафинирование, как совокупность процессов очистки металлов и металлических сплавов от вредных примесей, является неотъемлемым звеном в технологической цепи последовательных процессов промышленного производства чёрных и цветных металлов. Несмотря на многообразие существующих способов внепечного рафинирования, поиск путей повышения эффективности очистки металлов и их сплавов не прекращается, процессы рафинирования непрерывно совершенствуются и разрабатываются новые специальные методы. К числу последних можно отнести способ фильтрационного рафинирования металлических расплавов.

Осаждение неметаллических частиц на фильтре происходит путем доставки их к поверхности адсорбента (фильтра), перехода ими границы раздела расплав – фильтр и агрегации частиц на поверхности фильтра. Следовательно, одним из обязательных условий фильтрационного рафинирования металлических расплавов от взвешенных в них неметаллических частиц является обеспечение прямого контакта их с материалом фильтра.

Эффективность рафинирования описывается уравнением $\frac{c_k}{c_0} = e^{-\frac{\Pi \cdot u \cdot L}{v_{\phi} \cdot S_k}}$.

Если в процессе рафинирования участвует не вся поверхность фильтра, а только θ -ая часть, то имеем $\frac{c_k}{c_0} = e^{-\frac{\Pi \cdot \theta \cdot u \cdot L}{v_{\phi} \cdot S_k}}$, где c_0 и c_k – начальная и конечная концентрация включений соответственно, v_{ϕ} и u – скорость продольного течения расплава в каналах фильтра и скорость миграции неметаллических частиц в направлении стенок фильтра, м/с, L – высота фильтра, Π – периметр канала фильтра, м.

Для определения θ непрерывный процесс течения расплава по каналам фильтра и теплового из взаимодействия рассматривали как квазипрерывный, пошаговый.

В работе разработали физическую модель пошагового прохождения струйки расплава по каналам фильтра, включающая пять вариантов их теплового взаимодействия, которые в различных сочетаниях встречаются в процессе фильтрования. На основе этой модели получены математическая и численная модели расчета критерия θ , которые реализованы на язык Си.

Установили связь степени рафинирования расплава и значения коэффициента θ . Для одного и того же фильтра большему значению θ соответствует более высокая степень очистки расплава.

Выявлена зависимость θ от технологических факторов фильтрования. Значение θ наиболее интенсивно возрастает с увеличением начальной температуры фильтра. С увеличением продолжительности фильтрования роль начальной температуры фильтра ослабевает и θ стремится к 1. Значение θ увеличивается и при увеличении диаметра гранул фильтра, скорости фильтрации и перегрева расплава. При увеличении высоты фильтрующего слоя значение θ , наоборот, уменьшается. Разработанная модель позволяет оптимизировать технологические параметры фильтрования.

Пленарные доклады

Бирюков В.П. Применение лазерных технологий в авиакосмической промышленности	5
Милейко С.Т. Технологическая механика композитов	7
Пановко Г.Я. Нелинейные вибрационные эффекты в системах с маятником	8
Полилов А.Н., Малахов А.В., Татусь Н.А., Шабалин В.В. Биомеханические принципы создания композитных структур с повышенной надежностью и живучесть	9
Разумовский И.А., Чернятин А.С. Определение нагруженности и дефектности элементов конструкций на основе минимизации расхождения между экспериментальными и расчётными данными	11

СЕКЦИЯ 1.

Проблемы техногенной безопасности

Азметов Х.Х. Определение несущей способности деталей ГТД при циклическом нагружении	14
Антипин Д.Я. Анализ эффективности технических решений, обеспечивающих повышение безопасности отечественных пассажирских вагонов	15
Булычев М.А. Анализ критериев безопасности человека при ударном динамическом воздействии	16
Бекаев А.А., Кузьмин М.В., Тельшев А.В. Новейшая технология пожаротушения	17
Буйницкая Ю.Ф. Численное моделирование сценариев разрушения телекоммуникационной мачты	18
Казачек С.В. Определение механических напряжений в трубных сталях с различными значениями собственной акустической анизотропии	19
Ивашкин А.И. Использование метода конечных элементов для определения допустимых перегрузок транспортного контейнера для отработавшего ядерного топлива	20
Коробкин В.С., Кузьмина М.В., Зотов Н.М. Определение характеристик специальных домкратов, требуемых для коррекции положения оси фигуры главного монумента на мамеевом кургане в городе Волгограде	21
Кошелева О.А. Исследование концентрации загрязняющих веществ, выбрасываемых автотранспортными средствами в воздушный бассейн города Волгограда с построением карты рассеивания	22
Расин Д.Ю. Анализ повреждаемости кузовов пассажирских вагонов при аварийных продольных соударениях	23
Фирсов Л.Л., Гаделев Р.Р., Леонов А.В., Сафонов А.А. Современные методы анализа прогрессирующего разрушения в конструкциях из композиционных материалов с использованием продуктов MSC.Software	24
Шипков А.А., Шепелев С.В. Повышение надёжности и безопасности эксплуатации элементов и узлов трубопроводных систем энергетических объектов, содержащих эрозионно-коррозионные дефекты	25
Шорохов С.Г. Современные подходы к повышению безопасности пассажирских вагонов в аварийных ситуациях	26
Ярцева С.В., Трощенко Г.В., Бородаева Л.А. Об одном подходе к проблемам безопасности внутренних объемов пирамидальных конструкций	27

СЕКЦИЯ 2.

Конструкционное материаловедение: композитные, нано- материалы и технологии

Арзыбаев А.М. Разработка алгоритма оптимального технологического процесса изготовления детали	29
Богданов В.В., Боков Р.В., Новосёлов С.А. Моделирование ударозащитных травмобезопасных конструкций транспортных средств на основе магнитоактивных эластомеров	30
Бреховских П.В. Применение численно-аналитического метода в задачах кручения осесимметричных тел из композиционных материалов	31
Веремейчик А.И. Исследование напряженно-деформированного состояния пробивного пуансона при поверхностном плазменном упрочнении	32
Гладченков Е.В., Антонова И.И., Бундина О.Н., Свириг С.А. Перспективы применения метода квантово-волновой обработки алмаза для производства высокотехнологичных изделий	33
Ершов Д.В., Редькин В.Е., Науменко Л.С., Лапковская Е.Ю. Получение и исследование композиционного материала на основе ПВХ, модифицированного наночастицами	34
Захаров А.А., Аборкин А.В. Исследование неравномерности распределения деформации при равноканальном угловом прессовании алюминиевых сплавов	35
Ивлева Л.П. Применение композитных каменных материалов в производстве декоративных изделий	36
Калякин Д.С., Елисеева Н.С., Толстая А.В. Квантово-химическое изучение термодинамической стабильности и электронной структуры тонких пленок 3С, 2Н, 2D SiC	37
Канцдалов Д.А., Суркаев А.Л. Исследование генерации ультрадисперсных металлических порошков с использованием электрического взрыва проводников	38
Кашубский А.Н., Крушенко Г.Г. Применение рентгенографии для выявления дефектов в деталях силовых агрегатов, отливаемых из алюминиево-кремниевых сплавов, и работающих в экстремальных условиях, с целью их заварки	39
Кокуров А.М., Самолысов А.В. Экспериментально-расчетный метод исследования деформационных свойств композитных материалов	40
Клочков Н.П., Крукович М.Г., Онасенко В.В. Анализ процесса азотирования в газовых средах	41
Клочков Н.П., Бадерко Е.А., Крукович М.Г. Моделирование кинетики формирования азотированных слоёв	42
Кузнецов М.В. Синтез функциональных оксидных материалов в режиме гетерогенного горения конденсированных систем	43
Кузнецов М.В., Морозов Ю.Г., Белоусова О.В. Наночастицы феррита никеля, полученные аэрозольным методом	44
Малахов А.В., Полилов А.Н. Методика построения криволинейных траекторий волокон в композитных пластинах около отверстий	45
Медведев А.В., Разумеев К.Э., Курочкина Т.А., Измайлова Н.А. Изучение прочностных свойств нитей из тугоплавких волокон	46
Мельникова И.П., Лясникова А.В. Разработка методов формирования структуры композиционного контактного Cr-Cu материала с целью улучшения его электрических параметров	47
Мишин А.А., Крушенко Г.Г. Алмазно-графитовые нанопорошки в пластичных смазках	48
Москвичев А.А., Москвичев А.Н. Исследование физико-химических свойств мембран на основе многостенных углеродных нанотрубок	49

Никифоров Л.А. Структурные исследования сверхвысокомолекулярного полиэтилена модифицированного природными слоистыми глинами	50
Новиков В.А. Получение биосовместимых материалов с применением метода растворного СВС	51
Павлов А.П., Павлова Э.М. Прогнозирование поведения геосинтетики по начальной стадии ползучести	52
Пугачев М.С., Москвитин Г.В., Архипов В.Е., Лондарский А.Ф., Мельшанов А.Ф. Повышение качества газодинамических покрытий	53
Резанова М.В., Решетникова С.Н. Получение алюминиевых композитов с волокнистой структурой с помощью нанопорошков	54
Родионова Н.А. Классификатор базирующих элементов станочных приспособлений	55
Савельев С.С., Анкудинов Д.В. Применение режима микросваривания при ультразвуковой запрессовке	56
Сафонов А.А. Математическое моделирование возникновения технологических дефектов при вакуумной инфузии изделий из композитных материалов	57
Седов А.А., Сиромахин А.В., Андроник А.В., Савкин А.Н. Прогнозирование долговечности конструкционных сталей при случайном нагружении	58
Соколов С.Л., Ушаков Б.Н. Исследование напряженно-деформированного состояния многослойной резинокордной структуры пневматических шин	59
Суходаев П.О., Ардамин В.А. Композиционные материалы на основе алюминия, упрочненные наночастицами	60
Суходаев П.О., Ардамин В.А. Пенометалл: перспективный материал 21-го века	61
Факеев А.И., Темис Ю.М. Моделирование процесса циклического деформирования конструкционных материалов при неизотермическом циклическом нагружении	62
Фирсов Л.Л. Современные методы анализа прогрессирующего разрушения в конструкциях из композиционных материалов с использованием продуктов MSC.Software	63
Фомин Л.В. Чистый изгиб при ползучести балки с учетом поврежденности и разнсопротивляемости материала растяжению и сжатию	64
Фроня М.А., Алексеева С.И., Викторова И.В. Анализ механических свойств полимерных нанокомпозитов	65
Шабалин В.В., Татусь Н.А. Учет разориентации волокон при расчете характеристик профилированной балки из КМ	66

СЕКЦИЯ 3.

Нелинейная волновая механика и технологии

Архипов П.В., Шуваев И.В. Пьезоэлектрический двигатель малой мощности	68
Архипова Н.И. Описание распространения упругих волн в слоистых элементах конструкций с линейно-упругими и вязко-упругими силами контактного взаимодействия с помощью уточненных стержневых моделей	69
Орехова О.И. Изгибно-крутильные волны в предварительно закрученной балке	70
Пичугин К.А. О резонансной настройке стержневой системы с пьезоэлектрическим возбудителем колебаний	71

СЕКЦИЯ 4.

Трибология и поверхностная обработка

Аборкин А.В., Букарев И.М. Изучение свойств износостойких покрытий	73
Белоусова К.И., Мазин Л.С. Анализ влияния элементов сухого трения различного конструктивного исполнения на динамику узлов машин	74
Березовский В.В., Курганова Ю.А. Управление механизмом твердофазного упрочнения в искусственных гетерофазных алюмоматричных композиционных материалах	75
Болдов А.Н., Сеницын В.В. Лабораторная установка для испытаний тормозных свойств автомобиля с АБС с учетом действий водителя	76
Гаврилов С.А., Щедрин А.В. Технологические возможности металлоплакирующих смазок в методах комбинированного волочения	77
Жиров П.Д. Влияние фактора износа на характеристики современных поглощающих аппаратов автосцепки	78
Зинин М.А., Щедрин А.В., Гаврилов С.А. Повышение эффективности комбинированного прошивания отверстий инструментом с регулярной микрогеометрией поверхности на основе реализации «эффекта безызносности»	79
Иванников А.Ю., Радюк А.А. Исследование структуры и микротвердости плазменных покрытий из быстрорежущей стали после электромеханической обработки	80
Ковалев А.А., Тищенко Л.А. Оценка свойств функциональных покрытий применяемых в машиностроении путем ультразвукового гидровоздействия на них	81
Краев В.В., Крушенко Г.Г. Оптимизация припусков на обработку резанием деталей силовых агрегатов	82
Куликов М.Ю., Иноземцев В.Е. Повышение качества поверхности подшипников скольжения при чистовой механической обработке	83
Марухин Д.А., Балакина Е.В., Зотов Н.М. Экспресс- исследование зон трения покоя и скольжения в пятне контакта автомобильной шины с опорной поверхностью	84
Михайлин Б.Н., Фишков А.А., Бирюков В.П. Особенности и перспективы применения лазерной наплавки	85
Паклев В.Р. Применение композитов на основе эпоксидной смолы в машиностроении	86
Паклев В.Р. Испытание композитов на основе эпоксидной смолы на абразивную стойкость	87
Паклев В.Р. Повышение эксплуатационных характеристик электрических разделителей телеметрических систем	88
Плешков Д.И., Смирнов Н.И. Разработка метода расчета износа узлов трения центробежных насосов	89
Прожега М.В., Смирнов Н.И., Смирнов Н.Н. Исследование коррозионно-эрозионного разрушения поверхности деталей насоса. Постановка задачи	90
Тищенко Л.А., Ковалев А.А. Анализ физических процессов износа фокусирующих трубок оборудования для гидроабразивной резки	91
Федоров А.Л., Петрова П.Н. Разработка износостойких композитов на основе политетрафторэтилена с использованием моторных масел	92
Фишков А.А., Михайлин Б.Н., Бирюков В.П. Изменение трибологических свойств поверхностей сталей при лазерном легировании	93
Цуканов И.Ю. Обеспечение износостойкости ходовых гаек винтовых пар скольжения на базе уточненной теоретической модели их изнашивания	94
Юшин Д.И., Хомякова Н.В. Совершенствование методов комбинированного протягивания тел вращения	95

Яковлева А.П. Физико-механические свойства поверхностного слоя после электро-механической обработки 96

СЕКЦИЯ 5.

Механика машин и управление машинами

- Аверина В.В.** Режимы работы механизмов электропривода клиновых задвижек трубопроводных магистралей 98
- Алепко А.В., Валюкевич Ю.А.** Планирование траектории перемещения манипулятора с подвесом схвата на гибких звеньях 99
- Булатова М.Н.** Особенности динамического исследования приводов технологических машин 100
- Волынщиков С.Ю.** Кулачковые ударные механизмы с изменяющейся структурой в рабочем цикле 101
- Галковский А.И., Стегачев Е.В.** Компьютерное моделирование струйного загрузочного устройства 102
- Глазунов В. А., Ван Ринь Д., Риван А., Аракелян В.** Проектирование роботов с низкой потребляемой мощностью 103
- Демидов С.М., Артеменко Ю.Н., Ле Тхань Нам.** Применение механизмов параллельной структуры в космической робототехнике 104
- Денисов А.В., Марковец А.В.** Математическая модель механизма привода тисков гребнечесальной машины Сенчери-720 105
- Дзева И.Ю., Темис Ю.М., Селиванов А.В.** Расчетное исследование характеристик пальчиковых уплотнений 106
- Дмитриев С.А., Баженов С.П.** Инерционная гидродифференциальная автоматическая передача городского автобуса 107
- Емельянова А.Д., Фокин А.К.** Определение предельной нагрузки для радиальных соединений пересекающихся цилиндрических оболочек при нагружении моментом 108
- Иваницкий Р.Б.** Обеспечение устойчивого положения ленты на криволинейном участке ленточного конвейера 109
- Исаев В.В., Гальченко К.В., Лукиенко Л.В.** О влиянии переходных режимов работы ленточного конвейера на его ресурс 110
- Исаев В.В., Гальченко К.В., Лукиенко Л.В.** Результаты вычислительного эксперимента по определению влияния изнашивания движителя БСП на его надёжность 111
- Корендясев Г.К.** Термомеханическая модель автоколебаний при обработке лезвийным инструментом 112
- Лагерев И.А.** Оптимальное проектирование крана-манипулятора транспортно-технологической машины для сварки трубопроводов 113
- Ларюшкин П.А., Хейло С.В., Чан Куанг Ньят, Глазунов В.А.** Геометрическая интерпретация прямой задачи о положениях параллельного манипулятора с тремя степенями свободы 114
- Ласточкин А.Б., Демидов С.М., Глазунов В.А., Чан Куанг.** Особые положения плоского робота-трипода 115
- Лысогорский А.Е., Календарев А.В., Ву Ван Чьонг, Ву Ван Куи.** Новые механизмы параллельной структуры 116
- Мальчиков А.В.** Математическое моделирование адаптивного внутритрубного робота 117
- Матросова Ю.Н., Житников Ю.З., Житникова И.В.** Высокоточный ручной одношпиндельный гайковёрт прямого действия нового класса 118

Миронова В.В., Демьянушко И.В., Логинов Е.М. Моделирование и напряженно-деформированное состояние литых автомобильных колес при ударных нагрузках	119
Мохова О.Г., Карабань В. Г. Динамика работы механизма свободного хода импульсной бесступенчатой передачи	120
Мугин О.Г., Мугин О.О. Эпициклоидальные и гипоциклоидальные передачи тенденции развития (обзорный доклад)	121
Нелюбин А.П., Мисюрин С.Ю., Лунев А.В., Титова А.О. Оптимизация параметров механизмов по нескольким критериям качества. различные методы и системы	122
Нелюбин А.П., Мисюрин С.Ю. Численное решение задачи о положении плоских и пространственных механизмов на примере подвески автомобиля	123
Никуличев И.В., Серков Н.А. Исследование влияния системы охлаждения на точность позиционирования пятикоординатного станка с ЧПУ	124
Новиков Д.А., Бакурин В.Н. Адаптивный ударный механизм переменной структуры	125
Новиков Д.А. Моделирование переходных процессов движения ударных систем с разрывными характеристиками	126
Новикова И.А. Перенос энергии продольной волны деформации в соединении стержней	127
Орешкин О.М., Серков Н.А. Исследование динамических свойств привода поворота планшайбы 5-координатного станка МС-300	128
Пожидаева А.Ю., Дёмкин Р.Н., Лукиенко Л.В. Рекомендации по выбору параметров тормозных устройств тракторного поезда	129
Пошехонов Р.А. Сегментная модель для определения статических и динамических характеристик аэростатического шпиндельного узла со сферическими	130
Рывкин Б.М. Проектирование станков на базе унифицированных мехатронных модулей	131
Саламандра К.Б., Саламандра Б.Л. Синтез двухпоточных коробок передач по структурным схемам	132
Саргсян С.А., Арутюнян М.Г., Аракелян В. Динамический анализ носимых роботов с приводами на основе сокращаемых полимер гелей	133
Саркисов П.И. Система адаптации автотранспортных средств к условиям движения	134
Середа Н.А. Исследование манипуляторов для передачи штучных изделий в аспекте трения	135
Сидоренко Р.А., Чичварин А.В. Структурный синтез класса параллельных механизмов, обеспечивающих плоскопараллельное перемещение подвижной платформы	136
Старостин А.И., Демьянушко И.В., Мясницкий Р.Н. Моделирование поведения автоцистерн при различных видах нагружения и оптимизация конструкции	137
Толстунов О.Г., Валюкевич Ю.А. Исследование статистических характеристик ошибки интерполяции траекторий перемещения груза пространственного манипулятора с гибкими нитями	138
Фомин А.А., Марышев А.А. Повышение жесткости шпиндельного узла станка для обработки горбыля	139
Хайдакин М.С. Эффективность уравнивания опрокидывающего момента	140
Чичварин А.В., Рыбак Л.А. Геометрический метод расчета динамики механизмов параллельной структуры	141
Швецов А.Н., Скуратов Д.Л. Устройство инерционного типа для алмазного выглаживания отверстий	142
Ширинкин М.А., Глазунов В.А., Хейло С.В. Экспериментальный стенд манипулятора параллельной структуры	143

- Юрченко Г.Г., Темис Ю.М., Селиванов А.В.** Многодисциплинарное моделирование термонапряженного состояния ротора компрессоров 144
- Яцун С.Ф., Волкова Л.Ю., Ворочаев А.В.** Исследование динамики робота, перемещающегося с отрывом от поверхности 145
- Яцун С.Ф., Понедельченко М.С.** Исследование и разработка двуногого шагающего аппарата 146

СЕКЦИЯ 6.

Биомеханика и медицинские технологии

- Гришина И.П., Лясникова А.В., Бекренев Н.В., Дударева О.А.** Исследование влияния ультразвука на процесс формирования микропористой структуры плазменных металлокерамических покрытий 148
- Ефремов И.А.** Система управления искусственным сердцем 149
- Нгуен Х.К.Н., Малиничев Д.М.** Основные задачи логического синтеза - задачи разделения и слияния 150
- Садовский А.С., Фомин В.М., Ганимедов В.Л., Мучная М.И.** Численное моделирование движения воздуха и теплообмена в реальной носовой полости человека 151
- Степанян И.В., Свиринов В.И.** Нейрокибернетический подход к биопротезированию 152

СЕКЦИЯ 7.

Вычислительные модели технологических процессов и информационные технологии

- Алексеев П.А., Туркин К.А.** Моделирование технологических процессов сверхпластической формовки изделий из труднодеформируемых сплавов 154
- Алексеев Д.А.** Программа для конечно-элементного моделирования трехмерных процессов холодной штамповки 155
- Балакина Е.В., Сатонин А.А.** Совершенствование датчика угловой скорости колеса автомобиля 156
- Баскаков В.А., Феофанова Ю.А., Сергушин Г.С.** Применение компьютерных технологий и экспертных систем в электрооборудовании автомобиля 157
- Богданов В.В., Нефедев К.В., Капитан В.Ю.** Феноменологические модели и параллельные алгоритмы, используемые для моделирования свойств магнитоактивных эластомеров, применяемых в бамперах транспортных средств 158
- Борщевский И.В.** Автоматизированный способ расчета усилия зажима заготовок на токарных станках с ЧПУ 159
- Гайсин Д.А., Курт В.И.** Аппаратно-методические средства измерения характеристик инфракрасных объективов 160
- Гинзбургский К.В.** О распределении компонент транспортного спроса по маршрутам в модели транспортной сети 161
- Голенковский А.И., Валуев А.М.** Реализация алгоритма планирования комплексов работ на основе модели трансформирующегося процесса 162
- Гусев В.Г., Назаренков С.А., Швагирев П.С.** Моделирование температуры заготовки при плоском торцовом шлифовании 163
- Дозоров А.А., Манжосов В.К.** Моделирование ударной системы в случае периодического движения 164
- Елисеенков А.В., Малиничев Д.М., Резинин Д.А.** Работа цифровых согласованных фильтров, реализующих непрямой алгоритм вычисления функции корреляции 165
- Игнатъев Ю.А., Давыдова Е.Н., Романова П.А.** Трехмерные каноны пропорциональности в 166

информационной технике современного Китая

- Канцедалов Д.А., Капля В.И.** Система ультразвуковых измерений координат положения акустически активного объекта на основе контроллера STM32 167
- Капитанов Д.В., Горбунова А.А.** Численно-аналитическое исследование динамики криволинейного трубопровода с нестационарным потоком сжимаемой жидкости 168
- Карасев П.И., Андрекайте А.А., Шишаева А.С., Аксенов А.А.** Автоматическое исследование сходимости по сетке применительно к задачам аэродинамики 169
- Карпович Д.С.** Разработка математической модели процесса сушки и системы управления процессом 170
- Киселев И.А.** Моделирование динамики пространственного фрезерования податливых сложнопрофильных деталей с учетом изменения их динамических характеристик 171
- Козак Н.В., Афанасьев А.В.** Построение распределенных систем сбора и хранения технологических данных на основе средств электроавтоматики 172
- Лагерева Е.А.** Особенности предобработки параметров для диагностики технического состояния гидропривода с использованием нейронных сетей 173
- Леонов Ю.А.** Формализация оценки качества схем базирования заготовки 174
- Лисин И.О., Лисина А.А.** Моделирование процесса изготовления профиля квадратного сечения методом конечных элементов 175
- Лямина Е.А., Zhang Hu.** Анализ изгиба вязкопластического листа при применении модели материала с напряжением насыщения 176
- Лямина Е.А., Новожилова О.В.** Формирование слоя интенсивных пластических деформаций вблизи поверхности трения при осадке коническими бойками 177
- Майборода Ю.И., Варламов О.О.** Применение миварных технологий и методов оптимизации для решения практических задач в области телекоммуникаций и медиабизнеса 178
- Максимовский Д.Е.** Использование параметризации при создании типовых процессов 179
- Марецкая В.В.** Компенсация погрешностей фасонных поверхностей деталей при обработке на станках с ЧПУ 180
- Медведев В.В.** Постановка задачи о нахождении температурного поля при лазерном термическом упрочнении 181
- Муравьева Е.А.** Особенности реализации миварной концепции в системах управления многосвязными технологическими процессами на основе четких логических регуляторов 182
- Нестерова Д.А., Нестеров А.В., Нестеров С.В.** Математическое моделирование электромеханической системы с переменным моментом инерции в области первого параметрического резонанса 183
- Окунькова А.А.** Особенности моделирования процесса многокоординатной электроэрозионной вырезки в интегрированных CAD/CAM-системах 184
- Плешаков А.А.** Разработка высокопроизводительного метода разрезки трубного проката 185
- Попов А.Л., Федин Е.И.** Автоматизация выбора типового технологического оснащения и проектирования специальной оснастки на основе теории базирования 186
- Репина О.А., Соломатина О.А., Хадиев А.М., Максимова А.Ю., Варламов О.О.** Моделирование контекста и интеллектуальной деятельности человека на основе миварных технологий 187
- Рудникова М.А., Ручкин В.Б.** Университетское управление: применение комплекса мер по автоматизации процесса принятия управленческих решений 188
- Рыболовлев Д.А., Батенков К.А.** Моделирование систем передачи информации по электропроводным линиям связи с учетом их взаимного влияния 189

Салль Л., Крутекс Э. Решение двумерной контактной задачи в условиях частичного проскальзывания: аналитическое решение и использование свободного пакета Code-Aster	190
Серегина О.Н., Кокутина Н.С., Коботаев Н.С., Горин А.Ю., Майоров Е.А., Варламов О.О. Результаты экспериментальных исследований миварных сетей и возможность обработки более 3 миллионов производственных правил	191
Сингин В.В., Белоусов А.И. Вибрационные испытания и конечно-элементный анализ конструкций	192
Стрижиченко А.В. Алгоритм управления процессом сушки древесины	193
Титков В.В., Панин С.В., Любутин П.С. Фильтрация векторных полей в задаче оценки деформации материалов методом корреляции цифровых изображений	194
Тукеева Г.Э., Мухутдинов А.Р., Любимов П.Е. Нейросетевая оптимизация состава изоляционного материала по эксплуатационным параметрам	195
Узаков А.И., Васьковский А.М. Информационные технологии в производстве литых автомобильных колес	196
Фарзиев Р.Н. Анализ методов калибровки измерительных стендов для тепловизионных приборов	197
Чередниченко А.В., Темис Ю.М., Мыльников С.В., Факеев А.И. Разработка эффективной технологии изготовления полых лопатки вентилятора ТРДД	198
Чибирова М.О., Варламов О.О. Разработка миварной экспертной системы для решения задач в области геометрии, с более чем 170 производственными правилами в реальном времени	199
Якушев Д.А. Организация вычислительного процесса оптимизации формы деталей газотурбинного двигателя	200

СЕКЦИЯ 8.

Вибрационные процессы и системы, вибрационная диагностика

Быков П.А., Утенков В.М. Методика определения безвибрационных частот вращения инструмента при высокоскоростной обработке	202
Гурова Е.Г. Математическое описание пространственных виброизолирующих устройств	203
Гуськов А.М., Коровайцева Е.А. Исследование воздействия механических факторов в электромеханической модели кварцевого генератора	204
Крутько Е.С., Сорокин Ф.Д. Расчет методом конечных объемов коэффициентов присоединенной массы и демпфирования для вибрирующих в жидкости цилиндрических тел	205
Леонтьева А.В. Влияние вязко-упругого основания на фазовую синхронизацию асинхронных электродвигателей	206
Листрова К.С. Моделирование продольного удара ступенчатого стержня о жёсткую преграду как механической системы с дискретными массами и упругими элементами	207
Никифоров А.Н. О предпосылках для автобалансировки роторов	208
Осмехин А.Н., Гордеев А.Б., Горсков В.П., Охулков С.Н. Предпосылки возникновения микрогидроударов в рабочей среде гидравлических опор	209
Пичугин К.А. О резонансной настройке стержневой системы с пьезоэлектрическим возбудителем колебаний	210
Приходько А.А., Нестеров А.В., Нестеров С.В. Анализ решений уравнения Матье при моделировании нестационарного электропривода	211
Пыльнова А.В. Направленная вибрационная приработка подшипников качения	212
Сеферян А.Е., Нестеров А.В., Нестеров С.В. Идентификация свободно вращающегося ротора на основе его акустических характеристик	213

Стариков А.Н. Программное обеспечение системы управления роторных машин	214
Тарадай Д.В., Гудошников В.С. Разработка и создание системы контроля расцентровки валопроводов турбоагрегатов по опорным нагрузкам	215
Филина О.А., Ярославцев Ю.А. Когенераторные технологии: возможности и перспективы	216
Шохин А.Е. Особенности проектирования и расчета пространственной виброизолирующей подвески	217

СЕКЦИЯ 9.

Энергетика и транспорт

Андроник А.В., Савкин А.Н., Горобцов А.С. Оценка прочности и усталостной долговечности конструктивных элементов автомобиля	219
Ахметшин А.Р., Федотов А.И. Применение устройств регулирования напряжения для устранения асимметрии напряжения в распределительных сетях 0,4-10 кВ	220
Базукова Э.Р., Хисматуллин А.А., Лившиц С.А. Выбор рабочего агента при процессе вулканизации шин	221
Богданов В.В., Борин Д.Ю., Степанов Г.В. Особенности использования магнитоактивных эластомеров в демпфирующих конструкциях транспортных средств	222
Брылёв А.В., Савельева Л.В. Способы обработки сложного профиля колеса вагона железнодорожного состава	223
Васильев А.С. Применение распорных устройств во фрикционных амортизаторах удара	224
Гавренков С.А., Берков А.Н. Моделирование и анализ напряжений в соединениях пересекающихся цилиндрической и конической оболочек	225
Говоров В.В. Амортизирующие устройства железнодорожных вагонов с современными полимерными материалами	226
Зеббар Дж., Херрис С., Куидэр М., Трари Т., Бензенин Х., Талеб Б.Х. Исследование и расчет необратимостей в тепловом трансформаторе	227
Коряков М.Н., Димитриенко Ю.И., Захаров А.А. Численное моделирование газодинамических процессов в прямоточных воздушно-реактивных двигателях	228
Краснова А.В., Зацаринная Ю.Н. Энергия будущего	229
Кузнецова М.Г. Анализ динамики жидких грузов в резервуарах автоцистерн с перфорированными перегородками	230
Лазарева Н.Г., Паршев С.С., Костин В.Е., Силаев А.А. Алгоритм управления очисткой фильтров водоводов для системы охлаждения обмоток гидроагрегата волжской ГЭС	231
Лемешкин А.В., Палатов А.А. Моделирование столкновения автомобиля	232
Липантьев Р.Е., Тутубалина В.П. Повышение качества жидкого котельного топлива электродуговым способом	233
Луковский А.А., Дроженников И.С. Исследование особенностей НДС зоны соединения коллектора и корпуса парогенератора АЭС с учетом воздействия трубного пучка	234
Мишин П.П. Модификация транспортировочного агрегата для перевозки длинномерных грузов большой массы	235
Новикова Д.Ю., Курбатская Н.А. Проблемы и перспективы использования топливной биомассы в установках малой энергетики	236
Общев А.Г., Демьянушко И.В., Сторожев С.А. Разработка новых энергопоглощающих ограждающих тросовых систем безопасности для автодорог	237
Парахони А.А., Щербаков В.И. Колебания автомобиля с нелинейной характеристикой упругости подвески	238

Плотникова Л.В., Петрова О.Г., Плотников В.В. Разработка промышленных систем комплексной рекуперации энергии на основе термодинамического анализа	239
Плотникова Л.В., Филонова И.И. Выявление резервов энергосбережения целлюлозно-бумажного производства на основе структурно-термодинамического анализа	240
Плотникова Л.В., Звегинцев А.А. Структурный анализ теплотехнологической схемы газоразделения в производстве этилена	241
Сороковиков А.И., Панкина Ю.В., Власкин М.С. Результаты испытаний энергетической установки на основе реактора гидротермального окисления алюминия и батареи водородно-воздушных твердополимерных топливных элементов	242
Строкатова О.А. Исследование влияния добавок водорода в топливовоздушную смесь на процесс сгорания в двигателях внутреннего сгорания с искровым зажиганием	243
Фахреев Р.Н., Шинкевич Т.О. Использование тепловых насосов на сточных водах	244
Фокин А.Ю. Использование закона развития техники для совершенствования конструкции электрических генераторов с ДВС	245
Хаметова Р.Р., Хайриева Э.М., Шагеев М.Ф. Эксергетический анализ схем мазутных хозяйств	246
Хасаншина А.А., Шагеев М.Ф., Лившиц С.А., Хуснутдинов Р.Ф. Исследование работы тепловых сетей от нескольких источников с применением алгоритма Флойда	247
Хуснутдинов А.Н., Юсупов Р.Ш., Идиятуллин Р.Г. Разработка стенда для исследования температурных параметров силового кабеля электропривода	248
Чебышева Н.С., Ахметова Р.В., Ахметов Э.А. Использование аппарата смешивающего типа для приготовления теплофикационной воды	249
Шевяков Е.А. Анализ пассивной безопасности автопоездов при фронтальном столкновении	250
Шилин А.А., Литвин И.И. Система диагностики предварительного состояния воздушных линий электропередачи	251
Ширшов Д.Б., Зотов Н.М., Неволенко Д.И. Оценка КПД тепловых двигателей, установленных в транспортных средствах, эксплуатируемых в городских условиях	252
Ширшов Д.Б., Захаров Е.А., Федянов Е.А., Гаврилов Д.С. Исследование особенностей процессов сгорания сжиженного углеводородного газа с использованием добавок водородосодержащих газов	253

СЕКЦИЯ 10.

Студенческая секция

Вишневская А.Н., Шуваев В.Г. Вертикальный пресс для вибрационного брикетирования бытовых отходов	255
Гоготов А., Андреева А., Бубнова А., Бурина А., Олейникова К. Промышленное использование алмазов и методы их обработки	256
Гребёнкина М.И., Осипов Н.Л. Напряженное состояние многорядных срезных соединений	257
Григорьева М.В. Особенности организации процесса разработки программного обеспечения	258
Гупалов Б.А. Рассеяние энергии в материале при вибростабилизации фрикционных дисков	259
Гусев А.В. Определение оптимальных режимов механической обработки с помощью вибро – акустических измерений	260
Гусев В.Г., Богатырев Н.В. Повышение точности тонкостенных цилиндрических деталей при механической обработке	261
Давыдова И.А. Внедрение инновационного инспекционно-досмотрового комплекса для железнодорожной станции	262

Дощечкина О.А., Хордилов А.Э., Суменков А.Л. Механические характеристики наносистем и влажность окружающей среды	263
Залетов С.Е. , Осипов Н.Л. Радиальное нестационарное распределение температурных напряжений в однородном шаре	264
Кириллов Т.А., Шуваев В.Г. Применение анаэробных материалов при ультразвуковой сборке неподвижных соединений типа вал-втулка	265
Курденков Д.А. Влияние структурных дефектов на концентрационные напряжения в никотрированных покрытиях	266
Парахони А.А. Исследование напряжённого состояния круглых пластин переменной жёсткости	267
Парахони А.А., Осипов Н.Л. Исследование деформаций в орёбрённых пластинах	268
Попова О.В., Чиграй Ю.А. Разработка конструкций отечественных пассажирских вагонов в габарите РИЦ	269
Потрашкова А.П., Осипов Н.Л. Поглощение энергии фронтального удара стеклопластиковым сотовым гасителем	270
Савельев А.С., Шуваев В.Г. Устройство для пайки с применением ультразвуковых колебаний	271
Савельев А.А., Павлов П.П. Повышение эксплуатационной надёжности контактной сети электроподвижного состава	272
Скакбаева А.С., Осипов Н.Л. Динамическая деформация орёбрённых пластин под действием импульса давления	273
Хохлов М.К. Удельная плотность трещин как характеристика трещинной повреждаемости никотрированных покрытий	274
Храмова С.М. Новое в методике расчёта сил закрепления заготовок в приспособлениях с учётом упругих деформаций	275
Шна Ф.Ф. Информационно-измерительная система контроля температуры и теплового потока	276
Щукина Я.В., Воеводина М.А. Повышение качества изделий машиностроения	277