

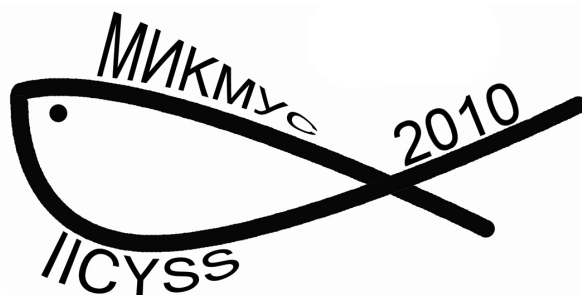
Российская Академия Наук
Институт машиноведения им.А.А.Благонравова

XXII Международная
Инновационно-
ориентированная
конференция молодых
учёных и студентов

МИКМУС-2010

Будущее машиностроения России

26-29 октября 2010



Москва 2010

Russian Academy of Sciences
Mechanical Engineering Research Institute named by A.A. Blagonravov

XXII International Innovation Conference of Young Scientists and Students

ICYSS-2010

Future of Russian Mechanical Engineering

УДК 62

XXII Международная инновационно-ориентированная конференция молодых ученых и студентов (МИКМУС- 2010) «Будущее машиностроения России»: сборник материалов конференции с элементами научной школы для молодежи (Москва, 26-29 октября 2010 г.). / М: Изд-во ИМАШ РАН, 2010. – 221 с.

В сборнике представлены материалы докладов Международной инновационно-ориентированной конференции молодых ученых и студентов «Будущее машиностроения России» (МИКМУС- 2010), содержание которых связано с приоритетными направлениями развития машиноведения – науки о машинах:

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

Интересы молодых ученых, отраженные в докладах, связаны с надёжностью и долговечностью машин, с нелинейной волновой механикой и технологиями, с анализом рисков и с изучением современных конструкционных материалов, с проектированием машин и синтезом механизмов, с энергетикой и транспортом, с биомеханикой и информационными системами, с диагностикой технических систем.

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

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

ПРОЧНОСТЬ, ЖИВУЧЕСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ В ЗАДАЧАХ МАШИНОВЕДЕНИЯ

STRENGTH, SURVIVABILITY AND SAFETY IN THE PROBLEMS OF MECHANICAL ENGINEERING

Ю.Г. Матвиенко – и.о. зав. отделом

Институт машиноведения им.А.А. Благонравова РАН

Abstract. Concepts of strength, reliability, lifetime, survivability and risk-analysis in mechanical engineering have been discussed from a viewpoint of engineering safety. Fundamental directions of research in engineering safety has been formulated and based on tests, models, criteria, monitoring, simulation, stress-strain analysis and risk.

Концепции прочности, надежности, ресурса, живучести и риск-анализа являются неотъемлемой частью комплекса научных исследований и прикладных разработок в задачах машиноведения. Привлечение вышеотмеченных концепций к анализу, обоснованию и обеспечению инженерной безопасности машин, механизмов и конструкций в рамках решения проблем машиноведения представляется весьма актуальным и своевременным. Решение проблем механической безопасности, характеризуемой соответствующими рисками опасных механических процессов (разрушений, износа, вибраций и т.п.), опирается практически на всю разновидность механических испытаний, расчетов на прочность, современных средств диагностики и мониторинга.

Механические испытания образцов и моделей являются исходной базой для оценки эксплуатационных рисков с использованием расчетных параметров надежности, прочности, ресурса и живучести. При этом важная роль отводится созданию методик экспериментального определения характеристик прочности, трещиностойкости, долговечности и живучести конструкционных элементов, наиболее важных с точки зрения безопасности, на нестандартных образцах, имитирующих реальные условия эксплуатации, процессов повреждений и деградации материала, в конечном итоге и определяющих критические и расчетные величины рисков. Наряду с этим, значительные успехи в анализе рисков могут быть достигнуты и при совершенствовании уравнений состояния материалов, моделей и критериев деформирования и разрушения при наличии дефектов и экстремальных физико-механических условий нагружения, позволяющих учитывать деградацию как традиционных, так и новых механических характеристик. Безусловно, важная роль в системе комплексных исследований принадлежит анализу эксплуатационной нагруженности машин. Адаптация моделей и критериальных уравнений классической механики разрушения тел с трещинами к анализу деформирования и разрушения тел с вырезами и надрезами позволит унифицировать модели, критерии и методы расчета текущего, критического и безопасного состояний элементов анализируемых объектов как с тупыми вырезами и надрезами, так и с трещинами, тем самым более корректно оценивать риски при наличии критических и безопасных (приемлемых) дефектов. Рост вычислительных возможностей и появление на рынке мощных программных средств стимулируют развитие методов физико-математического моделирования аварийных ситуаций, возникающих при функционировании объектов, что, безусловно, способствует адекватному анализу возникающих рисков. Обоснование возможности и целесообразности использования новых композитных и нано- материалов и технологий для объектов машиностроения сопряжено с разработкой уникальных экспериментальных методик исследований, позволяющих получать основные служебные характеристики.

**ЛАЗЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ
В НАУКЕ И ПРОИЗВОДСТВЕ**
*LASER SISTEMS END TECHNLOGIES
OF THE SCEINTNIFIC AND MANUFACTURE*

В.П.Бирюков-к.т.н.

Институт машиноведения им.А.А. Благонравова РАН

Abstract. In this paper presented the laser systems of Russian and foreign firms, destined for cutting and modification of material.

На основе анализа отечественных и зарубежных разработок в области лазерной обработки материалов представлены системы для упрочнения, наплавки и точного раскроя листового материала.

Конструкторские разработки достигли наибольшего уровня в области раскроя материалов. Лазерное оборудование для раскроя листовых материалов можно представить в виде четырех кинематических схем. Первая – системы с подвижным порталом с размещенной на нем кареткой и неподвижным столом. Так фирма MESSER, Германия изготавливает лазерные раскройные комплексы с размерами обрабатываемых деталей 1500 3000 мм и 4000× 3000 мм. Конструкция представляет собой порталную систему, перемещающуюся со скоростью холостого хода 60...165 м/мин. Вторая – системы с неподвижным порталом, содержащим каретку и подвижным столом. Система SUPER-TURBO – X MARK фирмы MAZAK, Япония, позволяет разрезать листовой материал с размерами 1250 x 2500 мм, при максимальной толщине листа 25 мм и мощности излучения до 4000 Вт. Продольный ход стола 2685 мм, поперечный и вертикальный ход каретки соответственно 1270 мм и 100мм. Третья – системы с подвижной консолью с размещенной на ней кареткой. Наиболее компактную систему QUATTRO выпускает фирма AMADA, Япония. Особенностью этой конструкции является возможность доступа оператора с трех сторон для быстрой смены материала. Перемещение консоли – 1260 мм, оптической головки в горизонтальном направлении 1260 мм и в вертикальном – 100 мм. Мощность лазерного резонатора до 1000 Вт, скорость резки до 10 м/мин. Четвертая – системы с неподвижным порталом, содержащим каретку и подвижным листом. Эта серия лазерных систем LC - α разработана для крупносерийного и мелкосерийного производства фирмой AMADA. Лазеры, мощностью излучения 1500 или 2000 Вт с быстрой аксиальной прокачкой, встроены в раму станка для достижения стабильности луча. Максимальный размер обрабатываемого изделия 2540 x 1270 и 5040 x 1550 мм. Автоматическая выгрузка деталей осуществляется через люк с размерами, рассчитанными, на полную ширину листа и обеспечивает непрерывность поточного производства и надежную работу без оператора. Особенностью перечисленных лазерных систем является применение оптических головок с фокусным расстоянием 125...180 мм. Поэтому портал или консоль расположены над поверхностью разрезаемого листа на расстоянии 250...300 мм. Для лазерного упрочнения и наплавки материалов наиболее эффективно использовать оптические головки с большим фокусным расстоянием, которые не вписываются, в известные конструктивные решения. В связи с этим, в ИМАШ РАН разработан лазерный технологический комплекс для обработки крупногабаритных объектов. В настоящее время с появлением новых волоконных лазеров, производства НТО «ИРЭ-ПОЛЮС» г. Фрязино, Московской области значительно увеличилась надежность лазерных систем для маркировки и гравировки, модификации поверхностных слоев, сварки и резки материалов.

СЕКЦИЯ 1

**Анализ рисков и проблемы
техногенной безопасности**

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРОЧНЫХ РАБОТ
В МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ЛАБОРАТОРИЯХ**
*QUALITY IMPROVEMENT OF TASTING WORKS
IN METROLOGICAL LABORATORIES*

К.В. Голубева – ассистент¹, **Б.А. Гордеев** – д.т.н.²

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет¹
Нижегородский филиал института машиноведения им. А.А.Благодрава РАН²

Abstract. In this report experimentally received results of measurement of vibration parameters in the premises intended for checking of high-precision measuring apparatuses are considered.

Наличие вибрации в поверочной лаборатории может привести к серьёзным погрешностям при измерениях механических величин.

В государственной аттестованной поверочной лаборатории были исследованы реперные точки для выявления вибрации. В каждой контрольной точке были проведены исследования временных реализаций вибропроцессов. Затем была проведена компьютерная обработка этих процессов с применением быстрого преобразования Фурье в реальном масштабе времени. И был получен спектр, при котором разрешение по частоте составило 0,5 Гц. Наибольшая амплитуда гармоники соответствует 0,5 Гц.

Гармоники частотой выше 5 Гц являются очень малыми и находятся за пределами чувствительности измерительной аппаратуры. Однако, для чёткой идентификации источника вибрации была проведена дополнительная математическая обработка на компьютере и был получен кепстр (выбеленный спектр). Было обнаружено, что кроме основных гармоник могут присутствовать дополнительные, которые вызывают модуляцию частоты и фазы основных гармоник.

Точка перегиба огибающих гармоник говорит о смене фазы высокочастотных гармоник. Были вычислены энергетические составляющие в каждой гармонике. И было выяснено следующее, во всех точках наибольшая энергетическая насыщенность соответствует 1-й гармонике (0,5 Гц). Полученные результаты говорят о следующем: наибольшая энергетическая насыщенность первой гармонической составляющей может быть вызвана следующими причинами: наличием биений частот вращающихся узлов силовых агрегатов технологического оборудования, а так же наличием собственных колебаний бетонной плиты, на которой проводится поверка средств измерений.

Если технологическое оборудование установлено на одной бетонной плите, то за счёт эффекта Замерфельда может возникнуть синхронизация механических систем. Синхронизация обусловлена несбалансированностью (неуравновешенностью) вращающихся узлов. Существует 3 вида неуравновешенности, которые могут вызвать синхронизацию: статическая, динамическая, моментная. При идеальной уравновешенности вращающихся узлов синхронизация не возникнет, т.к. источник вибросигнала будет нейтрализован. Следовательно, биения (низкочастотные колебания будут уничтожены) снижены, следовательно, будет уменьшена низкочастотная составляющая. Поэтому для снижения энергонасыщенности гармоник, особенно низкой частоты, следует устранить синхронизацию. Она устраняется путём установки под каждый силовой агрегат спец демпфирующих элементов (гидравлических виброопор).

Были выявлены риски нарушения процесса поверки средств измерений: правовые (аттестат аккредитации, невыполнение контрактов), внешние предсказуемые (природные катастрофы, преступления), внешние предсказуемые, но неопределённые (операционные), технические (ошибка в выписке протокола поверки), внутренние нетехнические (срывы плановых работ).

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКИ
ОБОСНОВАННОМУ ВЫБОРУ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И СИСТЕМ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ
НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЛЬНОЙ БАЗЫ ДАННЫХ**
*DECISION-MAKING AUTOMATION AT ECOLOGICALLY WELL-FOUNDED
CHOICE OF COOLING TECHNOLOGICAL MEANS AND SYSTEMS OF THEIR
APPLICATION ON THE BASIS OF AN INTEGRATED DATABASE*

О.В. Бутримова - преподаватель
ГОУ ВПО МГТУ “Станкин”

Abstract. Stages of automation of decision-making of for choice smazochno-cooling technological means and systems of their application with a view of improvement of technological indicators of manufacture, increase of safety of technological processes for the personnel and environment are considered.

В целях дальнейшего совершенствования технологических процессов и ускорения их проектирования, повышения безопасности для персонала и окружающей среды, возникает необходимость автоматизации принятия решений по выбору отдельных элементов технологической системы с учётом всех связей, действующих в данной системе. Для поддержки принятия решений по выбору СОТС и систем их применения с учётом отдельных компонент технологической системы необходимо автоматизировать отдельные этапы принятия решения, сделать обозримым множество исходных данных по СОТС, их технологическим и экологическим характеристикам. В рамках этой задачи были реализованы следующие этапы.

1. Установлены связи между элементами технологической системы с применением СОТС, особенностью которых является интеграция технологических и экологических параметров. Построена концептуальная модель предметной области, устанавливающая типы связей между её объектами – СОТС, системами их применения, технологическим оборудованием, инструментом, технологическими режимами, заготовками и материалами, системами контроля.

2. Для выявления технологических, экологических и токсикологических показателей факторов воздействия на персонал и окружающую среду, а также причин и источников возникновения данных факторов, были построены логические цепочки зависимостей факторов воздействия от свойств технологической системы, прямо или косвенно указывающих на возможность возникновения этих факторов воздействия. Таким образом, были выявлены экологические показатели технологической системы с применением СОТС.

3. Разработана структура и реализована БД “ЭКО СОТС” – интегральная база данных по СОТС и системам их применения. Она является средством поддержки принятия решений, и на её основе реализуется процесс автоматизации принятия решений по выбору СОТС. Особенностью разработанной интегральной базы данных является объединение технологических, экологических и экономических показателей технологической системы с использованием СОТС в единую систему. Накопление информации в БД планируется осуществлять посредством размещения её в локальных сетях предприятий, а также в сети Интернет и возможности добавления данных определённым кругом пользователей – специалистов в данной области.

4. Разработаны алгоритм и методика выбора СОТС и систем их применения на основе интегральной БД “ЭКО СОТС” и использования разработанных комплексных критериев. Комплексный критерий представляет собой набор параметров и может меняться в зависимости от определяемой пользователем значимости этих параметров.

**МЕТОДИКА АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ
ИЗМЕРЕНИЙ ГЛАВНОГО МОНУМЕНТА
НА МАМАЕВОМ КУРГАНЕ В ГОРОДЕ ВОЛГОГРАДЕ**
*METHOD OF ANALYSIS OF GEODESIC MEASURING RESULTS OF THE
MAIN MONUMENT ON MAMAEV HILL IN VOLGOGRAD*

М.В.Кузьмина – студент, **В.С.Коробкин** - студент
Волгоградский Государственный Технический Университет

Abstract. This paper presents the calculations of the estimation of geodesic measuring of the monument. The results received by analytic and geodesic methods are quite different, so it proves the possibility of mistake of measuring devices, methods and means.

Исходными данными были координаты шести точек на поверхности фигуры, определенных геодезическим методом при разных исследованиях.

Непосредственные расчеты по оценке проводились следующим образом: в качестве координат подконтрольной точки мы взяли координаты точки на голове монумента. Далее, исходя из величин смещения, мы построили ее настоящее положение. Соединив эти две точки, мы получили отрезок, перпендикуляр к которому является основообразующая для построения смещений других шести рассматриваемых в работе точек. Далее, пользуясь геометрическими теоремами и формулами, мы для каждой из точек определим смещение по всем трем осям: Ox , Oy , Oz (см. таблицу).

Точки	$R_{i,m}$	Исходные данные, мм			Расчет, мм			$\Delta Z_{\varepsilon}/\Delta Z_p$
		ΔX_{ε}	ΔY_{ε}	ΔZ_{ε}	ΔX_p	ΔY_p	ΔZ_p	
А	72	12	5	Нет данных	12	5	2,17	Неопределенно
Б	62,4	Нет данных		30	10,46	4,44	1,09	27,52
В	63	Нет данных		20	10,03	4,25	3,47	5,76
Г	70	Нет данных		30	10,46	4,44	5,91	5,08
Д	80	Нет данных		30	13,07	5,55	3,54	8,47
М	106,4	Нет данных		90	17,77	7,54	2,71	33,21

При анализе считалось, что конструкция фигуры является абсолютно жесткой и смещение координат точек происходит только за счет изменения крена, положения вертикальной (продольной) оси фигуры.

В результате анализа выявлено существенное несоответствие результатов оценки, что может быть вызвано либо наложением на процесс крена деформационных в фигуре процессов, либо о наличии погрешностей измерений обусловленных, например, не учетом температурных полей поверхности в момент измерений. В качестве выводов, с учетом рекомендаций современных нормативных документов, предлагается установить систему приборов на разных уровнях внутри фигуры, которая позволит повысить достоверность наблюдений за креном фигуры и её деформацией.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ
ШУМА И ВИБРАЦИИ В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ**
*MODELLING AND VISUALIZATION OF DISTRIBUTION OF NOISE AND
VIBRATION IN THE WORKING ZONE*

Е.В. Бутримова, Н.В. Дроздова
МГТУ “Станкин”

Abstract. In article are considered opportunities of application Microsoft Visio for modelling and visualization of distribution of noise and vibration in space, by means of creation of the special program.

В задачах защиты окружающей среды и человека от шума и вибрации, вызываемых технологическим оборудованием, необходима оценка распределения уровней звукового давления и виброскорости (виброускорения) в пространстве вблизи источника. Применяя моделирование процесса распространения виброакустических колебаний можно прогнозировать уровни в любой точке пространства. Данную информацию наиболее эффективно изучать, если она представлена в графическом виде.

На сегодняшний день существует довольно большое количество средств моделирования, обработки и визуализации научных и технических расчетов. Как правило, эти программные комплексы представляют собой сложные системы, однако часто применение таких сложных программ не требуется. Поэтому возникает необходимость разработки программных решений, реализующих конкретные задачи.

Для решения задач визуализации была разработана программа, предназначенная для автоматизации расчета уровней шума вблизи единичного точечного источника. Программа выполнена в среде визуального моделирования Microsoft Visio и включает в себя: графическую часть, программную часть (модуль, написанный на языке Visual Basic for Applications – VBA), формы пользовательского диалога.

Программа позволяет вводить все данные, полученные в результате эксперимента, получать на их основе новые результаты, сравнивать полученные по показаниям измерительного прибора значения с расчетными значениями и визуализировать все имеющиеся значения. Можно устанавливать количество замеров в зависимости от направления распространения колебаний и вручную задавать масштаб получаемого изображения. Чтобы получить прогнозируемые уровни шума или вибрации в заданной точке пространства (на заданном расстоянии), необходимо ввести начальные значения, а именно измеренные с помощью прибора уровни на известном расстоянии от источника. Все элементы визуального отображения результатов показываются таким образом, чтобы соблюдать закон затухания механических колебаний в среде в зависимости от удаления от источника вибрации или шума.

Возможности программы для визуализации и моделирования были проверены экспериментально. Были проведены эксперименты по измерению шума и вибрации от единичных точечных источников. Визуализация в обоих случаях осуществлялась по восьми направлениям. Результаты экспериментов показали, что значения уровней шума и вибрации, полученные экспериментально с помощью прибора и значения, рассчитанные по программе, имеют незначительные расхождения (не более 2 дБ) или же совпадают. Это означает, что погрешность значений, полученных моделированием с помощью программы, минимальна.

Совпадение результатов теоретического и экспериментального исследований показывает широкие возможности программного продукта, разработанного в MS Visio, для визуализации распространения шума и вибраций в рабочей зоне.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АДАПТИВНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СВАРКИ И НАПЛАВКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ЖИВУЧЕСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В РЕГИОНАХ СИБИРИ И КРАЙНЕГО СЕВЕРА

APPLYING ADAPTIVE PULSE TECHNOLOGIES OF WELDING AND PAD WELDING FOR INCREASING SAFETY AND DURABILITY OF TECHNICAL SYSTEMS OPERATED IN SIBERIA AND THE FAR NORTH

Ю.Н. Сараев - в.н.с., д.т.н., доцент, А.А. Демьянченко - аспирант
Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск

Abstract. During the present work research reasons of degradation of properties of permanent joint due technical systems operation in Siberia and the Far North were analyzed. Application of new high-energy adaptive pulse technologies of welding and pad welding is founded. Influences of these technologies on structure, mechanical and functional performance of technical element permanent links are studied.

Промышленное развитие северных регионов, связанное с увеличением добычи углеводородного сырья, строительством и эксплуатацией объектов энергетики, развитием железнодорожного и трубопроводного транспорта, увеличением объемов работ в горнодобывающей промышленности, выдвигает перед научно-производственными коллективами России новые задачи по обеспечению безопасности, надежности и живучести технических систем северного исполнения. В краткосрочной перспективе, в связи с освоением разведанных запасов углеводородных месторождений шельфа Арктики, необходимостью строительства морских ледостойких платформ и плавучих буровых установок, ледоколов и судов ледового плавания в условиях круглогодичной эксплуатации, потребуется решение одной из ключевых проблем, возникающих при эксплуатации вышеперечисленных технических систем – предотвращение хрупких разрушений в условиях климатически низких температур порядка $-50\dots-60$ °С.

Анализ причин и характера разрушений металлоконструкций, эксплуатируемых в условиях низких температур, показал, что эти разрушения в основном происходят в зонах сварных соединений. Это неизбежно приводит к снижению допустимых рабочих нагрузок на металлоконструкции при низких температурах окружающего воздуха и существенно ограничивает производительность и работоспособность оборудования. Однако изготовление хладостойких сварных соединений сталей с высокой прочностью сильно затруднено вследствие целого ряда специфических факторов. Прежде всего, это связано с характером горения дуги при сварке в условиях низких температур окружающей среды, кинетикой протекания процессов кристаллизации металла шва, возникающих напряжений и сварочных деформаций в создаваемых металлоконструкциях.

Одним из перспективных путей решения обозначенной проблемы является применение для производства и ремонта металлоконструкций ответственного назначения адаптивных импульсных технологических процессов, которые позволяют через программируемый ввод тепла в зону сварного соединения, управление процессами плавления и переноса каждой капли электродного металла, создание в зонах сварных соединений технических систем мелкодисперсной структуры в металле шва и зоне термического влияния, существенно уменьшить степень остаточных деформаций сварных соединений, изготавливаемых из различных хладостойких сталей, а также повысить их эксплуатационную надежность.

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВОЗДУШНЫМ
МОНИТОРИНГОМ, ВЫПОЛНЯЕМЫМ РОБОТИЗИРОВАННОЙ
БЕСПИЛОТНОЙ ПЛАТФОРМОЙ**

INTELLECTUAL MANAGEMENT OF THE AIR MONITORING

WHICH IS CARRIED OUT BY THE ROBOTIZED UNPILOTTED PLATFORM

Фам Динь Тхык - асп., До Чунг Тхоай – асп., Ле Тхань Нам – асп., Ву Ван Чыонг – асп.
Национальный Морской Университет Вьетнама, г. Хайфон

Abstract. Are offered technical, algorithmic and software of monitoring of city, rural territories, large forests, etc. on the basis of use of complexes pilotless remote piloted flying machines. New synthesis algorithms of optimum routes of flight of the set territory on the basis of a choice of system of rotary points of a route for optimization of processes of monitoring of a surface of the earth are synthesized.

Современный период знаменуется существенным прогрессом в области использования роботизированных авиационных беспилотных средств. Средства эти выступают в литературе под разными названиями: дистанционно-пилотируемые летательные аппараты (ДПЛА), беспилотные летательные аппараты (БЛА), устройства дистанционного наблюдения и обнаружения, аэродинамические фото - и телеразведчики, платформы для мониторинга окружающей среды в интересах экологического мониторинга, отслеживания чрезвычайных ситуаций и др. Особенное значение их применение имеет в свете предупреждения и борьбы с природными катаклизмами, обрушившихся на планету в последнее время.

Основной вектор прогресса БАП связан с миниатюризацией и удешевлением, как самих платформ, так и бортового оборудования управления и целевых нагрузок платформ.

Прогресс в области БАП в основном обусловлен следующими факторами:

- появлением системы глобальной навигации GPS и широким распространением малогабаритных приёмников GPS;
- микроминиатюризацией элементов вычислительной техники – процессоров и памяти;
- созданием высокоинтеллектуальных систем гибкого наземного и бортового управления.

Управление БАП заключается в управлении положением центра масс платформы (траекторное управление) и управлении ориентацией платформы относительно центра масс. Траекторное управление осуществляется на основании измерений текущих координат платформы.

Применение разработанных алгоритмов, методик и программной модели позволит создавать и отлаживать реальные системы управления ориентацией БАП на основе измерителей земного магнитного поля. Предложены технические, алгоритмические и программные средства мониторинга городских, сельских территорий, лесных массивов и др. на основе использования комплексов беспилотных дистанционно пилотируемых микро летательных аппаратов. Синтезированы новые алгоритмы синтеза оптимальных маршрутов облета заданной территории на основе выбора системы поворотных точек маршрута для оптимизации процессов мониторинга поверхности земли.

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ КОАКСИАЛЬНОГО КАНАЛА НА ПОПЕРЕЧНУЮ СКОРОСТЬ И ВЯЗКОСТЬ ПРИ КРИТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ ТЕПЛООБМЕНА В ТЕКУЩЕЙ НЕНЬЮТОНОВСКОЙ ЖИДКОСТИ

INFLUENCE OF GEOMETRY COAXIAL CHANNEL ON THE TRANSVERSE VELOCITY AND VISCOSITY AT THE CRITICAL REGIME OF HEAT TRANSFER BY THE UNNEWTONIAN FLUID CURRENT

Б.Р. Абайдуллин – м.н.с., аспирант

Исследовательский центр проблем энергетики КазНЦ РАН

В данной работе рассматривается теплообмен на начальном участке коаксиального канала при совместном действии химического и диссипативного источников тепловыделения при изменении безразмерного определяющего параметра отвечающего за геометрию канала σ . Полная постановка задачи в размерном виде, теплофизические физические допущения и метод численной реализации приведены в [1].

На рис.1 показаны зависимости поперечной компоненты скорости \tilde{V} и вязкости $\tilde{\mu}$ от параметра σ . При построении зависимостей были заданы следующие фиксированные значения остальных безразмерных параметров: $\chi = 4; \delta = 4,29; C_0 = 5; C_1 = 0,01; \gamma = 25; \alpha = 1,421; \beta = 0,1565$.

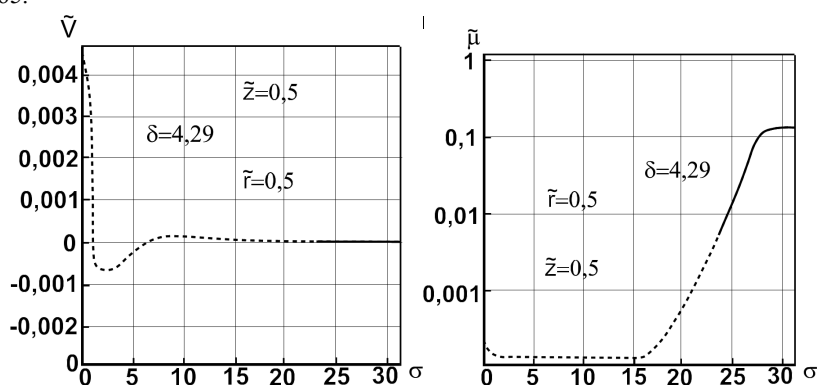


Рис. 1. Зависимости безразмерной поперечной скорости \tilde{V} и вязкости $\tilde{\mu}$ от параметра σ , при $\tilde{r} = 0,5$ и $\tilde{z} = 0,5$.

Как видно на рис. 1, при разных значениях параметра δ , то есть при различной интенсивности химической реакции имеем разную зависимость вязкости и скорости от параметра σ . На графиках представлены критические значения параметра σ только при значении $\delta = 4,29$. При $\delta = 4,29$ имеется область неустойчивости решения при $16 < \sigma < 24$, это было показано на графиках зависимости $\theta(\sigma)$. При остальных значениях $\sigma < 16$ будет всегда критический режим, а при $\sigma > 24$ критического режима нет. Однако на производстве следует избегать области неустойчивости, чтобы избежать потери контроля над процессом.

Как следует из рис. 1, компонента скорости \tilde{V} в основном слабо зависит от параметра σ , вязкость однако изменяется достаточно сильно. То есть при изменении геометрии в сторону уменьшения радиуса внутренней трубы коаксиального канала критичность теплообмена (сильное резкое уменьшение вязкости на критической длине канала) возрастает.

Литература

1. Абайдуллин Б.Р. Исследование влияния основных определяющих параметров на критический теплообмен при течении неньютоновской жидкости на начальном участке коаксиального канала.// Труды Академэнерго, №1, 2007. С. 13-24.

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ, ОБОРУДОВАННЫХ БЕЗАЗОРНЫМ СЦЕПНЫМ УСТРОЙСТВОМ БСУ -3

THE SAFETY EVALUATION OF THE ATTENDANCE OF THE PASSENGER CARRIAGES WHICH ARE PROVIDED WITH THE BACKLASH-FREE HITCH MECHANISM BSU – 3

Д.Я. Антипин – к.т.н., доц.

ГОУ ВПО «Брянский государственный технический университет»

Abstract. The analysis of the safety attendance of the all-coach train with cars which are provided with the backlash-free hitch mechanism such as BSU – 3 was done.

Целью работы являлась оценка динамических характеристик пассажирского вагона нового поколения модели 61-4440 производства ОАО «Тверской вагоностроительный завод» оборудованного безазорным сцепным устройством БСУ-3, эксплуатирующегося в составе поезда постоянного формирования.

Анализ динамических характеристик выполнялся на основе математического моделирования движения сцепа вагонов и локомотива по реальным неровностям пути с учетом прямых, кривых участков пути, стрелочных переводов со скоростями вплоть до – 200 км/ч, а также прохождение кривых малого радиуса с пониженными скоростями и аварийное столкновение сцепа с препятствием виде автомобиля на автомобильном переезде.

В качестве объекта исследования рассматривался сцеп из локомотива ЧС-7, движущегося в режиме тяги, и четырех пассажирских вагонов модели 61-4440. При движении сцепа тяговое усилие моделировалось с помощью специальных сил в соответствии с тяговыми характеристиками локомотива ЧС-7. Силы сопротивления движению локомотиву и вагонам учитывались в соответствии с рекомендациями для проведения тяговых расчетов.

Формирование и расчет динамической модели производился в среде отечественного программного комплекса моделирования динамики систем тел «Универсальный механизм». В работе рассматривались три варианта сцепа вагонов: сцеп, полностью оборудованный автосцепными устройствами СА-3, сцеп, в котором локомотив и первая сцепка первого вагона оборудованы устройством СА-3, а остальные - безазорными устройствами БСУ-3, сцеп аналогичный предыдущему, но при отсутствии буферных устройств в сцеплениях, оборудованных устройствами БСУ-3.

Рассматривалось движение сцепов по реальным неровностям пути в прямых и кривых участках и по стрелочным переводам со скоростями в диапазоне 20...200 км/ч, а также прохождение кривых малого радиуса со скоростями, допускаемыми нормативными документами, аварийное столкновение сцепа с препятствием виде автомобиля на автомобильном переезде.

В качестве критериев оценки динамических показателей вагона рассматривались вертикальные и горизонтальные ускорения кузова и рамы тележки вагона, силы взаимодействия гребня колеса с рельсами, рамные силы, коэффициент плавности хода, мощности сил трения в контакте колеса и рельса и усилия взаимодействия вагонов в сцепе, угловые перемещения кузова в плане.

Анализ полученных результатов позволил сделать следующие выводы:

- применение сцепного устройства БСУ-3 по сравнению с автосцепным устройством СА-3 позволяет улучшить динамические параметры вагона;
- отказ от буферных устройств незначительно влияет на динамические параметры вагона на прямом участке пути, но приводит к увеличению интенсивности колебаний виляния кузова вагона и времени их затухания при выходе из кривых участков пути и после прохождения стрелочного перевода;
- при аварийных соударениях применение сцепного устройства БСУ-3 позволяет повысить устойчивость состава от схода с рельсов и избежать эффекта «перочинного ножа».

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИК ОЦЕНКИ РИСКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПРЕДПРИЯТИЙ ХИМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ В РАМКАХ СУПБ

APPLICATION OF TECHNIQUES OF ESTIMATION OF RISK FOR DEFINITION OF OVERALL PERFORMANCE OF THE ENTERPRISES OF CHEMICAL BRANCH WITHIN LIMITS OF CONTROL SYSTEM OF SAFETY

О.И. Соловьёва – аспирант

ГОУ ВПО «Череповецкий Государственный Университет»

Abstract. In this work the method of calculation of danger and risk as probabilities of occurrence of refusal of an element of technical systems at the enterprises of chemical branch on the basis of the law of indicative distribution is considered.

Оценка и управление рисками является основным показателем эффективности работы предприятий в рамках системы управления промышленной безопасностью (СУПБ). Основной целью анализа техногенных рисков является не только сравнение с критериями приемлемости (оценка), но и выявление «слабых» мест в технических системах производственных объектов для последующего обоснования мер безопасности, т.е. эффективное управление этими рисками. Для расчета количественных показателей техногенного риска используется математический аппарат теории вероятности и математической статистики, реализованный в теории надежности технических систем.

Предлагается метод расчета риска как вероятности возникновения отказа элемента технических систем на предприятиях химической отрасли на основе закона показательного распределения. Выбор данного закона распределения непрерывной случайной величины обусловлен тем, что технические системы химических производств представляют собой объекты с высокой однородностью начального качества (обеспечивается жестким контролем качества материалов, технологи производства), но впоследствии качество, которых ухудшается вследствие различных видов усталости, износа и различных повреждений. Для таких объектов расчет вероятности отказа возможен с использованием модели монотонно стареющих систем (т.е. с накапливающимися повреждениями) на основе показательного распределения.

Закон экспоненциального непрерывного распределения широкое применение нашел потому, что во-первых, учитывает как постепенные (износные) отказы, так и внезапные отказы, и во-вторых, закон удобен для применения, т.к. имеет один параметр распределения - λ . Вероятность (риск) отказа согласно закону данному определяется по формуле: $H(t) = 1 - P(t) = 1 - e^{-\lambda t}$, где λ - параметр распределения, t - рассматриваемый промежуток времени, (ч, год). При $\lambda \ll 0,1$ формула вероятности отказа элемента принимает вид:

$$H(t) = 1 - e^{-\lambda t} = 1 - e^{-\lambda t} \times \left[\frac{(\lambda \cdot t)^0}{0!} + \frac{(\lambda \cdot t)^1}{1!} + \frac{(\lambda \cdot t)^2}{2!} + \frac{(\lambda \cdot t)^3}{3!} + \dots + \frac{(\lambda \cdot t)^n}{n!} \right],$$

где n – число случайных событий (инцидентов, отказов) за промежуток времени.

Параметром распределения является интенсивность отказов λ ; данный параметр называют также средней скоростью износа, отражающей влияние интенсивного старения за счет коррозионного износа, усталости элементов систем и других факторов. Скорость износа носит статистический характер, и её значение определено для элементов промышленного оборудования. На основе расчета уровня риска определяется категория структурного подразделения (опасность объектов по уровню риска), разрабатывается программа организационно-технических мероприятий по снижению уровня риска и осуществляется эффективное финансирование данных программ.

СЕКЦИЯ 2

**Композитные,
нано- материалы
и технологии**

ГИДРОКСИЛАПАТИТ – ОСНОВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

HYDROXYAPATITE – THE BASIS FOR COMPOSITE MATERIALS SYNTHESIS

Л.В.Бельская - ассистент, к.х.н., О.А.Голованова - проф., д.г-м.н., А.П.Солоненко - асп.
Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского

Abstract. The crystallization processes of biological liquids prototypes is considered, and also communications between composition and structure of biominerals (pathogenic and physiogenic origins) and the conditions of their formation caused by abnormal changes of condition of an organism and environment are established.

Гидроксилапатит $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$ – минерал, который является основным строительным материалом для костей и зубов, входит в состав патогенных минеральных образований в организме человека (зубные, слюнные, почечные камни, кальцификаты сердечных клапанов и др.), причины и механизм образования которых до сих пор не выявлены. Данный материал обладает свойством биосовместимости, что обуславливает возможность применения гидроксилапатита при изготовлении имплантатов для протезирования, в медицине в виде керамики, цемента и композитов. Поэтому важным и перспективным направлением является изучение процесса кристаллизации из прототипов биологических жидкостей, а также установление связи между составом и структурой биоминералов (патогенного и физиогенного происхождения) и условиями их формирования, вызванными аномальными изменениями состояния организма и окружающей среды.

Для решения поставленной задачи разработан комплексный материаловедческий подход, включающий, в частности, отработку схемы и методики проведения модельного эксперимента для получения фосфатных биоматериалов, приемы обработки и интерпретации результатов, полученных методами рентгенофазового и рентгено-структурного анализа (рентгеновские порошковые дифрактометры типа ДРОН). Особое внимание уделено вопросам контроля качества и технических характеристик получаемых образцов. На основе реализованного комплексного материаловедческого подхода изучены закономерности изменения состава и структуры гидроксилапатита (перераспределение макро- и микроэлементов, изменение степени кристалличности, схем вхождения микропримесей в кристаллическую решетку и др.); полученные данные используются для поиска веществ-ингибиторов нежелательной кристаллизации гидроксилапатита.

Проведена постановка модельных экспериментов по росту фосфатных биоминералов (в частности, гидроксилапатита) в искусственных биологических жидкостях; построены термодинамическая и кинетическая модели кристаллизации и роста; проанализированы механизмы термодинамики и кинетики их роста; выявлены закономерностей протекающих при этом фазовых и химических превращений. При проведении модельных экспериментов изучено влияние термодинамических условий и состава среды на процессы кристаллизации гидроксилапатита (в присутствии аминокислот, белков, микроэлементов и др.) путем моделирования в лабораторных условиях, отработаны соответствующие аналитические методики.

Область использования результатов – разработка методик и технологий получения синтетических гидроксилапатитов в условиях, приближенных к физиологическим.

ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА БИОГЕННОГО ГИДРОКСИЛАПАТИТА *FEATURES OF BIOGENIC HYDROXYAPATITE SYNTHESIS*

Л.В.Бельская - ассистент, к.х.н., О.А.Голованова - проф., д.г-м.н., А.П.Солоненко - асп.
Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского

Abstract. Impurities and especially organic substances have a great effect on the growth of biominerals in biological systems. The results of experimental modeling of hydroxyapatite crystallization *in vitro* have shown that amino acids and also fiber casein play a role of crystallization inhibitors. The ability to retard the process of hydroxyapatite formation diminishes in a row of lysine, proline < serine < glutamine acid < casein. The study of the glucose influence on the crystallization process in a solution modeling saliva of a human being has shown that glucose fulfils a promoting role.

Известно, что апатиты бывают физиогенного (кости, зубы) и патогенного (кальцификаты сердечных клапанов, мочевые, почечные, зубные камни и др.) происхождения. В последнее время существенно возрос интерес к изучению данных минералов, поскольку неорганическая часть костей и многих патогенных образований человека представлены минералом гидроксилapatитом (ГА) - $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. ГА в химическом плане наиболее близок минеральной составляющей кости, он прекрасно совместим с мускульной тканью и с кожным покровом, после имплантации он может напрямую срастаться с костной тканью в организме. Значительная роль при образовании ГА принадлежит органическому веществу, поэтому целью модельного эксперимента было изучение влияния органических добавок на состав образующейся твердой фазы. Для этого были приготовлены три серии растворов без добавок, а также с добавками белка (казеина), аминокислот (глутаминовой кислоты, серина, пролина и лизина) и глюкозы. Во всех случаях РФА показал, что твердая фаза представляет собой ГА. Присутствие в растворе добавок глюкозы способствует формированию хорошо окристаллизованного осадка в достаточно короткие сроки (время созревания осадка – 1 месяц). Отмечено также увеличение количества осадка при повышении содержания глюкозы в фазе. Напротив, в присутствии белка в растворе наблюдается ухудшение кристаллической структуры осадка, а также замедление образования твердой фазы. Можно предположить, что наличие в среде белка стабилизирует коллоидные частицы за счет сил адсорбционного взаимодействия, тем самым, препятствуя коагуляции и формированию агрегатов, которые могут являться центрами кристаллизации при образовании ГА. Исследование состава осадков методом ИК-спектроскопии показало, что белок и глюкоза входят в состав всех получаемых осадков. Для твердых фаз, кристаллизующихся в присутствии белка, наблюдается уширение полос поглощения молекул воды (3440 и 1650 см^{-1}) и фосфат ионов (1090 , 1042 , 961 , 600 и 567 см^{-1}), а также относительное увеличение поглощения карбонатов (дублет 1460 и 1420 , 876 см^{-1}). Известно, что при таких закономерностях наблюдается уменьшение размеров кристаллов и снижение степени кристалличности осадка. На ИК-спектрах осадков из раствора с глюкозой наблюдается обратная тенденция. При изучении кинетики кристаллизации ГА *in vitro* в присутствии аминокислот было отмечено ингибирование процесса кристаллизации на стадии роста зародышей, вызванного адсорбцией аминокислот на растущей поверхности, а также конкуренцией органических молекул и твердой фазы за ионы кальция вследствие образования прочных растворимых комплексов с аминокислотами. Таким образом, можно говорить об ингибирующем действии аминокислот и белка и промотирующей роли глюкозы в процессе формирования ГА в физиологических условиях.

КОНКРЕТИЗАЦИЯ КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ПОЛЗУЧЕСТИ

Ю.Н. РАБОТНОВА

CONCRETE DEFINITION OF KINETIC THEORY OF CREEP OF RABOTNOV

Л.В. Фомин - вед. инженер, В.Н. Кузнецов - д.ф.-м.н., зав. лаб.

НИИ механики МГУ

Abstract. On the basis of thermodynamic principles there is creation of the kinetic equations for a concrete definition of the kinetic theory of creep. Damage function is experimentally defined and the corresponding kinetic equation is received. Comparison with experiment is given.

Для математического моделирования процесса ползучести конструкционных материалов и, в частности композитов, с учетом стадии предразрушения (III стадия), что существенно при расчетах многих одноразовых конструкций минимального веса, наиболее перспективной является кинетическая теория ползучести Ю.Н. Работнова. Суть теории состоит в том, что в механическое уравнение состояния $\dot{p} = \dot{p}(\sigma, p, T, t, q_i)$ (в обычных обозначениях) входят параметры структуры q_i , в том числе $q_1 = \omega$, где ω - функция поврежденности. Для параметров q_i постулируются кинетические уравнения $dq_i = a_i dp + b_i d\sigma + c_i dt + f_i dT$, где a_i, b_i, \dots есть функции p, σ, T, t и $q_1 \dots q_n$. В простейшем случае система уравнений кинетической теории имеет вид:

$$\dot{p} = \frac{dp}{dt} = \frac{A_0 \sigma^k}{(1-\omega)^s}, \quad \dot{\omega} = \frac{B_0 \sigma^m}{(1-\omega)^n}.$$

В докладе предлагается вывод кинетических уравнений из термодинамических принципов (используется идея формализма Онзагера).

В отличие от моделей, в которых функция ω отлична от нуля сразу, в момент начала опыта на ползучесть, предлагается считать, что $\omega > 0$ только на III стадии ползучести. Предложен метод определения функции поврежденности ω непосредственно по экспериментальным кривым ползучести.

Для моделирования III стадии используется аппроксимация $p(t) = \frac{C}{(t_* - t)^K} + b$, где

t_* - "идеальное" время разрушения, соответствующее критерию $\omega = 1$, определяемое из условия наилучшей аппроксимации; C, K, b - зависят от σ и T . Действительное время разрушения определяется, как обычно, по кривой длительной прочности. В этом случае

функция поврежденности имеет вид $\omega = \omega(t, \sigma) = 1 - \frac{A_0 \sigma^k}{CK} (t_* - t)^{(K+1)}$; соответствующее кинетическое уравнение получает вид $\dot{\omega} = (1-\omega) \cdot \frac{(K+1)}{(t_* - t)}$; отметим, что в правую

часть уравнения явно входит время t , что характерно для модели нестабильного на III стадии материала. Зависимости $C = C(\sigma)$, $K = K(\sigma)$ и $b = b(\sigma)$ при $T = const$ определяются по исходным кривым ползучести.

Таким образом, функция поврежденности $\omega(\sigma, t)$ и соответствующее кинетическое уравнение построены в полном соответствии с экспериментальными данными.

**ПРИМЕНЕНИЕ АНАЭРОБНЫХ ГЕРМЕТИКОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ
ВИБРОАКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ**
*APPLYING OF ANAEROBIC ENCAPSULANTS FOR A DECREASE
OF VIBRATION LEVELS OF CUTTING MACHINES*

А.Н.Осмехин - аспирант, Б.А.Гордеев – д.т.н., проф., Г.В.Маслов - д.т.н., проф.
Нижегородский филиал института машиноведения им. А.А. Благонравова РАН

Abstract. In this paper results of experimental researches of application anaerobic germetics of the type “Triboplast” intended for decrease of vibration levels of a turning and screw cutter are resulted. The main choice of the most informative control points is proved, allowing to diagnose transfer links of the kinematic scheme of the machine tool and to identify faulty elements.

Институтом машиноведения им. А.А. Благонравова РАН на основе исследований волновых процессов в машинах разработан новый метод защиты металлорежущих станков от вибрации, который заключается в применении специальных анаэробных полимерных фиксаторов. Фиксаторы позволяют уплотнять сопрягаемые поверхности неподвижных деталей, исключая их взаимное перемещение. Одновременно они поглощают энергию вибрации, препятствуя ее распространению. В металлорежущих станках в сопрягаемых с источниками колебаний деталями, в последних возникают продольные и поперечные акустические волны широкого спектра частот. При распространении по сопрягаемым деталям станка продольные волны трансформируются в поперечные с разными направлениями поляризации, которые и являются возбудителями шума и вибрации.

По виброакустическим сигналам работающего оборудования определялась степень его изношенности и соответствие ремонтпригодности. Во время проведения ремонтных работ коробки скоростей станка жесткая посадка неподвижных соединений осуществлялась с помощью анаэробного герметика "Трибопласт". После полимеризации герметика в выбранных контрольных точках станка проводились измерения его виброактивности в тех же режимах работы, которые были до ремонта.

В выбранных контрольных точках проводились измерения виброскорости во взаимно перпендикулярных направлениях на всех возможных угловых скоростях вращения шпинделя станка. При этом определялся коэффициент взаимной корреляции двух нормально направленных виброскоростей в контрольных точках как:

$$R_{xy} = \frac{\mu_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$$

Вычисленные значения коэффициентов взаимной корреляции виброперегрузок в областях передней и задней опор шпинделя оказались равными 0,97 и 0,95 соответственно, что позволило определить среднее значение виброскорости на передней опоре шпинделя как: $V = \sqrt{Y_n^2 + Z_n^2}$, а на задней опоре $V = \sqrt{X_3^2 + Y_3^2 + Z_3^2}$.

Из сравнения виброактивности коробки до ремонта, через 40 и 65 дней после ремонта вытекают следующие выводы.

На частотах вращения до 160 об/мин виброактивность коробки уменьшается в среднем на 3 децибела. Влияние замены подшипников на виброактивность коробки в диапазоне от 200 до 400 об/мин сказывается на снижении виброактивности на 3-4 децибела на опоре переднего и на 4-5 децибел и заднего подшипника.

Полученные результаты позволяют сделать однозначный вывод о численном значении степени снижения уровней вибрации и шума станка после применения герметика, а выбор контрольных точек и примененная методика измерений позволяют идентифицировать наличие дефектов в сопряженных парах шестерен.

ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГО-ВЯЗКИХ СВОЙСТВ ЭЛАСТИЧНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

RESEARCH OF FLEXIBLE AND TOUGH PROPERTIES OF ELASTIC PIPINGS

А.В.Тинькова - преподаватель

ФГОУ СПО «Курский электромеханический техникум»

Abstract. The results of the relaxation research of strains arising in elastic piping wall affected by inner pressure are stated in the paper. The analysis of experimental findings showed that the best conjugation is provided by the law of deformation on the base of Rzhaniitsyn's nucleus.

Эластичные трубопроводы, выполненные из полимерных или композиционных материалов в настоящее время нашли широкое применение при добыче строительных материалов со дна водоемов, при проведении строительных работ по намыву дамб и строительных площадок, в системах отопления и вентиляции, при проведении работ, связанных с охраной окружающей среды.

Деформация, полученная эластичным трубопроводом, в результате действия напряжения определяется формулой

$$d\varepsilon = \frac{1}{E_0} K(t - \tau) \sigma(\tau) d\tau \quad (1)$$

Проинтегрировав это уравнение, получим следующую зависимость:

$$\sigma(t) = E_0 \left[\varepsilon - \int_0^t R(t - \tau) \varepsilon(\tau) d\tau \right], \quad (2)$$

где $K(\tau)$, $R(\tau)$ – функции ползучести и релаксации, Па; E_0 – мгновенный или динамический модуль упругости, Па; σ – напряжение, Па; ε – деформация.

Определение вида функции релаксации производилось экспериментальным методом на образцах, изготовленных из трех типов эластичных трубопроводов, на экспериментальной установке. Каждый тип представлен 10 образцами, что исключало случайные факторы, влияющие на результаты экспериментов.

Анализ экспериментальных данных показал, что скорость релаксации напряжений имеет максимальные значения в начальный период времени и затем плавно стремится к нулю. В среднем период релаксации напряжений мало зависит от типа образца и составляет не более 25 сек. С ростом времени нагружения разность между динамическим E_0 и равновесным E_∞ модулями стремится к нулю. Установлено, что начальный уровень напряжений значительно влияет на величины E_0 и E_∞ .

Кривые релаксации напряжений позволили определить вид функции – ядро релаксации.

Для исследования релаксационных процессов в образцах были выбраны: экспоненциальное ядро, гиперболическое ядро и ядро Ржаницина.

Сравнение с экспериментальными данными показало, что экспоненциальное ядро не позволяет моделировать высокую начальную скорость релаксации напряжений, а гиперболическое ядро достаточно точно воспроизводит начальный период процесса релаксаций напряжений, но на большом интервале времени приводит к значительным погрешностям.

Анализ экспериментальных данных показал, что наилучшую сходимость дает закон деформации, построенный на основе ядра Ржаницина.

НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТЫ ТРИБОТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ *NANOMODIFIED POLYMERIC COMPOSITES FOR TRIBOTECHNICAL APPLICATION*

А.Г.Парникова – м.н.с.

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

В настоящее время в качестве материалов для узлов трения широко используются различные полимерные композиционные материалы. Однако к эксплуатационным свойствам таких материалов предъявляется все больше требований. Одним из решений данной проблемы является использование в качестве модификаторов полимерной матрицы нанопорошков, введение которых позволяет улучшить весь комплекс эксплуатационных характеристик материала.

В качестве модификаторов в работе использовались нанопорошки оксидов алюминия и магния различного фазового состава (α - и γ -фазы), удельной поверхности и размеров зерен в волокнах. Нанопорошки получали методом термического окисления гидратцеллюлозных волокон, пропитанных солями алюминия и магния при различных температурных режимах.

Показано, что модификация ПТФЭ этим наполнителем приводит к существенному улучшению свойств нанокompозита: прочность увеличивается на 10-35%, относительное удлинение увеличилось в 1,5 раза, износостойкость увеличивается в 200-300 раз по сравнению с исходным ПТФЭ.

Установлены закономерности кристаллизации ПКМ из расплава в присутствии частиц наполнителя. Показано, что нанокompозиты отличаются высокой степенью кристалличности, которая уменьшается при увеличении концентрации нанопорошка. Это связано с ростом центров кристаллизации и образованием более износостойкой мелкосферолитной структуры. На основании исследований коэффициента объемного термического расширения установлено усиление межфазного взаимодействия между компонентами композита, интенсификация процессов кристаллизации ПТФЭ в присутствии структурно-активных частиц нанопорошков. Это сопровождается повышением прочностных и триботехнических характеристик ПКМ.

Совокупность такого рода плотноупакованных столбчатых сферолитов подвержена пластическим деформациям и ориентации по направлению скольжения. Это приводит к снижению, как коэффициента трения, так и повышению сопротивления материала к износу, и, соответственно, износостойкости. Топография поверхности трения ПКМ характеризуется как однородная с мелким бороздчатым рельефом, сформированных вследствие ориентированного движения структурных элементов поверхностного слоя. При наполнении НП зарегистрировано образование дорожек трения, имеющих прерывистый характер, что обусловлено образованием сферолитной структуры в объеме полимерного связующего.

Зарегистрировано обогащение поверхностей трения частицами НН. Частицы наполнителя, сконцентрированные на поверхности трения, выполняют роль защитного экрана, локализуя в своем объеме деформации сдвига и предохраняющие поверхностный слой полимерного нанокompозита от разрушения.

Таким образом, разработаны новые составы материалов конструкционного назначения на основе ПТФЭ, модифицированных НП волокнистых оксидов алюминия и магния, с улучшенными физико-механическими и триботехническими характеристиками.

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ШИН ОТ ДЕЙСТВИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

PNEUMATIC TIRES STRAIN-STRESS STATE DEFINITION COMPUTATIONAL- EXPERIMENTAL METHOD UNDER MECHANICAL LOADINGS

С.Л. Соколов - к.т.н., Б.Н. Ушаков - д.т.н., проф.

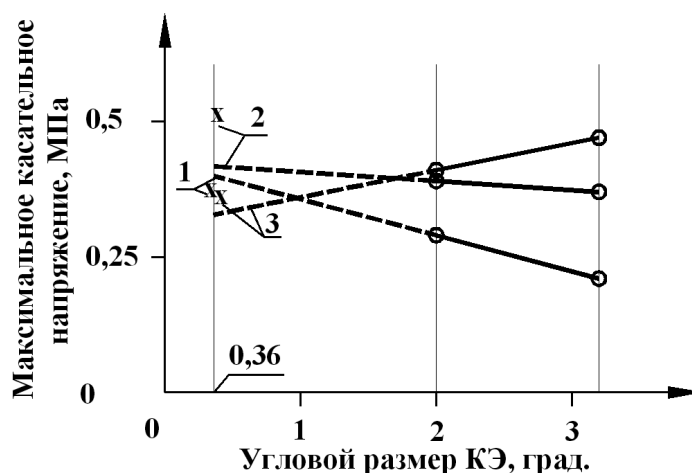
Холдинговая компания «ЛЮЙЛ НЕФТЕХИМ», проектный центр «СПЕКТР»,

Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН

Abstract. The method is intended for pneumatic tires strain-stress state calculated values difference reduction received by means of FEM, from experimental data. The modeling rubber-cord layers a way choice is carried out on the basis of calculations to experimental data comparison. The calculations results extrapolation for various values of the linear and angular finite elements sizes is spent.

При моделировании напряженно-деформированного состояния (НДС) пневматических шин с применением метода конечных элементов (МКЭ) существенное влияние на результаты расчетов оказывают способы моделирования резинокордной многослойной структуры шины и степень ее детализации. Для уменьшения отличия результатов расчетов от экспериментальных данных в работе разработан расчетно-экспериментальный метод, повышающий эффективность расчетных и экспериментальных методов, применяемых по отдельности.

Сущность расчетно-экспериментального метода состоит в выборе способов моделирования многослойной структуры пневматических шин, на основе сопоставления с экспериментальными данными по эталонным шинам. Для исключения влияния линейных и угловых размеров конечных элементов (КЭ) на результаты расчетов проводится несколько расчетов с различными размерами КЭ и осуществляется экстраполяция результатов расчетов до значений размеров КЭ, соответствующих реальным расстояниям между нитями корда деталей шины, как показано на рисунке.



1 – кромка заворота каркаса; 2 – зона контакта с закраиной; 3 – граница бортовой кордной ленты; о – результаты расчета; х – экспериментальные данные.

Рисунок – это расчетные зависимости экстремальных значений НДС надбортовой зоны шины 175/70R13 модели И-Н251 от угловых размеров КЭ. Максимальные отличия предельных значений напряжений, полученных на основе экстраполяции расчетных величин, от экспериментальных данных составляют 8 – 16%.

**КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПОЛИМЕРНЫХ
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ТВЕРДОФАЗНОЙ ТЕХНОЛОГИИ**
*THE COMPLEX RESEARCH AND DESIGN OF POLYMER COMPOSITE
MATERIALS AND PRODUCTS BY METHODS OF SOLID-PHASE TECHNOLOGY*

**П.В.Комбарова - м.н.с., Д.Е.Кобзев - м.н.с., Д.О.Завражин - м.н.с.,
А.К.Разинин - м.н.с.**

Тамбовский государственный технический университет

Abstract. On the basis of comparative analysis of molecular – relaxation, structural-mechanical, thermo-physical and mass-transfer properties of polymer composites based on polysulfone (PSF), produced by liquid-phase (LPE) and solid-phase (SPE) extrusion, the common regularities of formation of molecular-topological structure and properties of an amorphous-crystalline polymer of pseudo-mesh structure as a result of its processing in solid phase have been revealed.

Комплексный подход к решению проблемы получения высокопрочных полимерных материалов и изделий заключается в объединении традиционных методов модификации полимеров органическими и неорганическими наполнителями с методами твердофазных технологий, позволяющими устранить недостатки традиционных жидкофазных технологий (ЖФЭ). Твердофазная технология (ТФЭ) является одним из технологических процессов ориентационного пластического деформирования полимеров в условиях высокого гидростатического давления при температурах значительно ниже температуры плавления основного полимера.

В данной работе в качестве модифицирующих добавок использовали углеродные наноматериалы (УНМ) производства ООО «Нано-техцентр» (г. Тамбов). Полученные образцы композитов на основе полисульфона (ПСФ) исследовались методом термомеханической спектроскопии. Было проведено сравнительное исследование молекулярно – топологического строения ПСФ – композита после ЖФЭ и ТФЭ при различном содержании УНМ. Было установлено, что в структуре композита сформировались две кристаллические модификации с различной плотностью упаковки цепей в кристаллах и, соответственно, с различной температурой начала их плавления. Суммарная степень кристалличности ПСФ – композита в сравнении с исходным ПСФ возросла почти в два раза после ТФЭ. При изучении структурно – механических показателей и усадочных процессов ПСФ – композитов после ТФЭ по сравнению с образцами, полученными ЖФЭ, показано существенное повышение (в 1,5-2раза) прочностных характеристик материала в направлении, перпендикулярном ориентации в режиме ТФЭ. Получены данные об уменьшении максимального влагопоглощения жидкофазным полимерным композитом ПСФ + УНМ с увеличением концентрации модифицирующей добавки, что объясняется сильно выраженными гидрофобными свойствами УНМ. Обработка давлением в режиме ТФЭ позволяет на 40% снизить количество содержащейся влаги в полимерном композите, не содержащем УНМ.

Полученные данные связаны с формированием новой молекулярно – топологической структуры материала в результате физической модификации с использованием небольших добавок углеродного наноматериала и направленной анизотропии полимерной системы в условиях ТФЭ.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках аналитической ведомственной Программы «Развитие научного потенциала высшей школы», код проекта РНП.2.2.1.1.5207.

ПЛАСТИЧНОСТЬ БОРИРОВАННЫХ СЛОЕВ

PLASTICITY OF BORATED LAYERS

С.Н. Ильин – студ., М.Г. Крукович – д.т.н. проф.

Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ)

Abstract. This article shows the possibility of increasing the borate layers' plasticity by using the laser and the electron - beam heating, which increases service life of the parts.

Пластичность борированных слоев определяется дисперсностью фаз и структурных составляющих. Основу долговечности деталей узлов трения с борированными покрытиями определяет некоторый запас их пластичности, оптимальный уровень которой находится в соответствии со свойствами материала и с условиями работы. Структурные составляющие борированных слоёв могут быть компактными и некомпактными, игольчатыми и слоистыми, с различной степенью дисперсности. Вместе со структурой подслоя они формируют окончательные свойства борированных сталей и их эксплуатационные характеристики.

Одним из эффективных способов повышения пластичности слоев, является формирование слоев с композиционной структурой, под которой понимают структуру, включающую, кроме боридов, одну или несколько дополнительных фаз, расположенных в слое произвольно или упорядоченно. Эти дополнительные фазы, как правило, имеют меньшую твердость в сравнении с боридами. Наличие в слое менее твердых дополнительных фаз повышает общую пластичность такого слоя, а присутствие в слое боридов делает его износостойким, т.е. слой построен по структурному «принципу Шарпи». Для композиционных структур, пластичность которых во много раз выше, чем сплошного боридного слоя, абразивное изнашивание значительно ниже из-за отсутствия сколов и трещин в поверхностном слое во всем рассматриваемом диапазоне скоростей скольжения. В композиционных структурах в результате пластической деформации при трении и изнашивании, приложенная нагрузка действует преимущественно на хрупкую составляющую. Энергия разрушения высокодисперсных частиц значительно больше энергии разрушения компактных боридов. Кроме того, твердые частицы боридов железа препятствуют движению дислокаций в α – твердом растворе и, тем самым, способствуют увеличению степени упрочнения самой матрицы.

Композиционная структура борированного слоя получалась при насыщении в жидкокристаллическом состоянии поверхности при применении традиционных методов, а также при лазерном и электронно-лучевом нагреве. В этих случаях обеспечивается получение слоев значительной толщины (до 1 мм), которые можно подвергать некоторой окончательной механической обработке (шлифованию, полировке).

Диспергирование компактных боридных слоев достигалось путем дополнительного их лазерного и электронно-лучевого нагрева без плавления. После обработки лазером при $\sim 1000^{\circ}\text{C}$ наблюдалось «залечивание» дефектов боридного слоя и образование фрагментированной структуры боридов. При этом снижалось количество хрупкой высокобористой фазы и повышалось напряжение скола, которое свидетельствовало о повышении пластичности. Лазерный нагрев боридного покрытия производили расфокусированным и сканирующим лучом в направлении поперечном его перемещению с частотой 220 Гц. Ширина зоны лазерного воздействия составила при обработке расфокусированным лучом 2,4...3,2 мм и 5,6...6,1 мм при обработке сканирующим лучом. Электронно-лучевая обработка обеспечила более глубокое воздействие, которое привело к росту слоя в глубину образцов и получению на поверхности специфической структуры, названной «китайскими иероглифами». Такая структура сохранила высокую твердость слоя при значительном повышении запаса пластичности. Применение диспергированных и фрагментированных борированных слоев повышает их эффективность и расширяет области использования

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ БОРИРОВАННЫХ СЛОЕВ

MODELING OF WEAR RESISTANCE OF BORATED LAYERS

Н.П. Ключков – студ., М.Г. Крукович – д.т.н., проф.

Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ)

Е.А. Бадерко – д.ф.-м.н., проф.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Abstract. Modeling of wear process of borated layers requires of the accounting of multiple characteristics. The article gives some recommendations for the wear resistance calculation.

Борирование обеспечивает получение различных по свойствам и строению слоев, повышающих износостойкость деталей и инструментов в 2 и более раз. Борированные слои являются гетерогенными по структуре, как вдоль поверхности трения, так и по мере удаления от нее в глубь детали. Это приводит к изменению трибологических свойств по мере изнашивания слоя. Поэтому применение существующих методик прогнозирования износостойкости таких слоев не всегда является удобным и не приводит к получению корректных результатов. В частности, использование методики, предложенной Дроздовым Ю.Н., требует знания многих физических характеристик слоя, которые либо еще не определены для борированных слоев, либо являются переменными в продольном и поперечном сечении. Например, отклонение шероховатостей контактирующих поверхностей и ее характеристики, напряженное состояние, твердость, время разрушения и восстановления защитных пленок, температура поверхности в месте изнашивания.

Прогностическую оценку износостойкости диффузионных борированных слоев целесообразно производить с учетом критериальных значений пластичности конкретного слоя, коэффициента трения, скорости скольжения, напряженного состояния и контактных давлений. Критерием пластичности диффузионных слоев служит их способность сопротивляться скалыванию, которая названа напряжением скола ($\bar{\sigma}_{ск}$) и рассчитывается по формуле: $\bar{\sigma}_{ск} = 0,174 \cdot P / (2 \cdot l^2 + l \cdot c)$, где P - нагрузка, кгс; l - расстояние от центра отпечатка до края образца при измерении микротвердости, мм; c - длина диагональ отпечатка, мм.

Для проведения сравнительного прогностического расчёта предлагается следующая эмпирическая формула для оценки относительной износостойкости диффузионных слоев:

$$U = 10(1 - \delta) \cdot (\sqrt{\sigma_{ск}})^{-1} HV \cdot \exp \{ \sqrt{m \sigma_{ск}} - n \cdot \bar{\sigma}_{ск} - k \cdot f - e \cdot v \}$$

где HV - твердость гомогенного диффузионного слоя или композиционной гетерогенной структуры; δ - относительное удлинение рассматриваемого слоя или материала, в %. При отсутствии этой характеристики её следует рассчитать по формуле: $\delta(\%) \approx 4 \cdot 10^{-3} \cdot (HV)^{-1}$; $\bar{\sigma}_{ск}$ - удельное давление, кгс/мм²; f - коэффициент трения, для определения которого может быть применена формула, приведенная в работе Бирюкова В.П.; v - скорость скольжения, м/с; m, n, k, e - эмпирические коэффициенты, определенные из закономерностей влияния соответствующих факторов.

Учет переменной твердости по сечению слоя, имеющего гетерогенное строение при переходе фазовых границ по мере изнашивания, проводится для двухфазного слоя в каждой горизонтальной плоскости с шагом i : $HV = [HV_1(1 - x_i) + HV_2(x_i)]$ при $i=0, 1, \dots, m$; где x - толщина гетерофазной зоны слоя, HV_1 и HV_2 соответствующие твердости фаз. По переменной твердости проводится коррекция напряжений скола и коэффициента трения. После расчета условной износостойкости каждой зоны слоя определяют суммарную износостойкость всего борированного слоя. Расчётная износостойкость используется как сравнительная характеристика работоспособности различных диффузионных слоёв и компактных материалов в конкретных условиях эксплуатации.

АЗОТИРОВАНИЕ ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ В ТВЕРДЫХ СРЕДАХ *NITRIDING OF ALLOY STEELS IN THE SOLID MEDIUMS*

В.В. Онасенко – студ., **М.Г. Крукович** – д.т.н. проф.

Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ)

Abstract. The paper presents the results of investigations nitriding process of alloy steels in the powder medium. It was shown that elaborated technology given the service life of tools.

В инструментальном производстве машиностроительных заводов и ремонтных предприятий часто возникает необходимость повышения износостойкости деталей и инструментов мелкосерийного и единичного производства. Одним из путей, обеспечивающих решение данной проблемы, является азотирование в твердых порошковых средах. Такому упрочнению подвергаются инструменты и детали, изготовленные из легированных средне- и высокоуглеродистых сталей (40X, 38X2МЮА, X12, X12M1, P6M5, 4X5MФC, 40X13, 3X2B8, 7X3, X, ШХ15 и т.п.). При этом обеспечивается полная экологичность процесса по сравнению с жидкостным процессом в цианистых ваннах, и по сравнению с газовыми процессами, требующими специализированного оборудования и очистки отходящих газов.

Нами исследовался процесс насыщения азотом и углеродом в порошковой среде на основе углерода, красной кровяной соли и фтористого аммония. Процесс насыщения проводился при 550⁰С в течение 3 ч. в металлических контейнерах с плавким затвором на основе кварцевого песка и борного ангидрида. Плавкий затвор обеспечивал защиту обрабатываемых образцов и насыщающей смеси от кислорода воздуха. Нагрев упакованных контейнеров с образцами проводили в электрической камерной нагревательной печи. Нагрев может проводиться в любых нагревательных печах или с использованием внепечного нагрева: электроконтактного, электротермического, ТВЧ.

В результате обработки сталей 40X и 4X5MФC были получены карбозотированные слои с преимущественным содержанием азота. Слои состояли из светлой нетравящейся зоны нитрида железа, толщиной 15 мкм на стали 40X и 10 мкм на стали 4X5MФC. Твердость этой зоны составляла ~ 1200 HV. Под этим слоем располагалась зона - твердого раствора азота и углерода в железе с включениями легированных нитридов высокой степени дисперсности. Толщина этой зоны составляла на стали 40X – 0,5 мм, а на стали 4X5MФC – 0,35 мм. Твердость ее непосредственно под слоем нитридов составляла 1000 HV для стали 40X и 1100 HV для стали 4X5MФC. По мере удаления от поверхности в глубь образцов твердость плавно снижалась до твердости сердцевины. Т.е. полученные слои полностью идентичны по структуре и строению слоям, получаемым другими распространенными процессами азотирования и, следовательно, обеспечат повышение эксплуатационной стойкости инструментов и деталей.

Упрочнению может подвергаться режущий инструмент (резцы, фрезы, ножи, сверла, метчики и т.п.), штамповый формообразующий (клейма, вытяжные, чеканочные, высадочные, отбортовочные штампы и пуансоны), и разделительный инструмент (дисковые и гильотинные лезвия ножниц, отрезные, вырубные и пробивочные штампы и пуансоны), мерительный инструмент (скобы, шаблоны, калибры и т.п.), а так же детали машин всевозможного назначения (направляющие, шестерни, звездочки, плунжерные пары, клапана, кулачковые и коленчатые валы, втулки и т.п.).

Отработанная 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 0,1 от стоимости обрабатываемых инструментов и деталей. Ожидаемое повышение стойкости при правильном выборе режимов термической обработки и упрочнения, а также состава насыщающей смеси составит более чем в 2 раза.

КОЭФФИЦИЕНТЫ АККОМОДАЦИИ ДЛЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВОДОРОДА НА ПОВЕРХНОСТИ ГРАФИТА

ACCOMMODATION COEFFICIENTS FOR HYDROGEN MOLECULES ON GRAPHITE SURFACE

В.Л. Ковалев - д.ф.-м.н., проф., А.Н. Якунчиков - к.ф.-м.н.
Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова

Abstract. The scattering of hydrogen molecules from graphite surface was studied through molecular dynamics simulation. The trajectories of the hydrogen molecules and surface atoms were calculated. The distributions of velocity and energy after reflection was obtained depending on direction and quantity of the initial velocity. The energy and tangential momentum accommodation coefficients was calculated for cases where incident velocity distribution can be approximated by Maxwellian function and mean velocity is negligible. Obtained coefficients is in satisfactory agreement with experimental data.

Методом молекулярно-динамического моделирования рассчитывались траектории отражения молекул водорода от поверхности графита при учете теплового движения атомов углерода. Расчет движения атомов углерода и молекул водорода проводился в соответствии с классическими уравнениями движения, которые численно интегрировались с постоянным шагом по времени $\Delta t = 0.5 \cdot 10^{-15}$ с. Взаимодействие между атомами углерода описывалось упругим потенциалом: $U_{CC}(r) = K(r-b)^2$, где $K = 326 \text{ Дж/м}^2$ – константа растяжения (сжатия) связи, $b = 1.4 \text{ \AA}$ – равновесная длина связи, r – текущая длина связи. Для описания взаимодействия пар атомов углерода из разных слоев и взаимодействия атома углерода с молекулой водорода использовался потенциал Леннарда-Джонса. Для каждой температуры поверхности $T_w = 87 \text{ К}$, 283 К , 1120 К было рассчитано порядка $10^6 - 10^7$ траекторий для различных направлений и углов начальной скорости. Было получено, что рассеяние на рассматриваемой поверхности можно считать изотропным.

Далее рассчитывались коэффициенты аккомодации для случая медленных течений (рис.1). Получено, что эти величины убывают с ростом температуры газа. При этом температура поверхности оказывает существенное влияние на процессы аккомодации при температурах газа $20 - 400 \text{ К}$. При высоких температурах газа ($> 900 \text{ К}$) зависимость от температуры стенки ослабевает и коэффициенты α и f принимают значения $0.1 - 0.2$ в широком диапазоне температур поверхности $T_w = 90 - 1100 \text{ К}$, что подтверждается экспериментальными результатами. Установлено, что высокие значения коэффициентов аккомодации при низких температурах объясняются увеличением времени пребывания молекул водорода в физически адсорбированном состоянии.

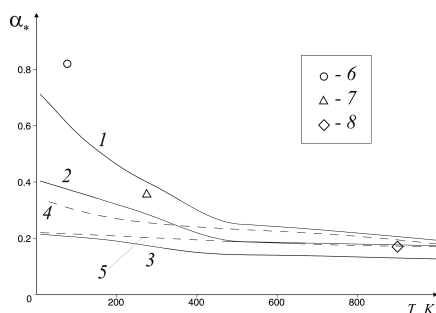


Рис. 1. Зависимость коэффициентов аккомодации касательного импульса и энергии от температуры газа: 1, 2, 3 – при температурах стенки $T_w = 87 \text{ К}$, 283 К , 1120 К соответственно; 4, 5 – расчеты для $T_w = 100 \text{ К}$, 1000 К соответственно; 6, 7 – эксперимент для ($T_w = 87 \text{ К}$, $T = 77 \text{ К}$) и ($T_w = 283 \text{ К}$, $T = 273 \text{ К}$); 8 – эксперимент для $T_w = 1120 \text{ К}$, $T = 900 \text{ К}$.

Расчеты проведены на суперкомпьютерном комплексе СКИФ-МГУ «Чебышев». Работа выполнена при поддержке РФФИ (№ 08-01-00230 а) и ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (контракт 02.740.11.0615).

**ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСА СВОЙСТВ НАПОЛНЕННЫХ
КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ
СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА**
*RESEARCH OF PROPERTIES COMPLEX OF FILLED COMPOSITE
MATERIALS ON BASIS OF ULTRA HIGH MOLECULAR WEIGHT
POLYETHYLENE*

А.И. Зиганшин - магистрант, **А.А. Кондратюк** - к.т.н., доц.
Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет

Abstract. This article shows influence of UHMWPE composition on its mechanical, thermophysical and dielectric properties.

Создание приборов и машин нового поколения с высокими технико-техно-экономическими характеристиками, отличающихся высокой надёжностью и долговечностью, тесно связано с применением новых перспективных конструкционных материалов, в том числе полимерных, на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ). СВМПЭ устойчив к воздействию радиации и вакуума, сохраняет конструкционные характеристики при температуре до -180°C , имеет низкий коэффициент трения, износостоек [1,2].

Авторами методом горячего прессования были изготовлены образцы композиций для исследований, на основе СВМПЭ, в которые в качестве модификаторов – наполнителей были введены мелкодисперсная медь в количествах от 3% до 81% или же порошок нитрида бора в количестве от 3% до 35%. Измерение механических характеристик проводилось с использованием машины “Instron” модель 5582, твердомеров, универсальной исследовательской установки “Импульс 1-Р”, теплофизические и диэлектрические с использованием трёхэлектродной схемы измерения удельного объёмного сопротивления и измерителя теплоёмкости “ИТ-С-400”. Диапазон рабочих температур от 20°C до 150°C . Определены численные значения всех вышеперечисленных исследуемых величин и влияние на них концентрации вводимых наполнителей [3,4].

Полученные экспериментальные данные могут быть использованы при расчёте и проектировании приборов и механизмов, применяемых в электротехнической промышленности и атомной энергетике.

Литература

1. Сверхвысокомолекулярный полиэтилен высокой плотности/И. Н. Андреева, Е. В. Веселовская, Е. И. Наливайко и др. Л.: Химия, 1982. 80 с.
2. Технические свойства полимерных материалов: Уч.-справ. Пос. /В.К.Крыжановский, В.В.Бурлов, А.Д.Паниматченко, Ю.В.Крыжановская. СПб., Изд-во «Профессия», 2003. 240 с.
3. Полимерные композиционные материалы: Научное издание / Баженов С.Л., Берлин А.А., Ошмян В.Г. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2010. 352 с.
4. Kondratyuk A.A., Mulenkov A.N. “Influence of quantity of filler on mechanical strength of polymer”, The Third International Conference Deformation and Fracture of Materials and Nanomaterials (DFMN 2009). Moscow, Russia. 2009. V.II, P. 106-107.

Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы, проект НК – 616П(8), ГК № П 920.

**ОБРАЗОВАНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ
БОРИДНЫХ ПОКРЫТИЙ НА СТАЛЯХ ПРИ ТВЧ-НАГРЕВЕ**
*FORMATION OF NANOSTRUCTURES THE BORIDES COATINGS
ON STEELS BY RFC-HEATING*

Н.М. Мишустин - аспирант, **А.В. Ишков** - к.х.н., д.т.н., проф.,
В.В. Иванайский - к.т.н., доц., **Н.Т. Кривочуров** - к.т.н., доц.
ФГОУ ВПО «Алтайский государственный аграрный университет»

Abstract. In the abstract results of research the processes of formation the nanostructures of borides coatings by interacting a surface of steel with B_4C and amorphous B in medium of flux with additives of various activators of borating given, at high-speed by induction-heating (RFC-heating).

Для улучшения физико-механических характеристик поверхности различных деталей, их упрочнения и повышения срока службы в машиностроении широко применяются методы химико-термической обработки (ХТО), среди которых особое место занимает борирование. При борировании на поверхности стальной детали удается получить протяженные структурированные, функциональные слои. Однако большинство из известных процессов борирования длительны и плохо встраиваются в технологические схемы современных производств. Интенсификация процессов ХТО может осуществляться применением технологий кратковременного, высокоскоростного нагрева поверхности стальной детали с нанесенным на нее борирующим составом токами высокой частоты (ТВЧ-нагрев) до температур образования новых фаз и эвтектик (900-1300 °C) в системах $Fe-B$, $Fe-B-C$ и $Fe-Me-B-C$, где Me - это легирующий элемент из группы Cr , Mn , Ni и т.п.

Нами была исследована возможность получения боридных покрытий в условиях ТВЧ-нагрева сталей, их характеристики, а также влияние природы борирующего агента, добавок флюсов и активаторов в борирующем составе на их структуру.

Например, при ТВЧ-нагреве марганцевой стали 65Г, покрытой исследуемыми борирующими составами при выбранных параметрах процесса на всех образцах образуются очень твердые покрытия, по внешнему виду напоминающие слой наплавленного твердого сплава. Рентгенофазовый анализ материала покрытий показал присутствие в них $\alpha-Fe$, боридов FeB и Fe_2B (основные фазы), карбоборидов $Fe_3(C,B)$ и $Fe_{23}(C,B)_6$, различных мета- и ортоборатов железа (Fe_3BO_3 , Fe_3BO_6 , Fe_3BO_5), следы вюстита FeO и шпинели $FeO-Fe_2O_3$. Таким образом, при ТВЧ-нагреве сталей под слоем плавящего флюса для индукционной наплавки, содержащего от 84 до 90 % борирующих агентов на их поверхности образуются сложные боридные фазы, упрочняющие поверхность детали и прочно с ней связанные, а окисные пленки удаляются вместе со шлаком.

Наиболее эффективным борирующим агентом при ТВЧ-нагреве оказался аморфный бор, который в присутствии флюса и активатора CaF_2 при оптимальных условиях образует на поверхности стали плотные, наноструктурированные зернистые слои, глубиной до 800 мкм с микротвердостью до 2400-2500 HV, однако технологически и экономически более выгодно проводить борирование из двухкомпонентных смесей, содержащих карбид бора и плавящий боратный флюс для индукционной наплавки. При этом на поверхности сталей всего за 1 мин образуется метастабильное двухфазное боридное покрытие (Fe_2B , FeB) с микротвердостью до 1050-1120 и толщиной слоя 120-280 мкм, которое при борировании в течении уже 2 мин превращается в однофазную наноструктурированную зернистую структуру с твердостью до 2300-2400 HV.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО
МАТЕРИАЛА С ПРИМЕНЕНИЕМ ФУНКЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ**
*INVESTIGATION OF DEFORMATION OF COMPOSITE MATERIAL
WITH USING FUNCTION OF EFFORT*

П.В. Бреховских - студент, **Н.М.Бодунов** - к.т.н., доц.

Казанский государственный технический университет им. А.Н. Туполева

Abstract. In this work investigations axis-simmetrition deformation of detail rotation, made of one-orientation composite material. Problem of theory of resilience decides with help basis functions.

Однонаправленные композиционные детали (трубы, стержни, профили, оболочки и др.), в том числе тела вращения, составляют значительную часть в конструкциях современных ЛА. Рассматриваются некоторые решения задачи деформирования авиационных конструкций из трансверсально-изотропного материала, использующие полиномиальные решения системы уравнений линейной теории упругости для анизотропной среды в случае осесимметричной деформации. При осесимметричной деформации трансверсально-изотропного тела все напряжения могут быть выражены через одну функцию напряжений.

При этом функция φ должна удовлетворять следующему уравнению:

$$\frac{\partial^4 \varphi}{\partial r^4} + \frac{2}{r} \frac{\partial^3 \varphi}{\partial r^3} - \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2} + \frac{1}{r^3} \frac{\partial \varphi}{\partial r} + A \frac{\partial^4 \varphi}{\partial r^2 \partial z^2} + \frac{A}{r} \frac{\partial^3 \varphi}{\partial r \partial z^2} + B \frac{\partial^4 \varphi}{\partial z^4} = 0 \quad (1)$$

В работе найдено полиномиальное решение уравнения (1) в виде

$$\begin{aligned} \varphi(r, z) = & \sum_{\alpha=1}^N A_{\alpha} U_{\alpha}(r, z) = A_1 + A_2 (c_{02} r^2 + c_{22} z^2) + \\ & + A_3 (c_{13} r^2 z + c_{33} z^3) + \\ & + A_4 \left[c_{04} \left(r^4 - \frac{8}{3B} z^4 \right) + c_{24} \left(r^2 z^2 - \frac{A}{3B} z^4 \right) \right] + \\ & A_5 \left[c_{15} \left(r^4 z - \frac{8}{15B} z^5 \right) + c_{35} \left(r^2 z^3 - \frac{A}{5B} z^5 \right) \right] + \dots + A_N U_N(r, z). \end{aligned} \quad (2)$$

Граничные условия в случае заданных на боковой поверхности усилий R_n и Z_n сводятся к условиям на меридиане поверхности вращения и имеют следующий вид:

$$\sigma_r \cos(n, r) + \tau_{rz} \cos(n, z) = R_n, \quad \tau_{rz} \cos(n, r) + \sigma_z \cos(n, z) = Z_n. \quad (3)$$

Произвольные коэффициенты A_{α} , входящие в решение (2) подлежат определению. Их количество зависит от выбора метода решения граничной задачи. Коэффициенты разложения A_{α} , обеспечивающие наилучшую аппроксимацию граничных условий (3) найдем с помощью метода взвешенных невязок или метода коллокаций.

Процедура, описанная в работе по нахождению полиномиальных решений по рекуррентной формуле, дает достаточно простой алгоритм для последовательного построения полиномиальных решений любой степени α .

**МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ УКЛАДКИ ОПТИМАЛЬНЫХ
ТРАЕКТОРИЙ ВОЛОКОН В КМ, НАХОДЯЩИХСЯ В УСЛОВИЯХ
НЕОДНОРОДНОГО СЛОЖНОГО НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ**
*DESIGN METHOD OF OPTIMAL FIBERS TRAJECTORIES FOR COMPOSITE
STRUCTURES UNDER COMPLEX NON-UNIFORM STRESS – STATE*

А.В.Малахов – м.н.с., **А.Н.Полилов** – д.т.н., проф.
Институт машиноведения им.А.А.Благонравова РАН

Abstract. The paper deals with the computer method for fiber trajectories design in condition of stress concentration near a hole..

Современные методы расчета позволяют спроектировать оптимальные конструкции из КМ (композиционных материалов) для простого напряженного состояния. Однако, если конструкция находится в неоднородном сложном напряженном состоянии, то спроектировать оптимальную конструкцию составляет большую сложность, используя прямую укладку волокон, а порой просто не возможно.

Как известно, дерево является КМ и, вероятно, что укладка в нем оптимальна. Поэтому были получены деревянные образцы с сучками и проанализирована укладка волокон в этих образцах. Деревянные образцы с сучками можно интерпретировать как образцы пластин с отверстиями и распределение напряжений в этих образцах будет аналогично распределению напряжений в пластине с отверстием. Была предложена гипотеза, что волокна в деревянных образцах укладываются по линиям максимальных главных напряжений (рис.1) при одноосном растяжении вдоль оси ствола дерева, т.е. в продольном направлении волокна отсутствуют касательные напряжения. По результатам проверки этой гипотезы выявлено, что линии главных напряжений в пластине с отверстием похожи на укладку волокон в деревянных образцах. Необходимо провести дальнейшие исследования, чтобы выяснить несущую способность полученной укладки волокон.

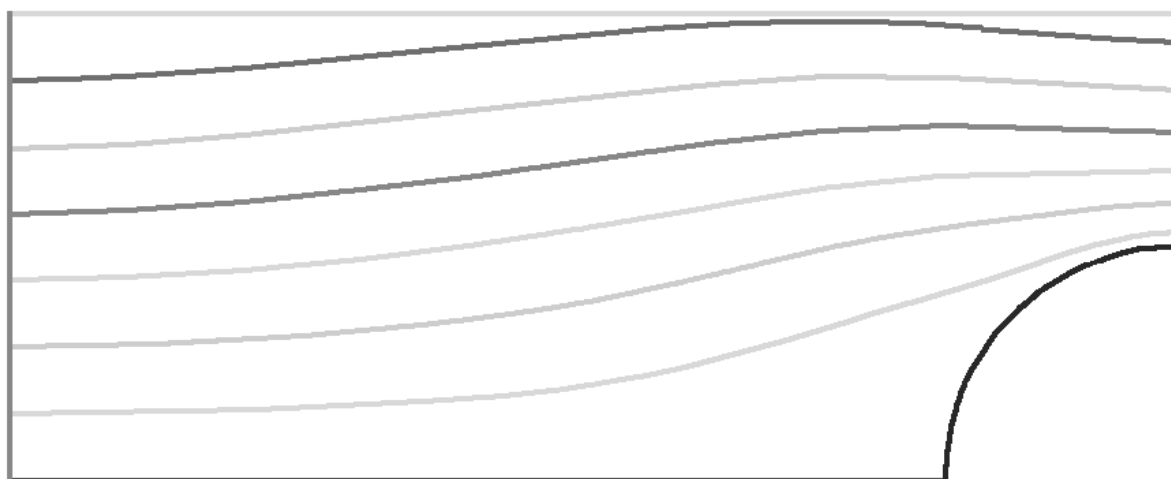


Рис. 1 Пример линий напряжений в пластине с отверстием

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 08-08-00166-а «Методы конструирования, расчета и оптимизации композитных элементов и мест их крепления»

**ОЦЕНКА СВОЙСТВ МЕДНЫХ ПОКРЫТИЙ НАНЕСЕННЫХ
ГАЗОДИНАМИЧЕСКИМ НАПЫЛЕНИЕМ**
*CONSUMER VALUE OF COPPER COVERAGES PLOTTED
GAS-DYNAMIC THE DUSTING*

М.С.Пугачёв, Г.В. Москвитин, В.Е.Архипов, А.Ф.Лондарский, А.Ф.Мельшанов
Институт машиноведения им.А.А.Благонравова РАН

Abstract. It is displayed, that the basic mechanism of shaping of structure and properties at a spraying with low temperature of a stream of air is the strain of plastic corpuscles of cuprum corundum. Possible areas of application of production engineering gas-dynamic cuprum dusting in engineering industry are generated.

Газодинамические установки (ГДУ) представляют собой малогабаритные устройства, в которых за счёт использования аэродинамического сопла можно получать струю газа - воздуха со сверхзвуковой скоростью. При введении в струю воздуха пластичные частицы: меди, цинка, алюминия можно наносить на поверхность изделий разнообразные по свойствам защитные, декоративные или токопроводящие покрытия.

Однако, есть области машиностроения, где использование газодинамического нанесения покрытия, например меди позволит решить не только задачи повышения ресурса деталей, но и улучшения экологической безопасности производства. Повышение ресурса может быть обеспечено нанесением качественного покрытия меди толщиной 10^{-4} м и более на сопряжённые поверхности деталей. Решение проблемы повышения экологической безопасности производства может быть обеспечено за счёт замены вредных технологических процессов. Например, медное покрытие на детали из электротехнической стали получают с использованием гальванического метода осаждения.

При проведении экспериментов по напылению покрытия меди использовалась газодинамическая установка модели «ДИМЕТ», которая позволяет проводить обработку поверхности как твёрдыми, так и пластичными частицами с подогревом потока воздуха.

Полученные результаты показывают, что на формирование структуры и свойств покрытия меди, полученного при газодинамическом напылении с температурой $\leq 300^{\circ}\text{C}$, основное влияние оказывает скорость и энергия частиц с учётом времени обработки, на формирование структуры и свойств покрытия меди, полученного при напылении с температурой $\geq 400^{\circ}\text{C}$, влияние оказывает скорость и энергия частиц, а так же тепловое воздействие нагретого воздуха с учётом времени обработки. С использованием газодинамической установки можно наносить покрытия меди с твёрдостью до ≈ 1260 МПа, что соответствует твёрдости латуни, подвергнутой обработке со степенью деформации 30-50%. В структуре упрочнённой меди выявлены дефекты, имеющие размер по двум координатам порядка $1,0 \times 1,5 \times 10^{-5}$ м, что, с учётом высокой твёрдости, можно рассматривать как положительный элемент повышения триботехнических характеристик поверхности за счёт формирования «масляных карманов». Твёрдость, как и толщину покрытия меди, можно изменять и регулировать за счёт таких технологических параметров напыления как: температура воздуха, расстояние от среза сопла до напыляемой поверхности, расход порошка, скорость перемещения сопла относительно поверхности и время напыления. В целом, результаты показывают, что процесс газодинамического нанесения покрытия меди на сталь может оказаться весьма перспективным для создания опорных поверхностей трения, а так же замены гальванических методов осаждения меди.

**РЕЛАКСАЦИЯ ОСТАТОЧНЫХ ВНУТРЕННИХ НАПРЯЖЕНИЙ
В ТЕРМОУПРОЧНЯЕМЫХ ДЕФОРМИРУЕМЫХ
АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВАХ**

*INTERNAL STRESS RELAXATION IN THERMOSTRENGTHENED
WROUGHT ALUMINUM ALLOY*

С.А. Герасимов, О.В. Машкарова

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана

Создание новых технологий обработки, для сложно-обрабатываемых деформируемых алюминиевых сплавов типа Д16, АК6, В95 их анализ и освоение в производственных условиях открывают возможность в широком формате избежать брака на предприятиях страны. В частности эта задача актуальна для обработки деталей, изготавливаемых в «КБ «ТочМаш» им. А. Э. Нудельмана». Целью данной работы является исследование особенностей механизма деформационной стабилизации заготовок из деформируемого термоупрочняемого алюминиевого сплава типа АК6, приводящего к релаксации остаточных внутренних напряжений и как следствие стабильности точных размеров после окончательной механической обработки.

1. Процесс термомеханической обработки (ТМО), заключающийся во введении между операциями закалки и старения деформационной стабилизации посредством прессования позволяет добиться отличных результатов за счет положительного влияния деформирования на эффект последующего старения;

2. Выбор нижнего предела температуры под закалку не может гарантировать достаточную степень перехода упрочняющих компонентов в твёрдый раствор. Данный аспект, в свою очередь, может послужить серьёзным препятствием на пути создания процентной доли локальных несовершенств кристаллической решетки твердого раствора, способных обеспечить наличие ближнего порядка после старения. Поэтому совместное действие оптимального режима закалки и деформирования способствует получению высоких прочностных свойств и релаксации напряжений после окончательной термообработки, за счет дополнительного модифицирования структуры закалки прессованием;

3. Благодаря данной схеме ТМО стало возможным существенно снизить остаточные внутренние напряжения, величина которых определяет последующее поведение металла при окончательной механической обработке.

**АЛЮМОМАТРИЧНЫЕ ДИСПЕРСНО-НАПОЛНЕННЫЕ
КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ
АНТИФРИКЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ**
*ALUMINIUM-MATRIX COMPOSITE MATERIALS
OF ANTIFRICTION PURPOSE FOR ENGINEERING*

Р.С.Михеев - к.т.н., м.н.с., **Т.А.Чернышова** - д.т.н., проф., г.н.с., **Л.И.Кобелева** - к.т.н., с.н.с.
Учреждение РАН Институт металлургии и материаловедения им. А.А.Байкова РАН

Abstract. Composite materials (CM) based on aluminium alloys reinforced with ceramic particles were fabricated by stir casting method. It was shown that fabricated CMs had the same friction coefficient and increased wear resistance by 2-4 times then antifriction alloy Al-20Sn-1Cu.

Причиной выхода из строя до 80% механизмов и машин является износ подвижных сопряжений и рабочих органов в результате трения. Поэтому разработка и создание новых конструктивных и функциональных материалов для узлов трения является весьма актуальной. Новым классом таких материалов, обладающих комплексом эксплуатационных свойств, который не может быть достигнут на базе традиционных материалов, являются композиционные материалы (КМ). Дисперсно-наполненные алюмоматричные КМ характеризуются повышенными значениями удельной прочности и жесткости, размерной стабильности, демпфирующей способности, электро- и теплопроводности и малого удельного веса, что обеспечивает снижение массы изделий при одновременном повышении надежности и ресурса работы. Согласно результатам работ отечественных и зарубежных исследователей при соответствующем выборе материала матрицы, размера, доли и типа армирующих частиц такие КМ обладают низкими значениями коэффициента трения, а также высокой износостойкостью и задиростойкостью в широком интервале температур. Кроме того, хорошие литейные свойства, возможность пластической и механической обработки, малый вес и низкая стоимость делают экономически целесообразным применение таких материалов в машиностроении.

В представленной работе КМ изготавливали по литейной технологии методом механического замешивания наполнителя (в количестве до 10 мас.%) в матричный расплав. В качестве матричного сплава для изготовления КМ применяли высокопрочные литейные алюминиевые сплавы системы Al-Si – АК12, АК12М2МгН. Наполнителями служили частицы SiC (средний размер - 40 мкм) и TiC (фракция 40-100 мкм). Литые образцы КМ испытывали на трение скольжения без смазки против контртела из стали 40Х (HRC≥45) на машинах трения МТУ-01 и СЕТР УМТ (скорость скольжения 0,39 м/с, нагрузки 0,2-0,7 МПа). Результаты трибоиспытаний КМ сравнивали с такими антифрикционного алюминиевого сплава АОМ20-1.

Исследования показали, что введение армирующих частиц в матричные сплавы расширяет допустимый диапазон трибоагружения, приводит к снижению коэффициента трения и повышению износостойкости. При этом КМ системы Al-TiC характеризуются меньшими значениями коэффициента трения и интенсивности изнашивания по сравнению с КМ системы Al-SiC. Армирование керамическими частицами повышает задиростойкость: если антифрикционный сплав АОМ 20-1 переходил в задир при нагрузке 0,46 МПа и более, то образцы КМ в задир не переходили во всем диапазоне опробованных нагрузок (до 0,7 МПа). Значения коэффициента трения сплава АОМ 20-1 и КМ при равных параметрах трибоагружения примерно одинаковые, а износостойкость КМ в 2-4 раза выше. Таким образом, показано, что замена традиционных антифрикционных материалов, применяемых в узлах трения, на КМ позволяет существенно расширить диапазон допустимых нагрузок, повысить в 2-4 раза износостойкость при сохранении антифрикционности.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ (10-08-90017-Бел_а, 08-03-12024-офи).

ИЗГОТОВЛЕНИЕ И СПОСОБ СВАРКИ ПУЧКОВЫМ ЭЛЕКТРОДОМ, СОДЕРЖАЩИМ НАНОПОРОШКИ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ *MANUFACTURING AND METHOD OF WELDING BY BUNDLE ELECTRODE WHICH CONTAINS NANOPOWDERS OF CHEMICAL COMPOUNDS*

А.А.Мишин¹ – аспирант, Г.Г.Крушенко^{2, 1} – д.т.н., проф., С.Н.Решетникова¹ – к.т.н.

¹Сибирский государственный аэрокосмический университет, Красноярск

²Институт вычислительного моделирования СО РАН, Красноярск

Abstract. The technology of manufacturing and welding by fibrous structure electrode (bundle electrode) which contains Nan powders of chemical compounds is developed.

С применением способа прессования композиции, состоящей из частиц алюминия или алюминиевых деформируемых сплавов и нанопорошков (НП) тугоплавких высокопрочных химических соединений, полученных методом плазмохимического синтеза (AlN ; Al_2O_3 ; B_4C ; BN ; Cr_2O_3 ; HfB_2 ; HfN ; LaB_6 ; SiC ; Si_3N_4 ; TaN ; TiC_xN_y ; $\text{TiC}_x\text{N}_y\text{O}_z$; TiN ; TiO_2 ; Ti_5Si_3 ; VC ; VCN ; ZrB_2) и электродугового синтеза (Al_2O_3), разработана технология изготовления нового класса сварочных электродов, внутренний объем которых имеет волокнистую структуру. Содержание НП в электродах составляет 1,7-3,0 масс. %. В прутках $\varnothing 9,5$ мм насчитывалось от 1100 до 1200 плотно скомпонованных и вытянутых в направлении волокон сечением $0,005 \dots 0,075 \text{ мм}^2$, 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 изготовлении объемных сварных конструкций транспортного средства из листов алюминиевого деформируемого сплава АМг6 с использованием присадочной проволоки, изготовленной из этого же сплава, не всегда обеспечивалась требуемая прочность сварного соединения. Причиной этого оказался тот факт, что металл сварного шва отличался от металла листа более крупным зерном α -твердого раствора и более крупными выделениями β -фазы (Al_3Mg_2) по их границам.

По разработанной технологии при сварке объемной конструкции из листа сплава АМг6 толщиной 3 мм применяли прутки-электрод $\varnothing 8$ мм, содержащий порядка 2,0% одного из НП – BN , или LaB_6 , или TiCN . Сварку производили с помощью автоматической установки в среде аргона по слою флюса АН-АЧ. Свойства шва оценивали по величине σ_b при испытании вырезанных из сваренной конструкции плоских образцов с размерами 15x50 мм.

Результаты испытаний показали, что σ_b металла в области сварного шва при сварке прутком, содержащим НП BN , составляет 333 МПа, НП LaB_6 – 338 МПа и НП TiCN – 345 МПа. Эти значения оказались соответственно выше на 4,1; 5,6 и 7,8%, чем имеют образцы из сплава АМг6 (320 МПа), сваренные по стандартной технологии электродом из этого же сплава. Можно полагать, что рост σ_b связан не только с измельчением структуры шва, но и с дисперсионным упрочнением α -твердого раствора сплава тонкодисперсными частицами НП.

Зерно в сварном шве мелкое ($\sim 0,01$ - $0,03$ мм), равноосное, в среднем его величина меньше, чем зерно основного металла в 17,5 раз. В микроструктуре сварного шва, в переходной зоне и в основном металле дефектов сварки не обнаружено.

Микроструктура основного металла представляет собой α -твердый раствор + мелкодисперсные интерметаллидные фазы, что соответствует структуре алюминиевого сплава типа магналии. Величина зерна $\sim 0,3$ - $0,4$ мм. Зерно вытянуто вдоль направления прокатки, границы зерен тонкие, чистые.

**ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ
КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА С ЗАДАННЫМ
КОМПЛЕКСОМ МЕХАНИЧЕСКИХ
И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ**

*RATIONALE FOR THE CHOICE METHOD USED TO OBTAIN
A COMPOSITE'S MATERIAL WITH A GIVEN SET OF MECHANICAL
AND PERFORMANCE PROPERTIES*

М.В. Курганова¹ –технолог, **Ю.А. Курганова**² – д.т.н., проф.

¹ООО «Теплотранс»

²Ульяновский государственный технический университет

Abstract. The paper presents an analysis and promising way of obtaining functional dispersion-strengthened cast composite material of a given composition by introducing tablets briquettes in an aluminum matrix melt.

Анализ известных методов получения дисперсно-упрочненных композиционных материалов показал перспективность способа введения в жидкий расплав таблетированных брикетов (патент на изобретение №2353475 «Литой композиционный материал на основе алюминиевого сплава и способ его получения»). Актуальной задачей является разработка и установление влияния технологических параметров процесса изготовления таблетированных брикетов на структуру и свойства композиционных материалов.

Технологический процесс получения таблетированного брикета отличается от традиционного процесса получения порошковых заготовок рядом моментов. Состав таблетированного брикета обусловлен предъявляемыми требованиями к получаемому композиционному материалу. С точки зрения повышения износостойкости материала выбран карбида кремния. Сочетание карбида кремния с алюминиевыми сплавами обеспечивает повышение прочностных показателей в 1,5 раза.

Поскольку получение брикета нацелено на введение в алюминиевый матричный расплав дисперсно-упрочняющей армирующей составляющей и использование композиционного материала в качестве антифрикционного материала, предполагается насыщение SiC содержанием 5-7 %. Теоретические расчеты позволили оценить содержание армирующей фазы в таблетке в 25%. Для облегчения процесса прессования и получения заготовки целесообразно применение технологической присадки – пластификатора, выбран стеарат цинка, стабилизатор ПВХ марки С ТУ 6-09-17-316-96.

Смеси составов из частиц матричных сплавов, армирующих компонентов, добавок и присадок (пластификаторов, облегчающих процесс прессования) необходимо разделить по группам, просеять, для изделий более мелких фракций (менее 10 мкм) с использованием воздушной сепарации, а затем интенсивно перемешать.

Формирование брикета осуществляют при одностороннем прессовании шихты в специально разработанном приспособлении, устанавливаемом на гидравлический пресс ПГ-60. Формование брикета предусматривает уплотнение шихты и придание ей заданной формы и размеров. После получения брикета предполагается его распускать в алюминиевом расплаве с получением заданного состава.

Полученный дискретно - армированный композиционный материал на основе алюминиевых сплавов, должен обладать комплексом свойств, таких как широкие функциональные и технологические возможности, повышенная износостойкость, малая плотность, высокая прочность и жесткость, что обеспечит снижение массы изделий с одновременным повышением надежности и увеличением ресурса работы.

Отличительной особенностью процесса является универсальность введения необходимых армирующих компонентов. Привлекательность процесса - в доступности и простоте способа.

**ФОРМИРОВАНИЕ СЛОЯ ИНТЕНСИВНЫХ ПЛАСТИЧЕСКИХ
ДЕФОРМАЦИЙ ПРИ ОСАДКЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ**
*FORMATION OF A LAYER OF INTENSIVE PLASTIC DEFORMATION
IN UPSETTING OF CYLINDRICAL SPECIMENS*

Е.А. Лямина – с.н.с.

Учреждение Российской Академии наук
Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН

Abstract. A layer of intensive plastic deformation is often formed in the vicinity of frictional interfaces in metal forming processes. A possible approach for predicting the thickness of this layer is based on the strain rate intensity factor. This approach is adopted in the present paper to predict the thickness of the layer in axisymmetric upsetting of cylindrical specimens between flat dies.

В процессах обработки металлов давлением в окрестности поверхностей с высокими удельными силами трения образуется слой материала, свойства которого значительно отличаются от свойств в основном объеме. Для определения толщины этого слоя в [1] предложено уравнение

$$\frac{dh}{d\tau} = \alpha Dh^{1/2} \quad (1)$$

где h – толщина слоя интенсивных пластических деформаций, D – коэффициент интенсивности скорости деформации, τ – время, α – безразмерный коэффициент (постоянная величина для данного материала). Для решения (1) необходимо найти D . В настоящей работе используется метод верхней оценки для определения D в процессе осесимметричной осадки цилиндрических образцов радиусом R и высотой $2H$ между двумя плоскими бойками, на которых действует закон максимального трения. Для этого кинематически возможное поле скорости в цилиндрической системе координат rz выбирается в виде

$$\frac{u_r}{u_0} = \frac{1}{2} \rho t \left[1 - \beta \frac{\pi}{4} + \beta (1 - \zeta^2)^{1/2} \right], \quad \frac{u_z}{u_0} = - \left(1 - \beta \frac{\pi}{4} \right) \zeta - \frac{\beta}{2} \left[\arcsin \zeta + \zeta (1 - \zeta^2) \right] \quad (2)$$

где u_0 – скорость бойков, $\rho = r/R$, $\zeta = z/H$, $t = R/H$, β – параметр, который определяется из теоремы о верхней оценке. Из (2) видно, что эквивалентная скорость деформации стремится к бесконечности вблизи поверхности трения, $\zeta \rightarrow 1$. Такое поведение поля скорости возникает в точном решении вблизи поверхностей максимального трения и позволяет ввести коэффициент интенсивности скорости деформации [2]. Определяя из теоремы о верхней оценке величину D и решая (1), получена зависимость толщины слоя интенсивных пластических деформаций от параметров процесса и величины α . Эта величина определяется для одной марки стали с использованием экспериментальных данных и полученного теоретического решения.

Литература

1. Александров С.Е., Грабко Д.З., Шикимака О.А. К определению толщины слоя интенсивных деформаций в окрестности поверхности трения в процессах обработки металлов давлением// Пробл. Машиностр. Надежн. Машин. 2009. №3. С.72-78.
2. Alexandrov S., Richmond O. Singular plastic flow fields near surfaces of maximum friction stress// Int. J. Non-Linear Mech. 2001. V.36. No.1. P.1-11.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №09-01-92005

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛЗУЧЕСТИ
В НАНОКОМПОЗИТНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛАХ**
*EXPERIMENTAL STUDYING OF CREEPING PROCESS
IN POLYMER NANOCOMPOSITES MATERIALS*

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

¹ Институт машиноведения им.А.А.Благонравова РАН, Москва

² University Clemson, SC, USA

Abstract. The presented work is devoted to the experimental investigation and modelling of creeping process in nanocomposites polymer-nanotubes and polymer-nanodiamonds materials.

Работа посвящена экспериментальному изучению и моделированию процесса ползучести в нанокompозитных материалах с включениями в виде нанотрубок и ультрадисперсных алмазов.

Наполнение твердыми нанодисперсными частицами придает полимерам ряд полезных для эксплуатации свойств. В качестве связующего могут быть использованы практически любые полимеры, в качестве наполнителей – самые разнообразные по природе и размерам материалы [1]. В настоящее время основной сложностью при применении полимерных композитов является отсутствие достаточно надежных методов оценки их прочности с учетом временной зависимости. Вследствие этого существует необходимость расчёта деформации за определенный промежуток времени, а также периода времени, в течение которого не происходит разрушения. В работе предлагается использовать метод моделирования процесса длительной ползучести нанокompозитных материалов, в основе которого лежит модель наследственного типа [2, 3]. Данный метод позволяет, используя кратковременные квазистатические испытания с постоянной скоростью нагружения, позволяет прогнозировать ползучесть на длительные времена нагружения. Исследование проводилось на следующих образцах: чистый полимер (полиамид); полимер, наполненный нанотрубками; полимер, наполненный наноалмазами.

Литература

1. Липатов Ю.С. Физико-химические основы наполнения полимеров. М.: Химия, 1991. – 259 с.
2. Наполнители для полимерных композиционных материалов. Г.С. Кац, Д.В. Милевски, ред., М.: Химия, 1981.
3. Суворова Ю.В., Павлов А.П. Прогнозирование ползучести и длительной прочности геосинтетических материалов с помощью модели наследственного типа. Проблемы машиностроения и автоматизации. №2. 2003. С.52-57.

СЕКЦИЯ 3

**Проектирование машин
и синтез механизмов**

СОЗДАНИЕ НЕРАВНОМЕРНОЙ СИЛЫ ЗАКРЕПЛЕНИЯ CREATE FIXING IRREGULAR FORCE

Л.В.Савельева – к.т.н., н.с.

Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН

Abstract. The method of fixing nonrigid workpieces by irregular forces in thermodevice and the dependence for the determination of the fixing force have been presented.

Для нежестких заготовок в ряде случаев возникает необходимость их закрепления неравномерной силой для уменьшения величины так называемого краевого эффекта – отклонения формы обрабатываемой поверхности от действия сил закрепления. Эти погрешности появляются вблизи краев, отверстий, фланцев и любых других конструктивных элементов, изменяющих жесткость заготовки. Погрешность формы от сил закрепления в этом случае обуславливает погрешность формы готовой детали. Величины этих погрешностей малы и поэтому закрепление нежестких заготовок неравномерной силой ограничивается областью высокоточного прецизионного машиностроения.

Величину прогиба обрабатываемой оболочковой цилиндрической поверхности определяют по формуле:

$$w = \frac{Qa}{4\pi l E h} \cdot (2 + e^{-\beta x} \cdot \cos \beta x),$$

где l – длина заготовки; E – модуль упругости материала заготовки; h – толщина оболочки; Q – сила закрепления, x – расстояние от края заготовки;

$$\beta^4 = \frac{Eh}{4a^2 D},$$

где D – жесткость заготовки при изгибе.

Для заготовки с фланцем:

$$w = \frac{Qa}{2\pi l E h} \left(1 - \frac{\mu}{2}\right) \left[1 + e^{-\beta x} \cdot (\sin \beta x + \cos \beta x)\right],$$

где x – расстояние от фланца; μ – коэффициент Пуассона материала заготовки.

Для уменьшения погрешности формы предложено изменять величину силы закрепления по определенному закону. Такой закон можно создавать при закреплении в термоприспособлении. Величину силы закрепления определяют по следующей зависимости:

$$Q = (k_1 \Delta_\phi + k_2) \cdot t - k_3 \Delta_\phi + k_4,$$

где Δ_ϕ – погрешность формы посадочной поверхности оправки; t – температура нагрева системы; $k_1 - k_4$ – экспериментально определенные коэффициенты, которые зависят от материала оправки.

Закрепление заготовки в термоприспособлении предполагает ее свободную установку, т.е. гарантированный зазор. Это является ограничением области применения термооснастки. Отсутствие зазора вызывает проблемы при установке заготовки и, особенно, при ее снятии. Высокие требования к деталям прецизионного машиностроения и низкая жесткость деталей не позволяют применить дополнительные средства для сборки и разборки соединения оправка–заготовка. Поэтому между заготовкой и оправкой перед сборкой должен быть минимальный зазор, который позволяет работать с маложесткой заготовкой без больших усилий, вызывающих ее деформацию.

**АНАЛИЗ СПОСОБОВ СБОРКИ ТРЕХПОВОДКОВОЙ
СТРУКТУРНОЙ ГРУППЫ АССУРА В СОСТАВЕ МЕХАНИЗМОВ
ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ ОБМЕТОЧНЫХ
ШВЕЙНЫХ МАШИН**

*ANALYSIS OF THE WAY THE ASSEMBLY OF THE ASSUR GROUP
CLASS 3 IN THE FEED MECHANISMS OF OVERLOCK SEWING MACHINES*

П.В.Колесников – асп., **В.М.Кольцова** – к.т.н., доц., **А.В.Марковец** – д.т.н., проф.
Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна

Abstract. We consider the problem of kinematic analysis of the structure Assur group class 3 with the translational kinematic pairs in the feed mechanisms of overlock sewing machines. We determined the possible ways to build the structure group and the specific provisions of links.

Кинематический анализ рычажных механизмов содержащих трехповодковые структурные группы является сложной и трудоемкой задачей. При исследовании трехповодковых структурных групп Ассура наибольшие затруднения, как правило, возникают при решении задач о положениях звеньев группы. В работах Э. Е. Пейсаха для четырехзвенных трехповодковых структурных групп Ассура, в которых все кинематические пары являются вращательными, задача о положениях звеньев была сведена к решению полинома шестой степени. Им было показано, что максимальное число вариантов сборки этих групп не превосходит шести. Также были найдены особые (мертвые) положения звеньев групп.

При исследовании механизмов транспортирования материалов в структуре ряда механизмов обметочных швейных машин были выявлены два вида четырехзвенных трехповодковых структурных групп Ассура, содержащих поступательные кинематические пары. В указанных структурных группах имеется базисное звено, к которому присоединяются три поводка. Все внешние кинематические пары структурных групп – вращательные, а присоединение поводков к базисному звену выполнено поступательными парами. В одном случае два из трех поводков присоединяются к базисному звену поступательными парами и один – вращательной парой. Другая структурная группа отличается тем, что присоединение всех трех поводков к базисному звену осуществляется поступательными кинематическими парами. Базисное звено конструктивно выполнено в виде рычага, несущего зубчатую рейку (рабочий орган механизма транспортирования).

Для рассматриваемых в работе четырехзвенных трехповодковых структурных групп Ассура решение задачи о положении звеньев было получено в аналитическом виде. При анализе полученных решений было установлено, что в случае трехповодковой структурной группы с присоединением двух поводков к базисному звену поступательными кинематическими парами возможны до 16 вариантов сборки звеньев. В случае трехповодковой группы, где все три поводка присоединены к базисному звену поступательными парами, максимально возможное число способов сборки не превышает 8. В результате выполненных исследований были определены особые (мертвые) положения звеньев групп.

С использованием полученных решений разработано алгоритмическое и программное обеспечение в среде MATLAB для кинематического анализа рассматриваемых трехповодковых структурных групп. Разработанное программное обеспечение может быть использовано для исследования и проектирования механизмов транспортирования материалов высокоскоростных обметочных швейных машин

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУЙНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ *COMPUTER SIMULATION OF A JET TRANSMITTER FOR LINEAR DIMENSION CONTROL*

А.И. Галковский, А.В. Богданов, П.П. Вихорев, Е.В. Стегачев
Волгоградский государственный технический университет

Abstract. In this work the authors perform computer simulation of the jet transmitter. The results of the simulation allows to receive transmitter's static characteristics.

Для бесконтактного измерения линейных размеров широко используются пневматические измерительные преобразователи типа «сопло-заслонка». В данной работе было выполнено компьютерное моделирование такого измерительного преобразователя (ИП) в программном пакете Flow Simulation, геометрия для которого предварительно была построена в программном пакете Solid Works (рисунок 1).

Разработанная модель позволяет определять функцию преобразования моделируемого устройства в зависимости от его геометрических и технологических параметров. На рисунке 2 представлены зависимости давления P от зазора δ между измерительным преобразователем и объектом (О) при следующих параметрах: диаметр входного сопла (ВхС) 1 мм, диаметр выходного сопла (ВыхС) 2 мм и давления питания $P_{пит}=100$ кПа. Квадратами на рисунке 2 показаны результаты экспериментальных исследований, кружками - результаты моделирования. Зависимость полученная в результате моделирования отличается от экспериментальной не более чем на 10%.

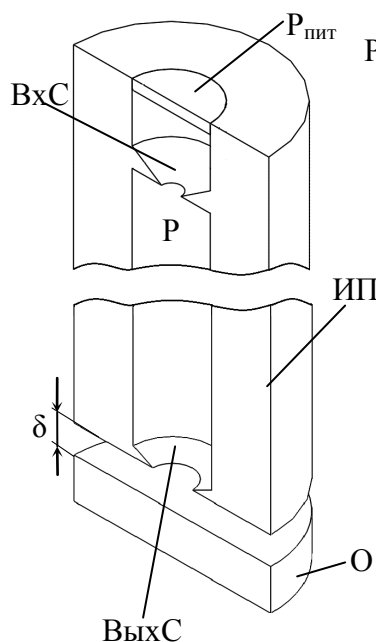


Рисунок 1

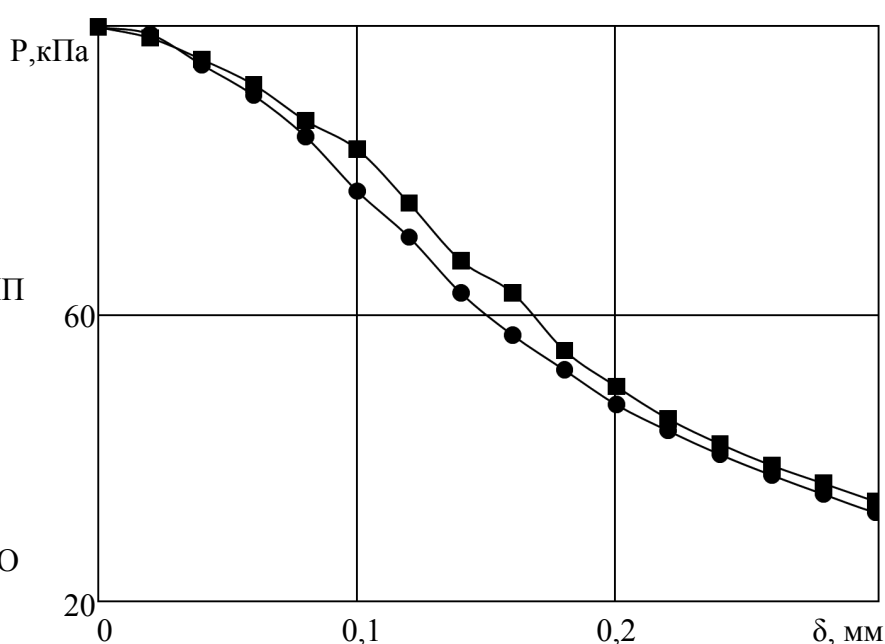


Рисунок 2

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ЗАХВАТНОГО УСТРОЙСТВА ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА

COMPUTER SIMULATION OF AN INDUSTRIAL ROBOT'S PNEUMATIC GRIPPER

А.И. Галковский, Д.Ю. Татаринцев, Е.В. Стегачев
Волгоградский государственный технический университет

Abstract. In this work the authors perform computer simulation of a pneumatic gripper. The results of the simulation allow to receive required geometric parameters of the gripper.

Широкое применение для автоматического захватывания и надежного удержания различных предметов производства находят пневматические захваты (ПЗУ). Зачастую, при подаче деталей на позицию сборочного автомата необходимо их захватывание по торцевым поверхностям малой площади (прокладки плоские эластичные, резиновые уплотнительные кольца, резиновые армированные манжеты для валов, манжеты шевронных уплотнений). В существующих ПЗУ захватывание предметов с малой площадью захвата ненадежно из-за низкой степени разряжения в зоне действия устройства, так как в щелевом вакуумном захватном канале происходит дросселирование потока. На кафедре «Автоматизация производственных процессов» Волгоградского государственного технического университета предложена конструкция пневматического устройства для захвата резиновых уплотнительных колец круглого сечения (ГОСТ 18829-73), основанного на предварительном центрировании кольца (К) с последующим захватом его вакуумным трактом без использования механических захватных приспособлений (Патент РФ №2179504).

Для определения наибольшего разряжения в зоне действия захватного устройства (ЗУ) в программном пакете Solid Works построена геометрия (рисунок 1) и выполнено компьютерное моделирование (в программном пакете Flow Simulation) кольцевой эжекционной вакуумной камеры (ВК). Полученная компьютерная модель позволяет определять требуемые геометрические параметры захватного устройства и давление питания для создания необходимого разряжения $P_{\text{вак}}$ в зоне действия захватного устройства без изготовления дополнительных опытных образцов и проведения многочисленных экспериментов. Так, например, на рисунке 2 представлено определение максимального значения $P_{\text{вак.max}}$ в зависимости от зазора δ в эжекционном сопле (ЭС).

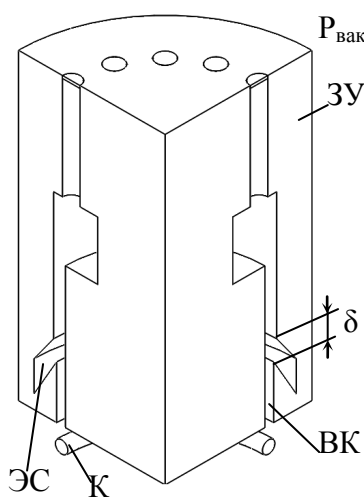


Рисунок 1

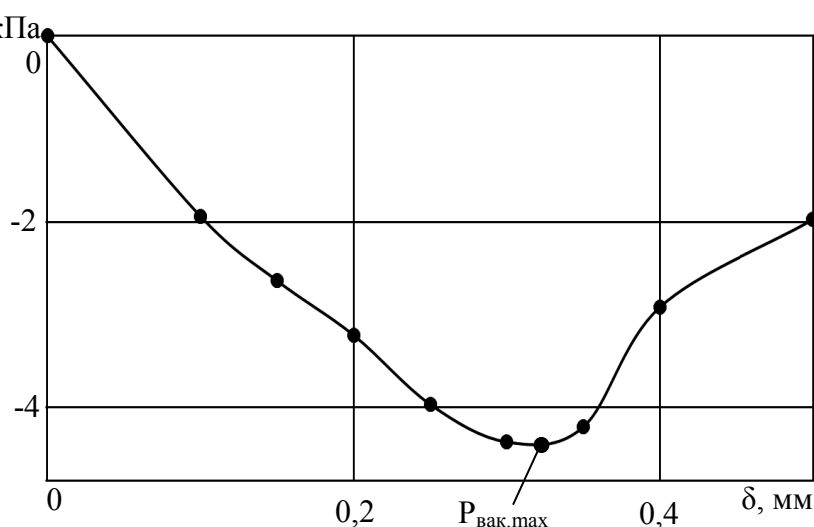


Рисунок 2

**АНАЛИЗ МЕХАТРОННЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ ПРИ
ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМЫ СТЕКЛООЧИСТКИ АВТОМОБИЛЯ**
*THE ANALYSIS OF MECHATRONIC INTERFACES IN DEVELOPMENT
CONTROLLING SYSTEM FOR SCREENWAPER OF AUTOMOBILE*

В.Н. Тимошков - аспирант

Московский государственный университет приборостроения и информатики

Abstract. Base the methodic of synthesis quadric-crank mechanism of windscreen wiper motor car. As opposed to standard structures of quadric-crank mechanism, structure, which propose in this article, ensure the similar depreciation of both labor edge rubber element of windscreen wiper. This make possible to reduce requirement to materials of rubber element of windscreen wiper and extend their durability. By the methods of digital modeling perform analysis of self-oscillating processes, which have place by work of windscreen wiper, with purpose to developing their control laws.

На сегодняшний день одним из наиболее перспективных направлений развития мехатронных систем является автомобильная мехатроника. Одним из наглядных примеров таких систем являются системы управления стеклоочистителем. Управление такими системами построено на использовании ПЛК в качестве управляющего устройства и оптического датчика дождя в качестве сенсорного элемента. Такая конфигурация системы управления позволяет реализовывать сложные алгоритмы управления устройством с учетом дорожной обстановки, скоростного режима и состояния щетки.

В представленной работе были найдены пути оптимизации механического интерфейса системы стеклоочистки – передаточного механизма и программного интерфейса с целью снижения износа рабочих поверхностей резинового элемента щетки стеклоочистителя. Существующие жесткие алгоритмы управления системой стеклоочистки, как показала практика, неэффективны. Постоянное изменение геометрии лобового стекла, повышение скорости и интенсивности движения делают актуальными исследования в сфере оптимизации интерфейсов системы управления стеклоочисткой.

В работе на основе исследований кинематических и динамических характеристик передаточного механизма получено соотношение длин звеньев, защищенное патентом на авторское свидетельство, при котором коэффициент средней скорости на прямом/обратном ходе близок к единице. Использование в качестве передаточного механизма четырехзвенного механизма с заданным соотношением звеньев позволяет сделать близким к равномерному износ обоих рабочих поверхностей резинового элемента щетки стеклоочистителя, что при прочих равных условиях продлевает срок службы резинового элемента.

В работе проведено исследование фрикционных автоколебаний, возникающих при движении щетки по стеклу. Благодаря использованию модели четырехзвенного механизма в среде SimsMechanics, учтено влияние неравномерности движения щетки по стеклу, связанное с неравномерностью возвратно-поступательных колебаний коромысла. Показана возможность возникновения регенеративного эффекта при движении щетки по стеклу, когда при постоянном законе движения возникают визуально заметные полосы на стекле и предложен алгоритм преодоления вредного влияния этого эффекта – наложение микроколебаний на закон движения щетки по стеклу.

Основным назначением разработанных рекомендаций к мехатронным интерфейсам системы управления стеклоочистителем является обеспечение такого закона движения щетки по стеклу, при котором невозможно возникновение визуально различимых полос на стекле. Для этого предложено соотношение звеньев передаточного механизма, обеспечивающего близкое к равномерному соотношению средних скоростей прямого/обратного хода и программа наложения микроколебаний на закон движения, позволяющих преодолеть вредное влияние регенеративного эффекта.

**СИНТЕЗ МНОГОЗВЕННЫХ ЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ
ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОДАЧИ МЕШКОВ
ПРИ РАСФАСОВКЕ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ**
*SYNTHESIS OF MULTICHAIN CAPTURE DEVICE TO AUTOMATICALLY
FEED BAGS FOR PACKAGING OF BULK MATERIALS*

А.М. Макаров – асп., **Ю.П. Сердобинцев** – д.т.н., проф., **Л.А. Рабинович** – к.т.н., доц.,
А.В. Петрухин – к.т.н., доц., **С.М. Райлян** – асп.

Волгоградский государственный технический университет

Abstract. Synthesis of multichain (4, 6 and 8) lever-hinged gripper (MLHG) to capture, the opening and filling bags of bulk materials. The calculation basic parameters of the device and the necessary efforts to keep the bag. Created 3D-visualization of the mechanics of motion MLHG.

На автоматизированных линиях расфасовки сыпучих материалов захват мешка, его раскрытие и подача под выбойный патрубок дозирующего устройства обычно выполняется вручную. Такая работа непривлекательна для человека, утомительна, иногда опасна для здоровья и, очевидно, требует автоматизации. Для решения проблемы необходимо захватное устройство (ЗУ), способное взять и раскрыть мешок, лежащий в стопе, а после заполнения растянуть горловину мешка в линию для прошивки. Такие операции могут выполнять ЗУ на основе рычажно-шарнирных механизмов.

Предложено шестизвенное рычажно-шарнирное захватное устройство (РШЗУ) [1,2], способное самостоятельно захватить приоткрытый мешок, раскрыть его и подать под загрузочный патрубок. Для этого необходимо обеспечить провисание непрошитой горловины мешка, ввести пальцы РШЗУ в образовавшуюся открытую полость и осуществить автоматический захват мешка. Расчеты наибольшего допустимого расстояния l между крайними пальцами РШЗУ для их беспрепятственного входа в полость приоткрытой горловины мешка, уравнения кривой провисания горловины мешка, а также основных параметров ЗУ подтверждают работоспособность устройства.

Определение давления загружаемого сыпучего материала на стенки мешка с использованием методов прикладной механики (элемент горловины мешка представлен в виде гибкой нити) позволило рассчитать минимальное необходимое усилие для удержания мешка в процессе его наполнения, что необходимо для расчета и подбора пневмоцилиндров привода РШЗУ.

С помощью программных средств проектирования произведена трехмерная визуализация механики движения РШЗУ. При соблюдении требований к точности и простоте модели визуализация является весьма наглядной демонстрацией функциональных возможностей в части механики движения РШЗУ.

Для определения рационального числа звеньев РШЗУ был произведен синтез ЗУ с другим количеством рычагов. Так, разработаны конструкции четырех- и восьмизвенных РШЗУ и произведен расчет их геометрии. Исходя из эксплуатационных, экономических и производственных критериев определено, что наиболее рациональным является использование шестизвенных РШЗУ.

На основе проведенных исследований разработана схема комплексной автоматизации загрузки мешка сыпучим материалом, позволяющая полностью освободить человека от тяжелой, утомительной работы, вывести его из рабочей зоны и более не применять ручной труд в процессах расфасовки сыпучей продукции в мешки из различных материалов.

Литература

1. П. м. 88339 РФ, МПК В 65 В 67/12. Устройство для захвата, раскрытия и удержания мешков / Л.А. Рабинович, Г.П. Барабанов, А.М. Макаров; ВолГТУ.- 2009.
2. Рабинович, Л.А. Автоматизация подачи мешков из ткани на рабочие позиции фасовочного оборудования / Л.А. Рабинович, Е.С. Брискин, А.М. Макаров // Сборка в машиностроении, приборостроении.- 2009.- №11.

**ПРОБЛЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ
ОБРАБОТКИ (ЭХО) КРУПНОГАБАРИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ**
*PROBLEM OF SIMULATION OF ELECTROCHEMICAL
WORKING FOR LARGE MACHINE PART*

А.В. Брылев - старший преподаватель
МГТУ имени Н.Э.Баумана

Abstract. Factors influencing on electrochemical working of large machine part are considered and analyzed in the scientific work.

В процессе электрохимического формообразования поверхности заготовки при плотностях тока порядка 10-100 А/см² возникает проблема механизма переноса ионов, что не обеспечивает рабочих условий процесса. Это обуславливает необходимость усиления циркуляции электролита в межэлектродном промежутке. Предельно допустимая плотность тока при этом в значительной степени определяется скоростью потока электролита при стабильном протекании электродных реакций, своевременном удалении продуктов этих реакций и отвода тепла из рабочей зоны. Стабильность течения жидкости в зоне обработки определяется гидродинамическим режимом, который сильно связан с такими параметрами процесса как, газообразование и величиной межэлектродного зазора (МЭЗ). При изменении одного параметра режима будут неизбежно меняться другие. Например, если в жидкости находятся равномерно распределенные газовые пузырьки, образованные кавитацией, то плотность электролита уменьшается пропорционально их относительному объему, уменьшается контактная поверхность электролита с электродом и увеличивается локальное омическое сопротивление раствора. Это приводит к локальному снижению съема металла, что связано с появлением неровностей на обрабатываемой поверхности, а иногда к местным коротким замыканиям.

Для зазоров высотой 0,2 - 0,4 мм удельное гидравлическое сопротивление сравнительно невелико и турбулентность потока достигается при сравнительно невысоких скоростях и перепадах давления на входе и выходе из зазора. Однако при таких зазорах нельзя бесконечно повышать скорость потока, поскольку при этом увеличивается гидравлическое сопротивление межэлектродного пространства и появляется опасность возникновения кавитации. Кавитация появляется в тех местах зазора, где давление жидкости становится ниже, чем упругость насыщенных паров жидкости. Упругость паров значительно увеличивается с ростом температуры. Падение давления в зазоре может происходить вследствие увеличения скорости жидкости в наиболее узких местах зазора.

Было установлено, что высокое удельное гидравлическое сопротивление (отнесенное к единице длины) при зазорах 0,1 мм и ниже создает значительные сложности для осуществления процесса при высоких плотностях тока, так как при этом весьма затруднена прокачка электролита со скоростями, обеспечивающими эффективный перемешивающий режим.

С гидродинамическим режимом течения электролита неразрывно связаны тепловые явления в межэлектродном промежутке, сопровождающие процесс ЭХО и ведущие к нагреву электролита. В общем случае МЭЗ под действием разжимающих сил совершает работу. Хотя число этих сил довольно велико, можно считать, что преобладающее влияние на изменение давления в МЭЗ оказывают: давление электролита и давления парожидкостной смеси при закипании электролита в МЭЗ.

По результатам экспериментальных исследований было установлено, что газонаполнение в МЭЗ зависит главным образом от плотности тока.

ИНТЕРАКТИВНЫЙ КВАДРАТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ДВУХОПОРНЫХ ШЕСТИЗВЕННЫХ НАПРАВЛЯЮЩИХ МЕХАНИЗМОВ

INTERACTIVE LEAST-SQUARES SYNTHESIS OF TWO-HINGED SIX-BAR PATH GENERATORS

А.А.Кикин – аспирант

Санкт-Петербургский государственный университет технологии дизайна

Abstract. An original interactive technique of analytical and optimization synthesis of six-bar Stephenson I and Watt I path generators for complete path motion is suggested. Four parameters of kinematic diagram are assigned arbitrary. The remaining twelve parameters are calculated in two stages using an interactive computer program. Examples of synthesis are presented.

В работе предложен интерактивный метод синтеза направляющих шарнирных шестизвенников с двумя опорами непосредственно по заданной траектории. Эти шестизвенники имеют по два рабочих шатуна, что дает шесть вариантов задачи синтеза. В настоящее время разработаны компьютерные программы синтеза для двух структурных типов – Стефенсон I [1] и Уатт I [2].

Алгоритм синтеза построен на использовании универсального метода СДТ (Синхронное Движение Точек), базирующегося на известной задаче о поиске круговой квадратической точки. Метод позволяет найти до пяти параметров синтезируемой цепи. Для перебора варьируемых параметров используется интерактивный численный метод АСК (Автоматическое Сканирование Координат).

Синтезируемые шестизвенные механизмы имеют до 16 постоянных параметров кинематической цепи, из которых четыре параметра являются назначаемыми, остальные двенадцать параметров вычисляются в два этапа.

На первом этапе синтеза методом СДТ определяются пять параметров синтезируемой кинематической цепи, состоящей из входного звена и одного элемента рабочего шатуна. На втором этапе синтеза методом АСК перебирается два варьируемых параметра и для каждого их сочетания вычисляются оставшиеся пять параметров методом СДТ.

Результаты решения задачи синтеза наглядно представляются на дисплее компьютера в виде гистограммы прямоугольной формы, состоящей из клеток, каждая из которых соответствует узлу сканирования, то есть определенному сочетанию двух перебираемых параметров. Цвет каждой клетки гистограммы зависит от значения критериев, характеризующих качество выполнения основного и дополнительных условий синтеза. Гистограмма заполняется динамически, являясь одновременно индикатором хода выполнения процесса синтеза.

Качество выполнения основного условия синтеза – воспроизведения шатунной точкой шестизвенника заданной траектории оценивается по максимальному отклонению от заданной кривой. Дополнительными условиями синтеза являются конструктивные ограничения на длины звеньев механизма, а также ограничения на углы передачи движения в диадах механизма.

В качестве примеров были успешно решены задачи синтеза генератора прямой линии, генератора дуги (нитераскладчик пневмотальной машины) и механизма транспортирования ткани швейной машины.

Литература

1. Кикин А.Б., Кикин А.А. Квадратической синтез направляющего шестизвенного механизма Стефенсон I / Proc. of X Int. Conf. on the TMM. Liberec, Czech Republic, 2008, pp. 341-346.
2. Кикин А.Б., Кикин А.А. Квадратический синтез направляющего шестизвенного механизма Уатт I. // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. 2009, № 2, с. 11-16.

**РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК
ЛЕПЕСТКОВОГО ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО ПОДШИПНИКА
CALCULATION OF LEAF GASDYNAMIC BEARING CHARACTERISTICS**

М.Ю. Темис – м.н.с., **А.Б. Мещеряков** - инженер
ЦИАМ им. П.И. Баранова

Abstract. Model of gas film flow in the leaf bearing based on the solution of two-dimensional Reynolds equation for compressible fluid and contact problem of bearing leaf deformations is represented. Fluid flow parameters and bearing stiffness characteristics are obtained for further implementation in the support finite element formulation for rotor dynamics model.

Лепестковый газодинамический подшипник является основным элементом опор роторов «сухих» ГТД и ГТУ. Распределение давления газа в зазоре между рабочими поверхностями подшипника и шейкой вращающегося вала определяет основные характеристики опоры, такие как связь подъемной силы с эксцентриситетом, параметры жесткости и демпфирования в системе газовая смазка – упругие элементы конструкции опоры.

Характеристики газодинамического лепесткового подшипника определяются при решении задачи упругогазодинамического контакта, связывающей параметры смазки с деформациями вала и подшипника. Существенная нелинейность задачи определяется нелинейностью уравнений, описывающих течение газа в зазоре и нелинейностью контактной задачи упругого деформирования лепестков. Решение задачи ведется с применением метода сложной итерации.

Расчет течения газовой смазки в подшипнике основан на решении методом конечных элементов нелинейного двумерного уравнения Рейнольдса для сжимаемой жидкости с применением алгоритма самокоррекции.

В лепестковом подшипнике размеры зазора определяются положением шейки вала и деформациями лепестков под действием давления газовой смазки. Деформации лепестков определяются с использованием конечно-элементной модели подшипника, основанной на применении теории плоского деформированного состояния. Разработанная конечно-элементная модель подшипника учитывает контактное взаимодействие упругих элементов подшипника между собой, с цапфой подшипника и шейкой вала. При вычислении зазора учитываются относительные смещения поверхностей скольжения как абсолютно жестких, а также деформации лепесткового и гофрированного элементов от действия на них давления смазки в зазоре.

Произведены расчеты течения газовой смазки в лепестковом подшипнике, определены характеристики жесткости подшипника и проведено их сравнение с характеристиками подшипника с жесткими поверхностями в зависимости от величины эксцентриситета шейки вала. Полученные характеристики позволяют определить грузоподъемность подшипника и оптимизировать её путём изменения жесткости лепестков и установки шейки вала с зазором/натягом в подшипнике. Нелинейные характеристики жесткости могут быть использованы при создании конечного элемента опоры с подшипником скольжения. Полученные результаты дают представление об анизотропии упругих свойств, поведении лепестков при отклонении вала от равновесного положения в подшипнике и позволяют при объединении с моделью ротора разрабатывать подходы к определению демпфирующей способности непосредственно лепестковых элементов и поддерживающих гофрированных элементов, а также оценке усталостной долговечности элементов опоры.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ ДЛЯ РАДИАЛЬНЫХ
СОЕДИНЕНИЙ ПЕРЕСЕКАЮЩИХСЯ
ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК ПРИ НАГРУЖЕНИИ МОМЕНТОМ**
*DEFINITION OF THE LIMIT MOMENT LOADS
FOR INTERSECTIONS OF CYLINDRICAL SHELLS*

А.К. Фокин - ведущий программист
Московский государственный индустриальный университет

Abstract. The main purpose of this study is definition of the limit load for intersection of cylindrical shell under loading out-of-plane moment. A static, nonlinear elastic-plastic simulation of the vessel has been performed. The comparison of the simulation and experimental results is presented.

Пересечение цилиндрических оболочек – часто встречающийся конструктивный объект в технических системах, в частности, соединениях трубопроводов, сосудов давления с патрубками и т.д. Важной задачей при проектировании таких объектов является определение максимальных напряжений и предельной нагрузки при различных видах нагружения.

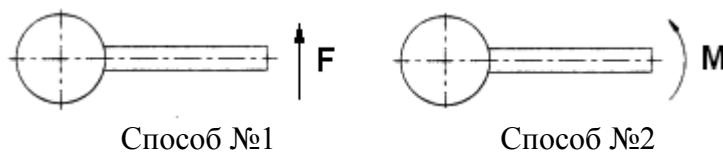
Данная работа посвящена определению предельной пластической нагрузки посредством трёхмерного конечно-элементного упругопластического анализа модели цилиндрического сосуда давления с патрубком, которая представляет собой радиальное соединение пересекающихся цилиндрических оболочек.

В виду того, что отечественные нормативные документы не предписывают проведение упругопластического расчёта, были использованы американские нормы ASME Boiler and Pressure Vessel Code. Таким образом в качестве критерия использовался метод “двойного упругого наклона”, физический смысл которого заключается в равенстве упругой и пластической составляющей полной деформации в рассматриваемом узле конструкции и определения соответствующего этому условию предельной пластической нагрузки.

Конечно-элементное разбиение трёхмерной модели осуществлялось с использованием шестигранного 8-ми узлового трёхмерного элемента.

Рассматриваемая модель была подвергнута 2 способам нагружения:

- нагружение торца патрубка силой (способ №1)
- нагружение торца патрубка моментом (способ №2)



К одному торцу цилиндра были приложены граничные условия по типу заделки, другой торец цилиндра оставался свободным.

По результатам расчёта были построены графики зависимости перемещения от нагрузки для 4-ёх точек расположенных на внешней поверхности патрубка и графики зависимости деформации от нагрузки для 2-ух пар точек расположенных симметрично на внешней поверхности цилиндра и патрубка. Приведена сравнительная таблица, содержащая полученные расчётные значения предельного пластического момента для обоих способов нагружения и значения предельного пластического момента полученные экспериментальным путём. Произведён анализ полученных результатов.

ПЕРЕХОД ОТ НОРМ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ СТАНКА К ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

TRANSITION FROM NORMS OF GEOMETRICAL PRECISION OF THE MACHINE TOOL TO PRECISION OF MANUFACTURING OF A DETAIL

А.В. Сахаров - аспирант

Московский государственный индустриальный университет

Abstract. The method of transition from norms of precision of the machine tool to precision of modules of surfaces is stated.

Выбор оборудования на операцию механической обработки детали связан с обеспечением станком заданных требований точности.

В общем случае точность обработки зависит от большого количества факторов: геометрических погрешностей технологической системы (ТС), действующих при обработке сил резания, вибраций ТС, износа элементов ТС, остаточных напряжений в обрабатываемых заготовках, нагрева ТС, точности статической и динамической настройки ТС, технологических режимов и других.

В руководстве или паспорте станка, как правило, представлена информация не о точности изготовления детали, а о классе точности станка. Класс точности станка характеризует его геометрическую точность и напрямую не отражает точность поверхностей детали после обработки. Это вызывает трудности в выборе оборудования, необходимого для обеспечения заданной точности на детали.

В связи с этим становится актуальной задача перехода от геометрической точности станка к точности изготавливаемых на нем поверхностей деталей.

Решение данной задачи следует начинать с установления предмета производства на станке, в качестве которого было предложено принять не деталь, а модуль поверхностей (МП)[1].

Тогда каждый станок будет способен воспроизвести свой набор МП[2], которые будут характеризоваться определенными параметрами точности.

Для того чтобы осуществить переход от норм точности станка к точности МП необходимо вначале на качественном уровне определить влияние погрешностей геометрической точности станка на каждый параметр точности конкретного МП. Погрешности геометрической точности станков регламентированы нормами соответствующих стандартов, в которых представлены допуски и методы проверки станков.

Представив качественную картину влияния погрешностей геометрической точности конкретного станка на параметры точности реализуемых на нем МП, можно перейти к количественной оценке возможных геометрических погрешностей на МП.

На примере изготовления МП Б312 детали на токарном станке был представлен переход от геометрической точности станка к точности МП.

Литература

1. Базров Б.М. Определение технологического потенциала станочного парка//Доклад на XI международной научно-технической конференции "Машиностроение и техносфера XXI века". Севастополь, 13-18 сентября 2004 г., 6 с.
2. Сахаров А.В. Конструкции модулей поверхностей, изготавливаемые на токарном станке 16А20Ф3 и фрезерном станке 6Т83Г//Тезисы докладов МИКМУС-2009 – М.: ИМАШ, 2009, с.82

**АНАЛИЗ И СИНТЕЗ ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМЫХ
МЕХАНИЗМОВ АВТОМАТИЧЕСКИХ МЕХАТРОННЫХ
ЛИНИЙ С ЦИКЛОВЫМИ АГРЕГАТАМИ**
*THE ANALYSIS AND SYNTHESIS OF PROGRAM-CONTROLLED
MECHANISMS FOR THE AUTOMATIC MECHATRONIC MACHINES
WITH CYCLIC UNITS*

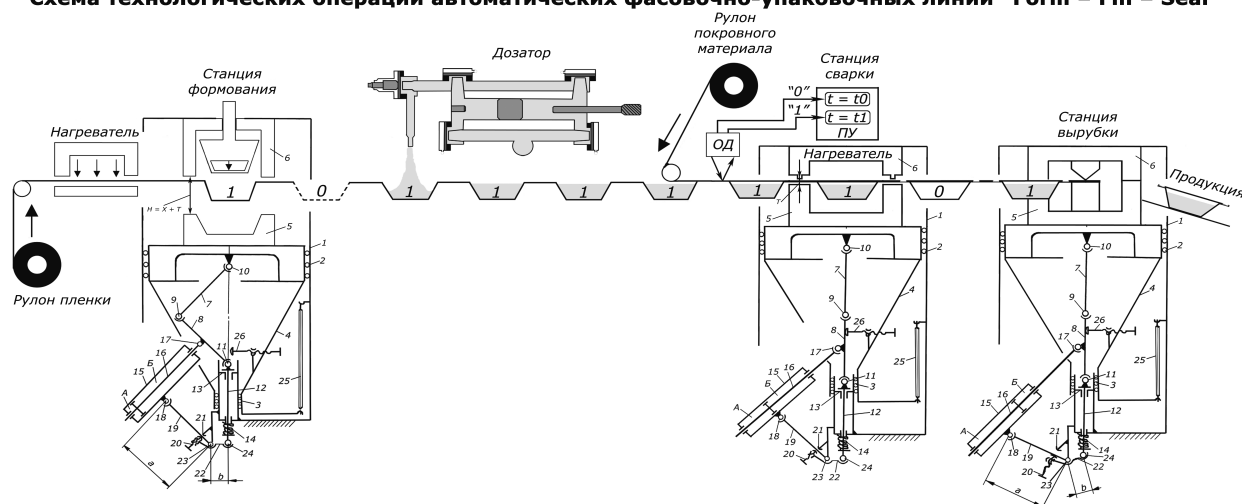
Б.Л. Саламандра – в.н.с., к.т.н., **Л.И. Тывес** – в.н.с., к.т.н.,
К.Б. Саламандра – м.н.с., к.т.н., **Ф.И. Батырь** – с.н.с., к.т.н.

Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН совместно с научно-
производственной фирмой «Рекупер»

Abstract. Analysis and synthesis methods for program-controlled mechanisms of automatic mechatronic Form-Fill-Seal machines are working out in IMASH of RAS. There special drive units of the power stations, batchers, intellectual systems for rejecting products and for label stabilization for this type of machines have worked out.

Лаборатория машин-автоматов ИМАШ РАН в течение последних лет развивает методы анализа и синтеза программно-управляемых механизмов автоматических мехатронных линий с цикловыми агрегатами. Задачи решаются на примере линий “Form-Fill-Seal” для фасовки и упаковки пищевых продуктов, на которых из ленты формируются стаканчики, заполняются продуктом, укупориваются и вырезаются из ленты.

Схема технологических операций автоматических фасовочно-упаковочных линий “Form – Fill – Seal”



Для привода силовых станций формования, сварки и вырубki был синтезирован механизм переменной структуры, в котором распределение движений по степеням подвижности осуществляется в зависимости от положения выходного звена и действующих на него сил.

Предложен новый метод дозирования – Direct Filling, позволяющий улучшить гигиену и точность розлива продуктов. Этот метод реализован в новом дозаторе, который работает от давления продукта, не имеет приводов и не требует буферного продуктового бака.

Для покровных материалов, не допускающих пластической деформации, была разработана специальная система коррекции этикетки относительно стаканчика, основанная на варьировании параметрами работы термосварки.

Интеллектуальная система, встроенная в программу управления, позволяет отслеживать бракованные и незаполненные продуктом стаканчики, удаляя их из готовой продукции.

Результатом работы являются экспериментальные образцы линий, отличающиеся высоким быстродействием и малым энергопотреблением. За их разработку ИМАШ РАН получил две золотые медали на международных выставках «Агропродмаш-2006» и «Агропродмаш-2009».

МЕТОД АНАЛИТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА МЕХАНИЗМА *METHOD OF ANALYTICAL CALCULATION OF MECHANISM*

О.В.Позднякова - студент, А.П.Осипов - доцент

Филиал Самарского государственного технического университета в г.Сызрани

Abstract. On the basis of synthesis across Assur, the analytical method of the kinematic and dynamic analysis of the most widespread structural groups of lever mechanisms, and also algorithm of calculation of the mechanisms with n structural groups are developed. The educational and methodical complex on the basis of the developed method is created.

Анализ литературных источников показал, что метода расчета механизмов базирующегося на едином подходе к описанию его структуры, в существующих исследованиях отсутствует. Достоинство предлагаемого метода в том, что структурный, кинематический и динамический анализ выполняется на одной основе: синтезе механизма по Ассуру, что укрупняет структуру механизма и значительно упрощает расчет, позволяет облегчить восприятие теоретического материала и повысить понимание его студентами.

Основой данной работы является предположение о том, что для любой структурной группы можно указать расчетные кинематические параметры и формулы для их решения, также как и для любой структурной группы можно указать расчетные реакции и формулы для их определения. Предложенный метод имеет модульную структуру. На одну структурную группу – один модуль. Исследуемый механизм в этом случае представляет собой сборку из уже решенных задач. С целью наиболее полной автоматизации кинематического и динамического анализа, заложенные в разработанном методе формулы, реализованы в математическом пакете MathCAD.

Научная ценность работы заключается в предложенном математическом аппарате для определения кинематических и динамических параметров механизма, позволяющем наиболее полно автоматизировать расчет механизма. Практическая ценность работы заключается в легкости перевода методики на ЭВМ, а также возможности использования разработанной программы и предложенных методических указаний студентами и инженерами в профессиональных потребностях

В качестве конечного продукта планируется разработка программного обеспечения для расчета механизмов по предложенной методике и её реализация образовательным учреждениям, а также предприятиям, работающим в области проектирования и расчёта механизмов.

Дальнейшее развитие методики предполагает идти в плане повышения уровня сложности задач, появления градации задач, введения в учебную деятельность элементов научного исследования.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ВИБРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ С ПРИВОДОМ ОГРАНИЧЕННОЙ МОЩНОСТИ

INVESTIGATION OF LAWS OF MOVEMENT OF VIBRATING SYSTEM WITH THE DRIVE OF THE LIMITED CAPACITY

Л.Ю.Волкова - магистрант, И.В.Лупехина - ассистент, С.Ф.Яцун - д.т.н., проф., зав.каф.
Юго-Западный государственный университет,

Г.Я.Пановко - д.т.н., проф., зав.лаб.

Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН

Abstract. In work results of investigations of dynamics of vibrating system with the limited capacity are presented at accounting of interaction of working body with an external environment.

В настоящее время широкое распространение получили вибрационные методы интенсификации самых различных технологических процессов. При проектировании вибрационных устройств важно учитывать свойства механических и электрических узлов, системы управления и технологической нагрузки.

Исследуемая машина относится к классу вибрационных инструментов, источником вибрации которого является инерционный дебалансный вибровозбудитель, оснащенный электродвигателем постоянного тока ограниченной мощности. Крепление корпуса инструмента m_2 к основанию описывается реологической моделью тела Кельвина-Фойгта (рис. 1). Вращение дебаланса m_1 обеспечивает электродвигатель постоянного тока. В качестве модели обрабатываемой среды используется параллельное соединение упруго-пластического тела Бингама и упруго-вязкого тела Кельвина-Фойгта (рис. 2).

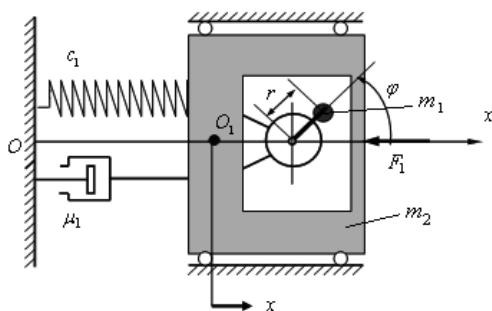


Рис. 1. Расчетная схема виброинструмента

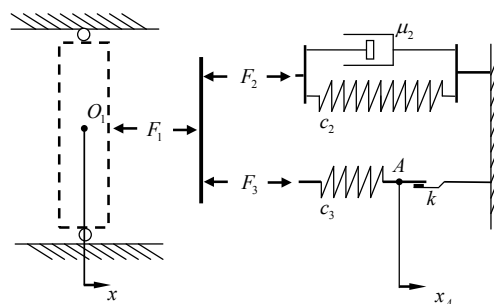


Рис. 2. Реологическая модель среды

Анализ переходных режимов движения рабочего органа позволил установить зависимости между пиковыми значениями тока в обмотках электродвигателя и его пусковым режимом и выбрать рациональный закон управления напряжением питания.

Исследование стационарных режимов движения выявило, что на характер движения как дебаланса, так и рабочего органа, влияет относительная масса дебаланса m_1/m_2 и напряжение, подаваемое на обмотки электродвигателя.

Разработанная методика расчета средней за период потребляемой мощности позволила установить, что при малых коэффициентах вязкости при больших массах рабочего органа влияние технологической нагрузки проявляется в немономном характере изменения средней мощности от средней скорости вращения, а при малых массах рабочего органа она приводит к более сглаженному резонансному пику на указанных графиках.

**СИНТЕЗ МЕХАНИЗМА ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ
ШВЕЙНЫХ МАШИН С ПРЯМОЛИНЕЙНЫМ УЧАСТКОМ
ДВИЖЕНИЯ ЗУБЧАТОЙ РЕЙКИ В ПРОЦЕССЕ РАБОЧЕГО ХОДА**
*SYNTHESIS OF MATERIAL TRANSPORTING MECHANISM
OF SEWING-MACHINES WITH STRAIGHT-LINE RACK MOVEMENT
PORTION DURING TRAVEL*

В.О. Полотебнов – асп., **А.В. Марковец** – д.т.н., проф.

Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна

Abstract. Synthesis of material transporting mechanism of sewing-machines with straight-line rack movement portion during travel.

При проектировании реечных рычажных механизмов транспортирования материалов швейных машин необходимо удовлетворить множество требований. Среди этих требований следует выделить необходимость обеспечения перемещения материалов зубчатой рейкой в заданный циклограммой работы швейной машины интервал времени. Движение зубчатой рейки в период транспортирования должно быть по возможности прямолинейным, а шаг транспортирования должен регулироваться в заданных пределах при сохранении неизменной высоты подъема зубчатой рейки над игольной пластиной. Кроме перечисленных требований имеются, также, конструктивные ограничения и требования к качеству передачи сил.

Для обеспечения возможности регулирования шага транспортирования без изменения угла рабочего хода и высоты подъема зубчатой рейки над игольной пластиной в механизмах транспортирования материалов привод горизонтальных и вертикальных перемещений зубчатой рейки осуществляется от двух разных кинематических цепей. Объединение движений по вертикали и горизонтали осуществляет узел зубчатой рейки. Анализ возможности получения прямолинейного параллельного игольной пластине участка траектории движения зубчатой рейки показал необходимость выстоя выходного звена кинематической цепи вертикальных перемещений. Для получения выстоя предлагается выполнить кинематическую цепь вертикальных перемещений в виде шестизвенного шарнирно-стержневого механизма.

В процессе решения задачи синтеза шестизвенного шарнирно-стержневого механизма с выстоем выходного звена требуется определить 13 постоянных параметров его кинематической схемы. Для решения данной задачи использовался оптимизационный метод синтеза. Главное условие синтеза было выражено в виде отклонения функции перемещения выходного коромысла шестизвенника от требуемой функции, полученной с учетом наличия выстоя заданной продолжительности и заданного угла рабочего хода. В обязательных условиях синтеза были отражены условия существования механизма в виде замкнутой кинематической цепи на всем интервале изменения обобщенной координаты (угла поворота кривошипа) без изменения способа сборки. В качестве дополнительных условий синтеза были выбраны ограничения на углы давления в структурных группах и конструктивные ограничения на варьируемые параметры. Из 13 постоянных параметров кинематической схемы механизма 2 параметра были приняты в качестве назначаемых (координаты опоры выходного звена), 4 параметра вычислялись с использованием метода аппроксимации, а оставшиеся 7 параметров являются варьируемыми.

Для реализации поставленной задачи в среде MATLAB было разработано алгоритмическое и программное обеспечение. С использованием разработанной программы выполнен синтез шестизвенной кинематической цепи вертикальных перемещений для механизма транспортирования материалов. Предлагаемый новый механизм транспортирования материалов с прямолинейным участком движения зубчатой рейки позволяет улучшить качество строчки и увеличить производительность швейной машины.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЖЕСТКОСТИ НАПРАВЛЯЮЩИХ КАЧЕНИЯ МОДУЛЬНОГО ТИПА

STIFFNESS ANALYSIS OF LINEAR MOTION GUIDES

А.В.Крутов - преподаватель, В.В.Молодцов - к.т.н., доц.
МГТУ «СТАНКИН»

Abstract. At the present time linear motion guides are applicable in machine tool building industry. This type of way is easy in design and running machine tools. But there is only one problem, data of rigidity and isn't in trade catalog. Author of this article try to solve current problem. They suggest mathematical model for calculating rigidity of linear motion guides and describe full-scale experiment.

В настоящее время у станкостроителей во всем мире стали пользоваться большой популярностью направляющие модульного типа, представляющие собой наиболее совершенный вариант направляющих с циркуляцией тел качения. Интерес объясняется тем, что данный тип направляющих представляет собой законченное унифицированное изделие, для использования которого достаточно подготовить соответствующие поверхности на подвижном и неподвижном узлах станка. Они обладают жёсткостью, соизмеримой с жёсткостью направляющих скольжения и достаточно просты в монтаже и эксплуатации.

Выбор и расчет направляющих модульного типа мало чем отличается от аналогичных расчетов для других типов направляющих качения. Практически единственной проблемой является оценка их жесткости, так как в каталогах производителей часто отсутствуют необходимые данные, или приводятся графические зависимости перемещения танкетки от нагрузки только для ограниченного набора видов нагрузки. Таким образом, актуальность разработки методики расчета жесткости для данного вида направляющих очевидна.

В рамках данной работы:

- разработана методика расчета для шариковых направляющих качения модульного типа с двухточечным контактом на основе контактной теории Герца и некоторых допущений;
- разработано ПО для автоматизации расчета танкеток различных моделей;
- разработан и изготовлен стенд для измерения жесткости направляющих данного типа;
- разработана методика проведения измерений и обработки экспериментальных данных;
- по разработанной методике проведены измерения жесткости танкеток одинакового типоразмера *SHS 25LC2* фирмы «ТНК» (Япония), *KWVE25B G3V1* фирмы «INA» для различных видов нагрузок;
- проведено моделирование и расчет указанных видов танкеток, сравнение результатов расчетов с экспериментальными данными.

Анализируя экспериментальные данные можно сделать следующие выводы:

- направляющие модульного типа имеют нелинейные упругие характеристики, являющиеся следствием особенностей контакта между телами и дорожками качения;
- при последовательных измерениях существует статистический разброс экспериментальных данных, который не оказывает существенного влияния на качественный и количественный характер полученных зависимостей.

На основании анализа результатов моделирования и их сравнения с экспериментальными данными можно сделать следующие выводы:

- качественный характер зависимостей, полученных расчетным путем, соответствует экспериментальным данным;
- наблюдается некоторое количественное рассогласование между расчетными кривыми и результатами экспериментов, возрастающее с увеличением нагрузки;
- при изучении расчетных кривых наблюдается та же сложная зависимость, возникающая между нагрузками и перемещениями, которая была выявлена при анализе экспериментальных данных.

**МОДУЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ – ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД
ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛИ**
*MODULAR TECHNOLOGY AS HIGHLY EFFECTIVE METHOD
OF ORGANIZATION OF DETAIL MANUFACTURE*

Б.М. Базров – профессор, д.т.н., зав. лаб.,
Н.А. Родионова – н.с., к.т.н., **А.М Арзыбаев** – аспирант,
Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН

Abstract. The new method of highly effective organization of detail manufacture based on principles of modular technology is considered.

Традиционные методы организации производства нового процесса ориентированы на соответствующие типы производства (единичный, серийный, массовый) и потому отличаются различными свойствами. К примеру, в единичном производстве они отличаются высокой гибкостью, но низкой производительностью, а в массовом производстве - высокой производительностью, но низкой гибкостью.

В современных условиях трудно найти предприятие с ярко выраженным тем или иным типом производства. Поэтому применение любого традиционного метода организации производства не обеспечивает высокой эффективности.

Результаты исследований проводимых в ИМАШ РАН при разработке модульной технологии позволили разработать принципиально новый метод организации механосборочного производства. Предложенный метод базируется на существовании "элементарных частиц" машиностроительных изделий - модулей поверхностей (МП) деталей. МП отличается узкой номенклатурой, простотой и высокой устойчивостью во времени.

Сущность нового метода заключается в том, что все разнообразие МП разбивается на несколько групп по схожести конструктивных решений и под каждую группу организуются рабочие места (РМ) с соответствующим технологическим обеспечением.

Разбивка множества МП на группы определяет специализацию рабочих мест. Чем ниже номенклатура изготавливаемых изделий, тем выше уровень специализации рабочих мест, т. е. меньшее число разных МП изготавливается на одном рабочем месте.

Таким образом, производственный цех рассматривается как технологическое поле, представляющее собой совокупность специализированных РМ. В этом поле от одного РМ к другому перемещаются предметы труда в соответствии со своими маршрутными технологическими процессами.

Принимая во внимание изложенное, новый метод организации производственного процесса позволяет взять от организации производственного процесса в единичном производстве - высокую гибкость, а от массового производства - высокую производительность. Высокая гибкость достигается за счет возможности выбора движения заготовки по рабочим местам по любому маршруту, а высокая производительность за счет специализаций рабочих мест даже в условиях единичного производства.

Организуя таким образом работу на РМ, можно достичь высокой эффективности производства, в современных условиях, за счет разрешения противоречия между желанием, с одной стороны, максимально быстро удовлетворять растущие потребности потребителя, выпуская широкую номенклатуру изделия малыми партиями, а с другой - необходимостью сведения к минимуму перерывов в производственном процессе, изготавливая разные изделия крупными партиями.

РАЗРАБОТКА БАНКА ДАННЫХ БАЗИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ *DATABANK CREATION FOR BASIC ELEMENTS OF MACHINE-TOOL ADAPTERS*

Н.А. Родионова – н.с., Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН
А.М. Арзыбаев – аспирант, **Е.А. Дегтярева**, **А.В. Башкатов** – студенты 5 курса МГТУ
им. Н.Э.Баумана

Abstract. The choice program for basic elements of machine-tool adapters and their qualifier and also the choice example of basic elements are presented.

При проектировании приспособлений большое значение имеет правильный выбор базирующих элементов приспособлений для установки заготовок. Под базирующим понимается элемент, контактирующий с технологической базой заготовки (опорной, направляющей, установочной, двойной опорной или двойной направляющей). Базирующие элементы отличаются большим разнообразием по конструкции и области применения. Актуальной является задача систематизации с последующей классификацией базирующих элементов. Это позволит обобщить имеющуюся информацию о них, осуществлять унификацию, быстро находить требуемые элементы и повысить качество приспособлений. На основе классификатора базирующих элементов станочных приспособлений, разработанного д.т.н. Базровым Б.М., к.т.н. Родионовой Н.А., к.т.н. Насириным Э.З., была проведена систематизация и классификация базирующих элементов станочных приспособлений. Первым отличительным классификационным признаком является число снимаемых у заготовки степеней свободы. Вторым - наименование базы. В качестве третьего выступает вид базы заготовки, которая может быть явной (Я) или скрытой (С). Четвертым отличительным признаком принята геометрия базы. Пятым является вид поверхности заготовки, принятой в качестве технологической базы: наружная (НР) или внутренняя (В). Шестым отличительным признаком – площадь контакта поверхности заготовки, принятой в качестве технологической базы, с несущими поверхностями опор. Седьмой признак – шероховатость поверхности заготовки, вступающей в контакт с опорами. Восьмой делит заготовки на жесткие (Ж) и нежесткие (НЖ). И последний, девятый отличительный признак – ГОСТ на базирующий элемент и его конкретный типоразмер. С помощью предложенного классификатора каждому базирующему элементу был присвоен соответствующий код из латинских букв, в котором каждая буква соответствует определенному отличительному признаку классификатора. Код базирующего элемента будет иметь вид: [A..F][A..M][A..V][A..Z][A..V][A..C][A..C][A ..V][1..m]. Составляющая [1..m] кода указывает на количество вариантов базирующих элементов, подходящих по имеющимся исходным данным. На основе этого составлена программа, которая содержит базу данных базирующих элементов станочных приспособлений. Программа разработана в среде Borland Delphi с использованием компилятора «Delphi 7», в которой реализуются 3 основных алгоритма: поиск элемента в банке данных, вывод всех элементов банка данных, добавление элемента в банк данных.

Поиск элемента осуществляется по коду или по отличительным признакам, которые предложены в классификаторе базирующих элементов. Также в программе возможно редактирование элементов (например, добавление примечаний) и удаление элементов в случае, если они занесены с ошибкой. После ввода всех исходных данных появляется список всех базирующих элементов, которые удовлетворяют введенным условиям. Предусмотрен вывод чертежа элемента, таблицы стандартных типоразмеров, примечания и кода элемента, согласно классификатору. Примечание содержит важную для конструктора информацию: материал базирующего элемента, его твердость, термообработку и покрытие.

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЁТА РОЛИКОВЫХ
НАПРАВЛЯЮЩИХ МОДУЛЬНОГО ТИПА**
*MODULAR TYPE ROLLING ELEMENT GUIDEWAYS
DESIGN PROCEDURE DEVELOPMENT*

Д.Э.Молодушкина - магистр, В.В.Молодцов - к.т.н., доцент
ГОУ ВПО МГТУ «Станкин»

Abstract. In this work author solved a problem with modular type rolling element guide ways design procedure development, which can increase validity of engineer decisions.

При выборе этих направляющих, используя каталоги производителей, возникает проблема в определении жёсткости этих опор, так как в каталогах нет таких данных. Для определения жёсткости применить известные методики невозможно, так как они не учитывают конструктивные особенности модулей поступательного перемещения. В методике, описанной в работе Левиной по расчёту жёсткости направляющих качения, рассматриваются направляющие только с одним рядом тел качения. Методику, которая используется студентами на нашей кафедре для расчёта привода подач, также нельзя применить, так как такой расчёт сводится к определению реакций в опорах. Поэтому проблема расчёта жёсткости модулей поступательного перемещения является на сегодня весьма актуальной.

Цель данной работы – разработка методики расчёта жёсткости роликовых направляющих модульного типа.

Для достижения поставленной цели был сформулирован ряд задач:

- рассмотреть существующие методы расчёта направляющих и подшипников качения и определить возможность применения их к объекту исследования;
- разработать методику для расчёта жёсткости роликовых модулей поступательного перемещения;
- создать математическую модель и программное обеспечение для реализации предложенной методики;
- провести апробацию модели и сравнить характер полученных результатов с данными производителя.

На данный момент создается математическая модель для расчёта жёсткости роликовых модулей поступательного перемещения, которая представляет собой совокупность моделей контакта тела качения с дорожками направляющей и танкетки. Переход из глобальной системы координат танкетки в локальную систему координат каждого ролика и обратно будет осуществляться с помощью матрицы преобразования координат. Также планируется проводить эксперименты с нагружением реальных направляющих фирмы «INA» для того, чтобы определить характер зависимости перемещения танкетки от нагрузок, действующих в различных направлениях, и моментов, действующих относительно разных осей.

Основным результатом работы автор считает разработку инженерной методики расчёта жёсткости роликовых направляющих модульного типа, которая повысит обоснованность принимаемых конструктором решений на ранних стадиях проектирования станка.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДВИЖНОСТЕЙ В МЕХАНИЗМАХ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ

RESEARCH OF MOBILITY IN MECHANISMS OF PARALLEL STRUCTURE

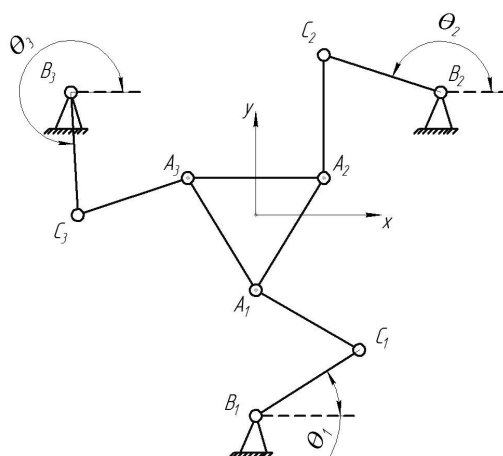
М.А. Ширинкин - асп., В.А. Глазунов – д.т.н., д.ф.н., проф.,

С.В. Палочкин – д.т.н., проф., С.В. Хейло – к.т.н., доц.

Московский государственный текстильный университет им. А.Н.Косыгина

Abstract. In the given work concrete positions for the concrete mechanism are resulted and also the absolute and generalized speeds in special positions are obtained.

Одним из недостатков механизмов параллельной структуры являются так называемые «особые положения». Физическая интерпретация особых положений манипуляторов сводится к существованию таких конфигураций, при которых число степеней свободы мгновенно меняется. При этом либо появляется неуправляемое движение, либо некоторые степени подвижности теряются.



Укажем математические критерии таких положений. В матричном виде уравнение, выражающее скорости манипуляционного механизма:

$$\begin{pmatrix} \frac{\partial F1}{\partial x_n} & \frac{\partial F1}{\partial y_n} & \frac{\partial F1}{\partial \varphi} \\ \frac{\partial F2}{\partial x_n} & \frac{\partial F2}{\partial y_n} & \frac{\partial F2}{\partial \varphi} \\ \frac{\partial F3}{\partial x_n} & \frac{\partial F3}{\partial y_n} & \frac{\partial F3}{\partial \varphi} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \dot{x}_n \\ \dot{y}_n \\ \dot{\varphi} \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} \frac{\partial F1}{\partial \theta_1} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\partial F2}{\partial \theta_2} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial F3}{\partial \theta_3} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \dot{\theta}_1 \\ \dot{\theta}_2 \\ \dot{\theta}_3 \end{pmatrix}$$

Или иначе:

$$(A) \cdot \dot{x} = (-B) \cdot \dot{\theta}$$

Перепишем в другой, более наглядной форме:

$$\begin{cases} \frac{\partial F1}{\partial x_n} \cdot \frac{\partial x_n}{\partial t} + \frac{\partial F1}{\partial y_n} \cdot \frac{\partial y_n}{\partial t} + \frac{\partial F1}{\partial \varphi_n} \cdot \frac{\partial \varphi_n}{\partial t} = - \frac{\partial F1}{\partial \theta_1} \cdot \frac{\partial \theta_1}{\partial t} \\ \frac{\partial F2}{\partial x_n} \cdot \frac{\partial x_n}{\partial t} + \frac{\partial F2}{\partial y_n} \cdot \frac{\partial y_n}{\partial t} + \frac{\partial F2}{\partial \varphi_n} \cdot \frac{\partial \varphi_n}{\partial t} = - \frac{\partial F2}{\partial \theta_2} \cdot \frac{\partial \theta_2}{\partial t} \\ \frac{\partial F3}{\partial x_n} \cdot \frac{\partial x_n}{\partial t} + \frac{\partial F3}{\partial y_n} \cdot \frac{\partial y_n}{\partial t} + \frac{\partial F3}{\partial \varphi_n} \cdot \frac{\partial \varphi_n}{\partial t} = - \frac{\partial F3}{\partial \theta_3} \cdot \frac{\partial \theta_3}{\partial t} \end{cases}$$

В данной работе приведены конкретные положения для конкретного механизма, а также абсолютные и обобщенные скорости в особых положениях.

Особые положения наступают, если одна из матриц (A) или (B), или они обе становятся вырожденными, сингулярными.

**АНАЛИЗ СИСТЕМЫ КРЕПЛЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА ТИПА HSK
МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

*THE ANALYSIS OF HSK A TYPE TOOL FASTENING SYSTEM
WITH FINAL ELEMENTS METHOD*

А.В. Щеников - магистрант
ГОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН»

Abstract. This article contains the description of HSK A type tool fastening system research, which was performed in SolidWorks2009.

Повышение быстроходности ШУ многоцелевых станков привело к замене традиционного конического соединения типа 7:24 на соединение типа HSK. Это делает актуальным исследование поведения конического соединения типа HSK под действием центробежной нагрузки.

Целью исследования является оценка влияния ЦБ сил на работоспособность системы крепления инструмента. В ГОСТ 51726-2001 и 51547-2000 приведены отклонения на конусы шпинделя и оправки. Одним из пунктов исследования будет сравнение результатов при различных соотношениях «попадения» реальной конструкции в ту или иную область допуска.

Конечноэлементная модель разработана в среде Simulation пакета SolidWorks в соответствии с размерами и применяемыми конструктивными материалами. В рамках исследования проводятся: определение усилия на торце и на конусе оправки в зависимости от частоты вращения; зависимость контактных давлений на конусе от частоты вращения; усилие затяжки в зависимости от частоты вращения. Делаются промежуточные выводы.

МЕТОДОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАНКОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ НА БАЗЕ УНИФИЦИРОВАННЫХ МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ (НА ПРИМЕРЕ СТАНКОВ СВЕРЛИЛЬНО-ФРЕЗЕРНО-РАСТОЧНОГО ТИПА)

THE METHODOLOGY OF NEW GENERATION MACHINES DESIGNING ON THE BASIS OF UNIFIED MECHATRONIC MODULES (ON THE EXAMPLE OF DRILLING-MILLING-BORING MACHINE'S TYPE)

А.О.Дорожко - магистр
ГОУ ВПО МГТУ «Станкин»

Abstract. In this article author handle a problem of increasing efficiency of production machine-tools, at the expense of approach of working conditions machine-tools building to conditions of assembly manufactures.

На современном этапе развития станкостроения стоят задачи расширения номенклатуры и технологических возможностей станков, а также – снижения затрат при их изготовлении. Для эффективного решения этих задач при конструировании станков целесообразно применить модульный принцип их построения.

С целью создания более эффективного взаимодействия между заказчиком и производителем предлагается провести унификацию всей гаммы станков сверлильно-фрезерно-расточной группы по их техническим параметрам (ширине рабочей поверхности стола или диаметру круглого встроенного стола). В результате проведенного анализа размерных рядов используемых в производстве обрабатывающих центров фрезерной группы, с учетом их силовых характеристик (мощности, частоты вращения, момента вращения главного привода), все станки рассматриваемой гаммы были разбиты на три основные группы.

Выбрав за основу одну из базовых моделей станка, в рамках каждой группы, можно дооснастить данную модель предварительно унифицированными мехатронными узлами такими, как:

- Мотор-шпиндель;
- Фрезерная головка (с одной или двумя осями вращения);
- Вращающийся или поворотный глобусный стол;
- Тяговые устройства приводов подач с ШВП;
- Механизмы смены инструмента;
- Зажимные устройства (в том числе, для сверхскоростной обработки).

Ограниченная номенклатура модулей, а с учетом групп, всего три типоразмера для каждого из описанных узлов, должна будет обеспечивать множество различных компоновок станков путем многообразия сочетаний и положения модулей.

Укомплектованный таким образом необходимыми модулями "интеллектуальный" станок, будет максимально соответствовать специфическим требованиям каждого конкретного заказчика. Именно модульный принцип проектирования наиболее полно отвечает требованиям решения конкретной технологической задачи, так как собранные этим способом станки не обладают избыточными функциями, и поэтому они должны быть экономичнее станков с универсальными возможностями.

Предполагается, что данный метод проектирования позволит создавать новое высокопроизводительное оборудование для выполнения наилучшим образом обработки заготовок, а не подгонять процесс под возможности уже имеющегося оборудования.

**ОПЕРАТИВНАЯ ВИБРОДИАГНОСТИКА
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**
OPERATIVE VIBRODIAGNOSTICS OF TECHNOLOGICAL PROCESSES

С.В. Козловский – магистр
ГОУ ВПО МГТУ «Станкин»

Abstract. In this article the author examines the possibility of operative vibrodiagnostics, which is essential for automatic maintenance of efficiency of machine equipment in a minimum operator involvement.

Автоматическое поддержание работоспособности станочного оборудования в условиях минимального вмешательства оператора («безлюдная технология») невозможно без широкого использования встроенных средств диагностики, осуществляющих сбор информации о качестве протекания технологического процесса.

К задачам, решаемым средствами оперативной диагностики (ОД), относятся:

- диагностика состояния режущих инструментов (РИ);
- контроль качества процесса резания: стационарность, безударность, цикличность;
- мониторинг состояния важнейших узлов станка;
- адаптация режимов резания, коррекция формообразующих траекторий;
- паспортизация процесса обработки ответственных деталей и т. п.

В работе рассматриваются способы осуществления, области применения оперативной диагностики, проблемы и особенности, присущие данному процессу. Проводится диагностика процессов резания на токарном, фрезерном станках, исследование процесса твердого точения. Ведется работа по созданию измерительной информационной системы диагностирования станочного металлорежущего оборудования.

ДИНАМИКА ГЛАВНОГО ПРИВОДА *DYNAMICS OF MACHINE-TOOLS PRIMARY DRIVE*

В.А. Балбекова - магистр, В.С. Хомяков - д.т.н., проф.
ГОУ ВПО МГТУ «Станкин»

Abstract. Rational constructing of drive of machine-tool in accordance with data of dynamic calculation and at taking into account of influences provides the decline of the dynamic loading in a drive and turning vibrations of shaft. It improves quality of work and longevity of machine-tool.

При заданном уровне технологических нагрузок, которые измеряются обычно на конечных звеньях привода (двигателе или шпинделе), в промежуточных элементах привода нагрузки могут быть существенно выше, вследствие возникновения резонансных явлений или интенсивных пиковых перегрузок при переходных процессах. Амплитудные значения нагрузок при резонансных процессах могут при неблагоприятных сочетаниях параметров превышать средние значения в 3 раза и более; пиковые нагрузки при переходных процессах могут превышать нагрузки, определённые по статическим характеристикам соответствующих процессов, до 10 – 15 раз. Такие перегрузки могут стать определяющими для долговечности деталей приводных механизмов.

При рациональных динамических характеристиках привода динамические перегрузки даже при наиболее тяжелых режимах могут быть сведены к минимуму.

В ходе работы были изучены динамические характеристики главного привода станка. Были найдены частоты колебаний элементов привода, при варьировании различных параметров. Это позволяет избежать совпадения частоты внешних сил с одной из собственных частот системы (явление резонанса). В результате резонанса увеличивается деформация и перемещение системы, что сказывается на качестве работы. Частоту колебаний внешних сил определяют режимы резания, тип инструмента, прочность обрабатываемого материала.

Для лучшей работы привода следует уменьшать частоту колебаний элементов привода. Это можно достичь благодаря уменьшению крутильной податливости элементов привода и увеличению момента инерции. Увеличение момента инерции ограничивается чрезмерным увеличением веса и размеров привода, поэтому основным должно быть уменьшение податливости.

Для уменьшения крутильной податливости необходимо: увеличивать приведенную изгибную жесткость валов уменьшением пролетов и расположением тихоходных зубчатых колес, передающих большие моменты, ближе к опорам. Следует увеличивать жесткость тех деталей, роль которых в балансе крутильной податливости велика.

Установка маховика позволяет понизить частоту колебаний, уменьшить эффективную амплитуду действующего на шпиндель момента. Однако, как указано выше, возможности увеличения момента инерции шпиндельного узла ограничены. При чем установка маховика на шлицах повышает жесткость по сравнению с установкой на шпонке.

Рациональное конструирование привода станка в соответствии с данными динамического расчета и при учитывании влияющих факторов обеспечивает снижение динамических нагрузок в приводе и крутильных колебаний шпинделя. Это улучшает качество работы и долговечность станка.

**ПОВЫШЕНИЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОТОР-ШПИДЕЛЯ
ЗА СЧЁТ УПРАВЛЕНИЯ ЕГО ТЕПЛОВЫМ СОСТОЯНИЕМ**
*INCREASE OF PERFORMANCE DATA OF A MOTOR-SPINDLE
FOR THE MANAGEMENT ACCOUNT ITS THERMAL CONDITION*

С.М. Маркин - магистрант
ГОУ ВПО МГТУ «Станкин»

Abstract. The problem of the raised heating of motors-spindles of modern machine tools is considered in this research, the basic sources of heat and change of capacity of a thermal emission are described at various operating modes of a motor-spindle. The solid-state model of a motor-spindle is constructed with use final element's appendices Simulation of SolidWorks CAD Software and thermal condition of motor-spindle is estimated at the maximum thermal loading. The algorithm of construction of termoresistente model of the motor-spindle is developed, allowing to exclude possibility of an overheat of a motor-spindle already at a designing stage.

Основной проблемой мотор-шпинделей является сохранение термоустойчивости – свойства шпиндельного узла сохранять в установленных пределах выходные параметры точности при внешних и внутренних тепловых воздействиях.

Цель работы – моделирование тепловых процессов, оценка сопротивляемости мотор-шпинделя и его компонентов тепловым воздействиям, разработка методики создания термоустойчивой, высокоскоростной конструкции мотор-шпинделя и способов управления его тепловым состоянием.

Моделирование мотор-шпинделя осуществляется в конечноэлементном приложении Simulation пакета САПР SolidWorks. К модели прикладываются условия, задающие теплопроводность, конвекцию и лучистый теплообмен, мощность тепловыделения в источниках и расход воды в рубашках охлаждения. Вычисляются значения тепловых потоков на поверхностях модели мотор-шпинделя, коэффициенты теплоотдачи внутри рубашек охлаждения и моделируется тепловое состояние мотор-шпинделя при разных частотах вращения шпинделя.

Алгоритм построения термоустойчивой модели мотор-шпинделя.

1. Оценка режимов работы мотор-шпинделя и поиск наиболее нагруженных режимов.
2. Расчёт мощностей тепловыделения источников в наиболее нагруженных режимах.
3. Определение теплового состояния мотор-шпинделя.
4. Создание расчётной модели элемента мотор-шпинделя, температуру которого нужно скорректировать.
5. Конструктивное изменение элемента либо изменение внешних факторов, влияющих на отвод тепла (увеличение расхода охлаждающей жидкости в рубашке охлаждения), до установки максимально допустимой температуры элемента.
6. Определение долей расхода охлаждающей жидкости в каждой подсистеме охлаждения.
7. Назначение давления в магистрали системы охлаждения, обеспечивающего необходимый расход в рубашке охлаждения исследуемого элемента.
8. Определение теплового состояния мотор-шпинделя с учётом изменений (проверочный расчёт).

Управляя тепловым состоянием мотор-шпинделя, можно добиться уменьшения или взаимного погашения тепловых деформаций: корпус мотор-шпинделя удлиняется в одну сторону, а сам шпиндель – в противоположную, тем самым, повышая термоустойчивость и точность мотор-шпинделя. Применение результатов данной работы возможно в отечественном станкостроении для создания конкурентно способных конструкций мотор-шпинделей и для доработки и усовершенствования уже существующих решений.

ПРОФИЛИРОВАНИЕ ЗУБЬЕВ НЕЭВОЛЬВЕНТНОЙ ШЕСТЕРНИ ЦИЛИНДРО-КОНИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ ВНУТРЕННЕГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ

PROFILING OF TEETHS THE NON-INVOLUT GEAR WHEEL OF CILINDR-CONIC INTERNAL GEARING

Е.А. Полуэктов – ассистент

ГОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет»

Abstract. That scientific work is referred to fabrication methods of tooth cutting. There is a gear cutting for non-involute conic cog-wheels by a worm hob. It's designed for manufacturing of row and planetary gears with internal toothing. This project working up a method of the cog-wheels tooth cutting and estimate differs between theoretical and real tooth profile.

Цилиндро-конические передачи внутреннего зацепления нашли свое применение в планетарных редукторах (рисунок 1). Благодаря наклонному расположению сателлитов удалось получить привод с массогабаритными характеристиками близкими к волновым, но обладающий значительно большим ресурсом работы. Такие редукторы применяются в электромеханических приводах космической техники. Широкое внедрение цилиндрико-конических передач внутреннего зацепления ограничивается сложностью в получении боковой поверхности зуба неэвольвентной шестерни (сателлита), так как теоретически точный профиль может быть нарезан только долбяком с внутренними зубьями.

Для формирования боковой поверхности зубьев неэвольвентной конической шестерни цилиндрико-конической передачи внутреннего зацепления можно применить инструмент реечного типа, перемещающий его по траектории, описываемой уравнением

$$x_m = aw^2 + bw + c, \quad (1)$$

где: x_m – смещение исходного контура инструмента; w – аппликата торцового сечения шестерни; a , b , c – коэффициенты.

Коэффициенты уравнения (1) могут быть определены аппроксимацией значений смещения исходного контура в разных торцовых сечениях шестерни, найденных из условия равенства расчетной толщины зубьев с эвольвентным и неэвольвентным профилями посередине рабочей высоты. Очевидно, что профиль, нарезаемый по предложенному методу будет отличаться от теоретического. Как показывает практика, в ряде случаев отклонения достигают существенных значений (70-80 мкм). Для учета всех факторов сложного процесса формирования

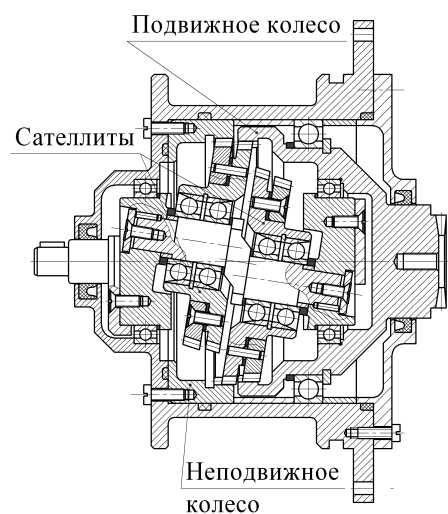


Рисунок 1 - Планетарный редуктор с цилиндрикоконическим зацеплением

профиля неэвольвентной шестерни инструментом реечного типа была получена система уравнений боковой поверхности неэвольвентного колеса в случае двухпараметрического огибания его инструментом реечного типа, движущегося по криволинейной траектории. При выводе уравнений использовался математический аппарат, разработанный Н.Н. Крыловым и М.Л. Ериховым для случая двухпараметрического огибания. Полученная система уравнений боковой поверхности используется для сравнительного анализа нарезаемого профиля и теоретически точного и уточнения траектории перемещения инструмента в случае выявления значительных отклонений профиля. Таким образом, данный способ нарезания зубьев неэвольвентной шестерни обеспечивает достаточную для практики точность и может находить практическое применение при изготовлении цилиндрико-конических передач внутреннего зацепления.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТОЙКИ СТАНКА НА ЕГО ПОДАТЛИВОСТЬ

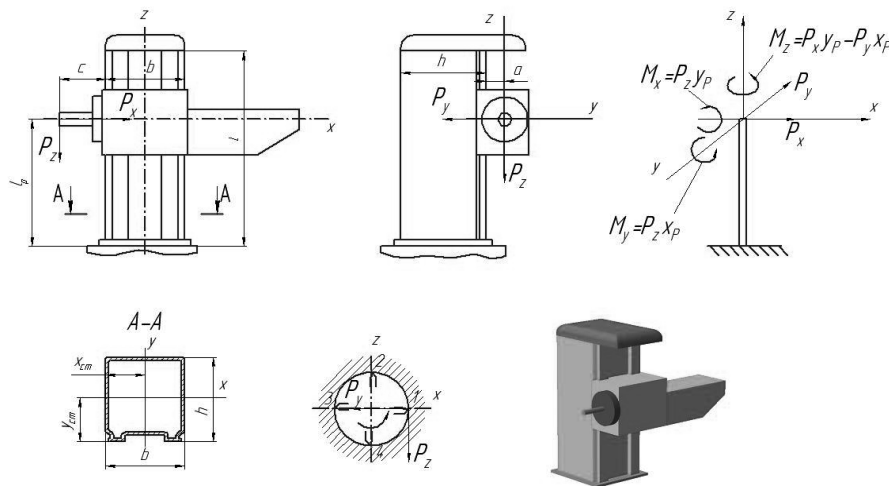
ANALYSIS OF INFLUENCE OF A RACK OF THE MACHINE TOOL ON ITS PLIABILITY

В.В.Каштанов - магистрант, В.С.Хомяков - д.т.н., проф.
МГТУ «СТАНКИН»

Abstract. Beds and case details are much more specific to machine tools, than a drive detail. At the same time, they are much less investigated and shined in the literature, than a drive detail. Even if drive fine details — small cogwheels, shaft — always get out by calculation the sizes of the big beds and boxes mainly get out till now on the basis of analogy to designs which have well proved in work. On it an important problem is definition of optimum parameters of a rack of the machine tool on the basis of calculations.

В балансе упругих, приведенных к инструменту, перемещений станков с вращательным главным движением с шпинделями, несущими поперечную нагрузку, доля станин и корпусных деталей вместе с направляющими прямолинейного движения достигает 30%. Изменение параметров стоек станков может оказывать существенное воздействие на точность обрабатываемых деталей. При этом можно добиться близкого к оптимальному сочетания вес-жесткость для данного станка. Стойки значительной высоты, подверженные действию больших поперечных скручивающих сил, должны по возможности снабжаться перегородками во избежание искажения контура поперечного сечения и существенного понижения жесткости.

Оптимальным можно считать такое количество перегородок, при котором расстояние между перегородками примерно равно высоте нагруженной стенки. С точки зрения влияния на деформации при кручении изменение формы сечения по длине оказывается целесообразным в том случае, если с удалением от основания стойки форма сечений приближается к оптимальной, т. е. квадратной. Модели с диагональными ребрами, как и модели с торцевой стенкой или горизонтальными ребрами, практически не имеют искажений поперечного сечения. Таким образом, диагональные ребра так же, как и горизонтальные ребра препятствуют искажению поперечного сечения при кручении. С точки зрения жесткости большое значение имеет форма окна. Минимальное влияние на уменьшение жесткости оказывают окна треугольной формы, которые обеспечивают наибольшую жесткость перегородки в своей плоскости. В горизонтально-расточных станках форма поперечного сечения в реальном диапазоне ее изменения оказывает незначительное влияние h на жесткость стоек. Оптимальными можно считать сечения с отношением h/b , примерно равным 1, т. е. такие, как у большинства выпускаемых станков.



**ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРУЖЕННОСТИ ОТРЕЗНОЙ МАШИНЫ
ПРИ РЕЗКЕ ТРУБ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА**
*RESEARCH OF THE LOADINGS ARISING IN THE DETACHABLE CAR AT
CUTTING OF PIPES OF THE BIG DIAMETER*

Т.Р. Хазиев - аспирант, **Е.А. Полуэктов** - ассистент
ГОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет»

Abstract. At designing of modern cars for are sharp pipes of one of important problems the estimation of necessary capacity for cutting and capacity on car moving on a pipe is. Calculation of capacity for cutting count under known formulas of the theory of cutting.

Машины для безогневой резки труб большого диаметра используются при строительстве и ремонте магистральных трубопроводов. При проектировании современных машин для резки труб одной из важных задач является оценка необходимой мощности для резания и мощности на перемещение машины по трубе. Расчёт мощности для резания рассчитывают по известным формулам теории резания.

Определение мощности необходимой для перемещения машины по трубе зависит от условий закрепления машины, от её углового положения на трубе, от потерь на трение в узлах машины и мощности резания. Отсутствие достоверных данных по определению мощности необходимой для перемещения машины часто приводит к поломкам режущего инструмента, элементов привода и увеличению времени и стоимости ремонта трубопровода.

В связи с этим целью работы являлась разработка математической модели пригодной для расчёта усилий и определения мощности, необходимой для перемещения машины при резке труб. В данной работе представлена математическая модель для оценки усилий и потерь при резке труб машиной типа «Волжанка – 3». «Волжанка – 3» разработана на кафедре «Техническая механика» филиала ГОУ ВПО «ЮУрГУ» в г. Златоусте и в настоящее время серийно производится Томским заводом электроприводов «ТомЗЭЛ».

В процессе резания труб разного диаметра и толщины, наблюдается значительно изменение усилий действующих на машину, это связано с изменением радиуса трубы, толщины срезаемого слоя, а также износом режущего инструмента.

Для перемещения машины по трубе в процессе резания необходимо создать момент на ведущей звёздочке привода подачи $M_{ЗВ}$ равный сумме момента $M_{РYZ}$ от силы резания P_{YZ} , момента M_G от веса машины G , а также моментов от сил трения $M_{ТР}$. Таким образом, искомый момент будет равен:

$$M_{ЗВ} = M_{ТР} + M_{РYZ} + M_G \quad (1)$$

Результирующий момент от сил трения вычисляется как сумма в элементарных узлах трения скольжения и качения.

$$M_{ТР} = \sum N_i \cdot r_i \cdot f + \sum R_i \cdot k \quad (2)$$

где N_i – нормальная сила в паре терния скольжения, r_i – радиус в паре трения скольжения, f – коэффициент терния скольжения, R_i – сила реакции в опорных роликах машины, k – коэффициент терния качения.

Значение момента от веса машины меняет знак в зависимости от углового положения на трубе, находится по формуле:

$$M_G = G \cdot \sin(\varphi) \cdot r_{ВЗ} \quad (3)$$

где G – вес машины, $r_{ВЗ}$ – делительный радиус звёздочки, φ – угол положения машины на трубе.

Достоверность полученной математической модели была подтверждена экспериментальными исследованиями. Модель используется при разработке адаптивного привода подачи, позволяющего исключить перегрузку привода и поломку его элементов. Такой привод подачи используется в отрезных машинах нового поколения.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭВОЛЬВЕНТНЫХ ЗВЕЗДОЧЕК В ЦЕПНЫХ ПЕРЕДАЧАХ

APPLICATION OF INVOLUTE SPROCKETS IN CHAIN TRANSFER

С.Б.Бережной – д.т.н., проф., О.И.Остапенко – к.т.н., доц., А.А.Скорюнов – студ.
Кубанский государственный технологический университет

Abstract. Developed a new method for slicing stars with involute tooth profile, whose idea has been patented and is the application of additional tangential corrections. Established theoretical and computational methods of designing and manufacturing special cutting tools for cutting stars in small-batch and mass production.

В настоящее время основную массу роликовых цепных передач в машиностроении составляют передачи, оснащенные звездочками с вогнуто-выпуклым (ГОСТ 591-69) и прямолинейным (ГОСТ 592-81) профилями зубьев. Существующие способы их формообразования либо требуют применения режущего инструмента со сложной формой профиля, либо являются недостаточно производительными и точными. Поэтому назрела необходимость создания такого профиля зуба звездочки, который можно было бы изготовить в условиях индивидуального производства и ремонтной базы, обеспечивая при этом достаточно высокий уровень точности и производительности. Этим требованиям отвечает эвольвентный профиль зуба, нарезаемый методом обкатки, поэтому он и предлагается в настоящей работе как альтернатива традиционным при изготовлении звездочек.

Изготовление эвольвентных звездочек предлагается производить стандартным режущим инструментом – червячной фрезой (ГОСТ 9324-60), применяемой при нарезании эвольвентных зубчатых колес. Проблема размещения ролика цепи во впадине эвольвентной звездочки решается применением при нарезании зубьев двух видов коррекции - традиционной радиальной и предложенной тангенциальной.

В данной работе представлена технология нарезания зубьев эвольвентных звездочек и приведены расчетные формулы для определения величин радиальной и тангенциальной коррекций. На этот процесс нарезания получен патент РФ. Результаты расчетов, проведенных в соответствии с разработанной методикой, показали, что значение модуля инструмента m , необходимого для изготовления эвольвентной звездочки одного шага, остается постоянным во всем диапазоне чисел зубьев. То есть для изготовления эвольвентной звездочки одного шага с любым числом зубьев нужна одна фреза.

Для исследования особенностей процесса нарезания зубьев эвольвентных звездочек методом обкатки инструментом реечного типа и проверки созданной теории, была разработана математическая модель. Математическая модель представляет собой уравнения движения характерных точек ИК инструмента реечного типа, выраженные в координатной форме.

На основе предложенной математической модели была составлена компьютерная программа, позволяющая отображать на экране монитора процесс формообразования зубьев звездочек и получать их изображение в определенном масштабе. В качестве исходного контура был использован ИПК стандартного инструмента (ГОСТ 3058-74) для нарезания эвольвентных зубчатых колес. Использование данной математической модели дало возможность получить действительные профили зубьев звездочек, не проводя их физического изготовления.

Разработан новый метод нарезания звездочек с эвольвентным профилем зубьев, идея которого запатентована и заключается в применении дополнительной тангенциальной коррекции. Созданы теоретические и компьютерные методы проектирования и изготовления специального режущего инструмента для нарезания звездочек в условиях мелкосерийного и серийного производства.

СОЗДАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ МУФТ С ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИМ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ МЕХАНИЗМОМ

ELABORATION AND RESEARCH OF THE SAFETY MUFFS WITH THE HYDRO MECHANICAL EXECUTIVE MECHANISM

М.Б.Бородина – ст.преподаватель, **Л.А.Савин** - д.т.н., проф., **Б.А.Шевченко** - к.т.н., доц.
Старооскольский технологический институт (филиал) НИТУ МИСиС

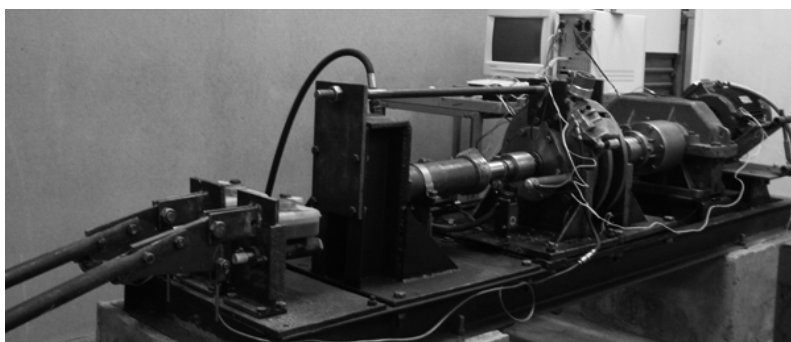
Abstract. In this article is described theoretical and experimental research of the hydro mechanical safety muff's dynamics of driving gears of heavily loaded machines. The research of the dynamics of muff's work pointed out that in case of an emergency overload, the muff ensures the reliable protection of an electric motor.

Одной из самых сложных задач, но, в то же время, одной из самых актуальных, является задача защиты приводов тяжело нагруженных машин от динамических нагрузок и резких перегрузок, приводящих к выходу из строя элементов привода.

Для решения поставленной задачи разработаны новые конструкции предохранительных упруго-демпфирующих муфт с гидромеханическим исполнительным механизмом, в которых передача момента зацеплением обеспечивается за счёт избыточного давления неподвижной жидкости и реализуется функция самовосстановления после срабатывания. Предложены и запатентованы передаточные механизмы семи схем и три варианта схем гидросистемы (патенты. РФ на изобретения : 2186270, 2231698, 2239736, 2310778, МПК F16D 25/06, 25/08). Проводились теоретические и экспериментальные исследования муфты с дифференциальным передаточным механизмом винт-гайка и гидросистемой с золотниковым гидрораспределителем.

В процессе теоретических исследований разработана математическая модель гидромеханической предохранительной муфты, основанная на совместном решении дифференциальных уравнений динамики передаточного механизма муфты и зависимостей, описывающих механическую характеристику электродвигателя и гидромеханику работы гидродемпфера, позволяющая описать динамику работы муфты на различных этапах её работы.

Макет муфты и экспериментальный стенд (рис.1) были созданы при поддержке государственного Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (госконтракт №3425р/5861 от 18.08.2005) по программе СТАРТ.



Экспериментальные исследования муфты показали качественное и количественное согласие результатов. Отклонения варьируются в пределах от 0,3% до 18,6%, на основании чего математическая модель признана адекватной физической модели макета муфты.

Рис. 1 Фотография стенда

Обобщённый анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований макета предохранительной муфты с гидромеханическим исполнительным механизмом показал, что использование данного типа муфт в приводах тяжело нагруженных машин является перспективным и решает задачи: снижения аварийности; снижения затрат на восстановления работоспособности привода после аварии; энергосбережения.

**МАНИПУЛЯТОРЫ С ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРОЙ –
ДВА ПОДХОДА ПРИ СИНТЕЗЕ ТРИПОДОВ 3x2
С 6 СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ**

*MANIPULATORS WITH PARALLEL STRUCTURE - TWO APPROACHES IN
THE SYNTHESIS OF TRIPODS 3x2 WITH 6 DEGREES OF FREEDOM*

П.О. Данилин - асп., **В.А.Глазунов** - д.ф.н., д.т.н., **Л.И.Тывес** - к.т.н.

Институт Машиноведения им. А.А.Благонравова РАН

Abstract. Manipulators with parallel structure with six degrees of freedom. Two approaches in the synthesis of Tripods 3x2. Features of direct and inverse kinematics.

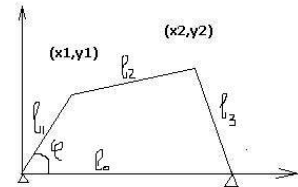
1. Манипуляторы с параллельной структурой (МПС). Определение.
2. Особенности решения прямой и обратной задач для МПС с 6 степенями свободы. Два подхода при синтезе МПС с 6 степенями свободы
3. Первый подход: синтез МПС с 6 степенями свободы путем добавления к хорошо изученному МПС с тремя степенями свободы дополнительные три степени свободы. Преимущества и недостатки данного подхода. Примеры. Особенности решения прямой и обратной задач, использование численного метода в решении прямой задачи.
4. Иллюстрация «численного метода» решения прямой задачи с помощью простой двумерной модели (плоского аналога МПС).
5. Второй подход: синтез МПС с 6 степенями свободы путем поиска структуры, отвечающей условию полной или неполной групповой кинематической развязки. Преимущества и недостатки данного подхода. Примеры. Особенности решения прямой и обратной задач.

**ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИИ ПОЛОЖЕНИЯ
ПЛОСКИХ И ПРОСТРАНСТВЕННЫХ МЕХАНИЗМОВ**
*NUMERICAL RESEARCH OF THE FUNCTIONS OF LOCATION PLANAR
AND SPATIAL ARRANGEMENTS*

Р.С. Байнов - аспирант, **С.Ю. Мисюрин** - к.т.н.
Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН

Abstract. Explores the methods of calculating the function of mechanisms; using numerical methods.

В работе рассматривается возможность расчета функции положения механизма численными методами. Например, дан механизм, представляющий собой систему из четырех стержней, движущихся в плоскости, закрепленных в двух концах – плоский шарнирный четырехзвенник. Задан угол поворота φ начального звена, длины стержней l_0, l_1, l_2, l_3 . Нужно вычислить координаты



точек x_1, x_2, y_1, y_2 с заданной точностью ε то есть описать движение системы стержней.

Этот механизм в координатах хоу описывается системой:

$$(1) \begin{cases} x_1^2 + y_1^2 = l_1^2 \\ (x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 = l_2^2 \\ (x_2 - l_0)^2 + y_2^2 = l_3^2 \end{cases} \quad \text{Таким образом, у нас дана система из трех нелинейных}$$

уравнений. Будем считать, что неизвестных тоже три. Возьмем неизвестными переменные x_2, y_1, y_2 , так как известно φ , то x_1 считается, как $x_1 = l_1 \cos \varphi$.

Далее, для решения системы нелинейных уравнений существуют разные методы численного решения: Метод Ньютона, метод простой итерации, модифицированный метод Ньютона, и др. Мы воспользуемся методом Ньютона:

Пусть требуется решить систему n нелинейных уравнений:

$$(2) \begin{cases} F_1(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0 \\ F_2(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0 \\ \dots \\ F_n(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0 \end{cases}$$

Мы знаем какое-то приближение к решению $\vec{x}^{(0)}$ к корню \vec{a} , так что $\vec{x}^{(0)} = \vec{a} - \Delta \vec{x}^{(1)}$ Тогда исходную систему (2) можно записать следующим образом: разлагая уравнение в ряд Тейлора в окрестности точки $\vec{x}^{(0)}$ и ограничиваясь линейными членами по отклонению $\Delta \vec{x}^{(1)}$, получим: (3) $\vec{F}(\vec{x}^{(0)}) + \Delta \vec{x}^{(1)} \partial \vec{F}(\vec{x}^{(0)}) / \partial \vec{x} = 0$. Тогда система становится линейной относительно $\Delta \vec{x}^{(1)}$, решаем её например методом Гаусса, и находим $\Delta \vec{x}^{(1)}$, предварительно надо посчитать Якобиан (5) $(\partial \vec{F}(\vec{x}^{(0)}) / \partial \vec{x}) = J$, проверяем, отличен ли он от нуля. Найдём новое приближение: $\vec{x}^{(1)} = \vec{x}^{(0)} + \Delta \vec{x}^{(1)}$. Проверяем условие $\|\vec{x}^{(s+1)} - \vec{x}^{(s)}\| < \varepsilon$ (5), Если оно не удовлетворяется, находим $F_1(\vec{x}^{(1)}), F_2(\vec{x}^{(1)}), \dots, F_n(\vec{x}^{(1)})$ и якобиан (5) с новым приближением и опять решаем (3), таким образом, находим 2-е приближение и т.д. $\vec{x}^{(s)} = \vec{x}^{(s-1)} + \Delta \vec{x}^{(s)}$. Итерации прекращаются, как только выполнится условие (5).

ПЛАЗМОТРОН ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ ВОЗДУХА

PLASMATRON FOR RECEPTION OF PLASMA OF AIR AT LOW TEMPERATURES

А.И. Веремейчик – н.с.

Брестский государственный технический университет

Abstract. On the basis of researches are developed plasmatron with a high resource of continuous work. Of 50-800 kW which are applied in metallurgy, processes of plasma superficial hardening of metal products, the chemical industry etc. are as a result created industrial plasmatron by capacity.

Во многих технологических энергосберегающих процессах широкое применение находят генераторы низкотемпературной плазмы (плазмотроны), в которых осуществляется нагрев потока воздуха до температуры 4000 К. Для таких процессов требуются плазмотроны с высоким к.п.д. Их создание требует решения трех основных задач: достижение близкого к единице электрического к.п.д. $\eta_{\text{э}}$; реализация максимально высокого теплового к.п.д. $\eta_{\text{т}}$, а также достижение высокого непрерывного ресурса работы.

Условия горения дуги в потоке газа специфичны, и это требует проведения фундаментальных исследований. Характер горения определяется скоростью обтекания дуги газом. Как известно, при числах Рейнольдса $Re < 2000$ дуга горит в ламинарном потоке газа, а при $Re > 2000$ горение дуги реализуется в турбулентном потоке. Режимы обтекания дуги сильно влияют на процессы преобразования электрической энергии в тепловую.

Для получения исходных данных для при разработке мощных плазмотронов были проведены исследования напряженности электрического поля дуги. Исследования проводились на плазмотроне с фиксированной длиной дуги и геометрически подобными электродразрядными камерами.

Известно, что вольт-амперные характеристики электрической дуги являются падающими. Одним из способов обеспечения устойчивого горения дуги требует включения в электрическую цепь дуги балластного сопротивления, что значительно снижает $\eta_{\text{э}}$. Чтобы избежать снижения $\eta_{\text{э}}$, предложен способ получения восходящих вольт-амперных характеристик дуги, что исключает необходимость применения балластного сопротивления в электрической цепи плазмотрона. Этот способ основан на результатах проведения широких исследований напряженности электрического поля E дуги в потоке воздуха. Кроме того, проведены исследования свойств дуги в турбулентном потоке воздуха, что позволило значительно повысить напряженность электрического поля дуги и увеличить эффективность нагрева газа. В результате достигается тепловой к.п.д. $\eta_{\text{т}}$, равный 0,76 - 0,82.

Реализация этих задач позволила разработать методику расчета дуг, горящих в продольном потоке газа, и создать генераторы плазмы с высокими тепловым и электрическим к.п.д.

С целью достижения высокого ресурса работы анода и его равномерного износа применен соленоид, который постепенно перемещается к соплу плазмотрона в процессе его работы.

На основе исследований разработаны плазмотроны с высоким ресурсом непрерывной работы, здесь при малых токах дуги (не более 300 А) использованы гафниевые катоды, а при более высоких токах применяются вольфрамовые катоды, но с защитой их дополнительным потоком аргона с малым расходом. В результате созданы промышленные плазмотроны мощностью 50-800 кВт, которые применяются в металлургии, процессах плазменного поверхностного упрочнения металлических изделий, химической промышленности и т.д.

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ
СИЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ШПИНДЕЛЯ
НА СФЕРИЧЕСКИХ АЭРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРАХ**
*PREDICTION OF STATIC SPATIAL LOAD CHARACTERISTICS FOR SPINDLE
ON SPHERICAL AEROSTATIC BEARINGS*

Р.А.Пошехонов – инженер, аспирант, **А.М.Гуськов** – д.т.н., проф.
Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана

Abstract. The report describes a simplified mathematical model that allows the spindle with spherical aerostatic supports static load characteristics spatial identification.

В докладе описывается математическая модель, позволяющая определять силовые характеристики шпиндельного узла со сферическими аэростатическими опорами при произвольных трехмерных смещениях шпинделя.

Описание опорного аэростатического слоя проведено на основании традиционных математических моделей с помощью современных вычислительных средств (методом конечных элементов в программной среде MATLAB). Движение воздуха считалось ламинарным, изотермическим, стационарным дозвуковым движением линейно-вязкого газа в тонком воздушном слое с неподвижными стенками. Толщины слоя зависит от смещения шпинделя в произвольном направлении и от перекоса оси шпинделя. По представленному алгоритму, зная распределение толщины, можно определить давления на опорной поверхности и суммарные опорные реакции.

Особенностью описанной математической модели является возможность по серии предварительных расчетов получить опорные реакции, при произвольном пространственном смещении шпинделя с помощью простых математических операций. Это позволило на стадии проектирования определить все статические силовые характеристики, не решая на каждой итерации уравнения газовой смазки.

Упрощенную модель предлагается использовать в динамических расчетах пространственного движения шпинделя, поскольку там принципиально важно сокращение затрат машинного времени на расчет одной итерации.

БЕЗВАЛЬНЫЙ ШНЕКОВЫЙ ПИТАТЕЛЬ

SHAFTLESS SCREW FEEDER

П.С.Золотарев – аспирант

ФГОУ ВПО «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия»

Abstract. This work is concerned with the shaftless screw feeder aggregated with the hopper. The performance is considered and the new geometrical forms of the shaftless screw feeder are presented. The latter can prevent the dead zone forming.

Приемно-разгрузочные работы, производимые с сыпучими материалами, широко распространены в схемах технологических процессов. В этой связи проектирование и совершенствование технических устройств, обеспечивающих выполнение соответствующей процедуры, является актуальной задачей.

По существующей классификации питателей лишь шнеки и безвальные шнеки контактируют с сыпучим материалом по всей длине бункера (рис. 1), что дает возможность улучшить процесс опорожнения. С другой стороны, та часть питателя 1, которая находится в кожухе (выгрузном патрубке), представляет собой важный элемент бункерного устройства, влияющий на производительность безвального шнекового питателя.

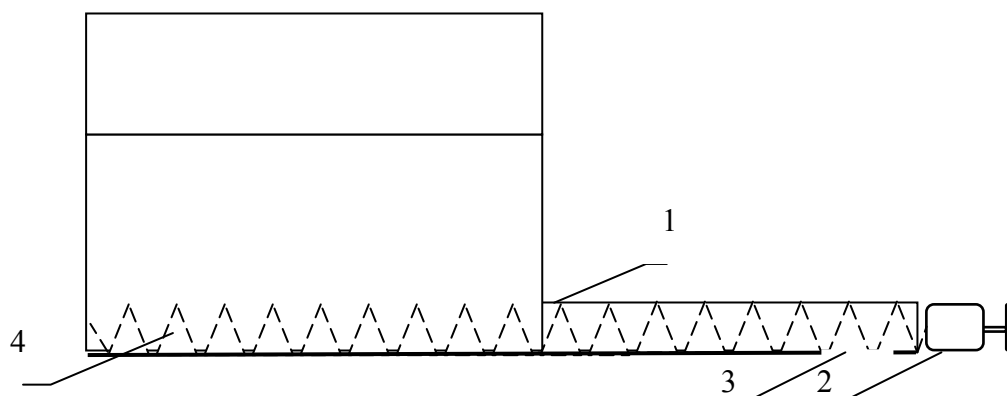


Рис. 1. Безвальный шнековый питатель в бункере.

Принцип действия безвального шнекового питателя сводится к следующему: включается привод 2, момент передается спиральному винту 4, который при вращении перемещает сыпучий материал, находящийся в межвитковом пространстве. Затем самотеком сыпучий груз поступает из верхних страт и транспортируется вдоль желоба, а после – по кожуху 1, оканчивающегося выгрузным окном 3. Геометрия спирального винта, представленного на рис. 1 неизбежно приводит к образованию застойной зоны. Конструктивные изменения, снижающие проявление данного эффекта запатентованы, имеются три патента на полезные модели РФ, единственным автором и патентообладателем которых является докладчик.

Дополнительно рассматривается вопрос по размещению привода и конфигурации приводов для снижения неравномерности нагрузки в материале спирального винта.

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ ГИБКИЙ ШНЕК *HORIZONTAL FLEXIBLE SCREW CONVEYOR*

П.С.Золотарев – аспирант

ФГОУ ВПО «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия»

Abstract. This work is concerned with the horizontal shaftless screw conveyor. The physical and mathematical models of the transportation process are considered.

Большое число технологических процессов используют в своих схемах приемно-разгрузочные процедуры, реализуемые механическими питателями с вращающимися рабочими органами. Погружное расположение могут обеспечить лишь шнеки и спирально-винтовые питатели. Геометрия бункерного устройства диктует условное разделение питателя на погружную часть и часть, находящуюся в кожухе (выгрузном патрубке). Это позволяет анализировать бункерное устройство, что упрощает рассмотрение. Кожухная часть обеспечивает производительность питателя, поэтому физико-математическое моделирование процесса транспортировки сыпучего материала вращающимся спиральным винтом, расположенном в цилиндрическом кожухе (рис. 2), представляет большой интерес для теоретического обоснования конструктивного исполнения.

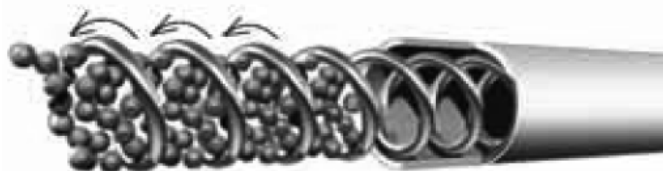


Рис.1. Спиральный винт в кожухе

Для теоретического описания процесса транспортировки сыпучего груза в описанной системе рассматриваются гидродинамический, механистический и впервые – кинематический подходы.

В первом случае разрешается уравнение Навье-Стокса в модельном геометрическом приближении (Приводная техника, №5, 2009; Тракторы и сельхозмашины, №3, 2010). В случае механистического подхода (Вестник МАДИ, №2, 2010) принимается во внимание элементарный объем сыпучего материала и за счет ввода углов и оригинального разрешения уравнения движения поучается закон движения, выражение для производительности. Кинетическая точка зрения на процесс перемещения сыпучего материала дает основание для оперирования вероятностными величинами и установления функции плотности вероятности для сыпучего материала, что, в конечном счете, обеспечивает установление формулы для производительности.

**РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ**
*DEVELOPMENT FOR THE FORMATION SCHEME
OF TECHNOLOGICAL DECISION*

А.М.Арзыбаев - аспирант

Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана

Abstract. The database for construction of efficient manufacturing operation and the search method of the best technological decision are suggested.

Основой технологической операции являются технологические переходы изготовления поверхностей во многом определяющие ее эффективность.

Операционная технология разрабатывается технологом вручную или с помощью средств автоматического проектирования (САПР). В обоих случаях качество разработанной операции определяется качеством элементной базы средств технологического обеспечения и методикой поиска технологического решения (ТР) изготовления поверхности.

На предприятиях, где разработка операций 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 разработки операции с помощью САПР ТП элементная база средств технологического обеспечения организована значительно лучше и лучше организован поиск ТР. Однако в обоих случаях, как правило, поиск ТР осуществляется технологом, который выбирает ТР на основе своего опыта и знания технологических решений, принимая два-три варианта, не подтверждая обычно их выбор расчетами. В результате разработанные технологические операции с одной стороны далеки от наилучших, а с другой стороны требуют на их разработку значительных затрат времени.

Из изложенного следует, что для построения эффективной технологической операции необходимо иметь элементную базу, охватывающую по возможности как можно больше существующих средств технологического обеспечения и методику поиска наилучшего ТР по изготовлению поверхностей. Технологическое решение должно обеспечивать заданные характеристики поверхности (форму, размеры, качество). Методика поиска ТР должна включать выбор и отбор в определенной последовательности элементов образующих ТР. К этим элементам относятся метод обработки, обрабатывающий инструмент, материал рабочей части инструмента и схема его базирования, которые оказывают непосредственное влияние на технологию изготовления поверхности.

КОНСТРУИРОВАНИЕ И СТАДИИ РАЗРАБОТКИ ДОКУМЕНТАЦИИ

DESIGNING AND ELABORATION STAGES OF DOCUMENTATION

К.А. Вилипп – инженер

ОАО «Томский электромеханический завод им. В.В. Вахрушева»

Abstract. The heads of report is about designing, designing factors and elaboration stages of documentation for manufacture. Elaboration stage are submitted as the block-scheme with an explanation of their interaction. Author's recommendations are made for optimization of designing.

Конструирование – это наиболее творческий процесс в создании материальных ценностей. Каждая задача, как правило, имеет много решений.

В начале конструирования может потребоваться многое: уметь определить действующие силовые факторы, выполнить прочностные, электрические, оптические, магнитные и тепловые расчеты. Выбирать из нескольких возможных вариантов исполнения изделия лучшие по надежности, дизайну, качеству при оптимальной стоимости изделия, наименьшей трудоемкости, а также оценивать его конкурентоспособность на мировом рынке. Стоит отметить также задачи проектирования в техническом задании.

В связи с этим предлагается блок схема, позволяющая ознакомиться с процессом разработки конструкторской документации. Основные части авторской блок схемы:

Эскиз (франц. *esquisse*) - предварительный набросок, фиксирующий замысел художественного произведения, сооружения, механизма или отдельной его части. Совокупность документов, которые должны содержать принципиальные конструктивные решения, дающие общее представление о назначении, об устройстве, основных параметрах, принципе работы и габаритных размерах, может быть представлена программной моделью.

Технология – совокупность методов обработки, изготовления, изменения состояния, свойств, формы сырья, материала или полуфабриката. Это учитывает оборудование данного предприятия и возможность изготовления.

Нормоконтроль – требования по учету, хранению и обеспечению подразделений предприятия конструкторскими и технологическими документами, выполненными в бумажной форме. Выполняет бюро технической документации.

После сдачи полного комплекта документации в архив, копии подлинника (рабочие копии) рассылаются в подразделения предприятия. Архив разделяют для документации в бумажной и электронной форме.

Рекомендации автора при проектировании:

- рассмотрение технического задания на возможность оптимизации;
- проведение обзора мировых наработок в данной области;
- следование принципам эргономичности (обеспечении комфорта, эффективности и безопасности при использовании данной разработки);
- обеспечение технологичности конструкции;
- использование стандартных, нормализованных деталей и узлов;
- унифицирование разработки (приведение различных видов продукции и средств ее производства к наименьшему числу типоразмеров, марок, свойств и т.п., один из методов стандартизации);
- использование широко распространенного сырья, материала.

ПЛОСКИЕ РЫЧАЖНЫЕ МЕХАНИЗМЫ В ПОЛИГРАФИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

PLANE LEVER MECHANISMS IN POLYGRAPHIC INDUSTRY

Е.С.Гебель - к.т.н., В.Г.Хомченко - д.т.н., проф.
Омский государственный технический университет

Abstract. Report is devoted the use of plane lever mechanisms in polygraphic industry for realization of high-precision stopping of the output link with specified continuance. Crank-crawl mechanism with deviation of the end effector from specified position $\pm 0,0017\text{mm}$ was received.

Данная работа посвящена вопросам использования в полиграфическом оборудовании плоских рычажных механизмов для получения высокоточной остановки выходного звена заданной продолжительности. Одной из возможных областей их применения являются прессы горячего тиснения, которые предназначены для изготовления визитных карточек, приглашений, открыток, бланков и другой представительской и некоторой сувенирной продукции.

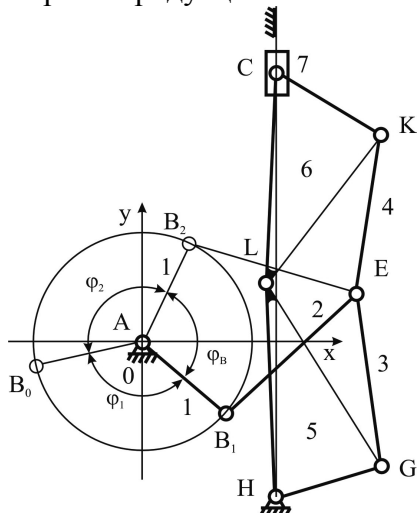


Рис. 1. Схема ползунного механизма с выстоем

Рычажные механизмы обладают высоким коэффициентом полезного действия, способностью обратимости хода (реверсом), достаточной жесткостью и нагрузочной способностью, относительно малой инерционностью перемещающихся частей и имеют конструктивно простую схему. Конечные выстои выходного звена, обеспечиваемые за счет их кинематических свойств, позволяют осуществлять согласованные движения исполнительных механизмов высокопроизводительных машин-автоматов.

Предлагаемая конструкция плоского рычажного механизма 4-го класса (рис. 1) с приближенным выстоем выходного звена [1], содержащая стойку 0, кривошип 1, шатун 2, базовые звенья 3 и 4, ведомое 5 и вспомогательное 6 коромысла и ползун 7, позволяет получить циклограмму с остановкой конечной продолжительности в крайнем положении.

Разработанные методики аналитического синтеза и анализа [2] позволяют найти значения рассчитываемых кинематических параметров для заданной циклограммы перемещения выходного звена и решить задачу определения положений, скоростей и ускорений звеньев.

В частности, получен механизм для реализации циклограммы: $\varphi_1=120^\circ$; $\varphi_B=120^\circ$; $S^R=10$ мм (здесь φ_1 и φ_B – углы поворота кривошипа соответственно на первом интервале движения и на интервале выстоя, S^R – перемещение ползуна в абсолютных единицах), обеспечивающий высокую кинематическую точность позиционирования рабочего органа на интервале выстоя. Отклонение от заданного положения рабочего органа составило $\pm 0,0017$ мм.

Литература

1. Пат. 90156 Российская Федерация, МПК F16H 21/00 Кривошипно-ползунный механизм с выстоем / В. Г. Хомченко, В. Н. Румянцев, Е. С. Гебель; заявитель и патентообладатель Омский гос. техн. ун-т. - №2009124373/22 ; заявл. 25.06.09 ; опубл. 27.12.09, Бюл. № 36. – 2 с. : ил.
2. Хомченко В.Г. Кинематический синтез и анализ рычажных механизмов IV класса с выстоем выходного звена по заданной циклограмме / В. Г. Хомченко и др. // Proc. 12th World Congr. on the TMM. – France, Beanson, 2007. pp.626 – 632.

ПЛОСКИЙ МАНИПУЛЯТОР ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ С ЧАСТИЧНОЙ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ РАЗВЯЗКОЙ

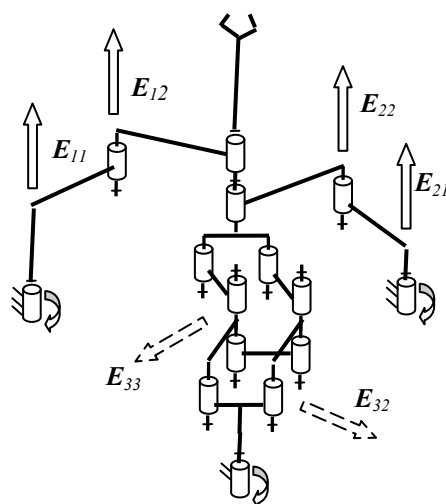
PLANAR PARALLEL MANIPULATOR WITH PARTIAL KINEMATICAL DECOUPLING

Во Динь Тунг - аспирант, В.А.Глазунов - д.т.н., проф.,
Фам Динь Тык – аспирант, Нгуен Динь Чунг – аспирант, Ву Ван Чьонг – аспирант,
Учреждение РАН Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН
Национальный морской университет Вьетнама, Хошимин

Abstract. The planar parallel mechanism is considered. This mechanism is characterized by partial decoupling of the actuators.

Механизмы параллельной структуры наряду с высокой точностью и грузоподъемностью характеризуются высокой взаимной связанностью между приводами. Это ухудшает точность работы и усложняет управление.

Для частичного решения этой проблемы можно применить развязку степеней свободы. В частности в плоском механизме (рис.) с тремя степенями свободы одно из движений - вращение выходного звена вокруг собственной оси - развязано относительно двух других движений – поступательных перемещений выходного звена. Развязка достигается тем, что вращение передается с помощью двух параллелограммов, при этом передаточное отношение для вращения равно единице.



Решение задач о положениях и скоростях предполагает раздельное рассмотрение поступательных и вращательных движений. Это также способствует упрощению управления и моделирования. При определении обобщенных координат по заданному положению выходного звена следует рассматривать задачу, характерную для обычного плоского пятизвенника. При анализе скоростей также по отдельности определяются обобщенные скорости, характеризующие поступательные движения, и выражающие вращение выходного звена.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗМЕРА ПРОЛЁТА КОЗЛОВОГО КРАНА НА ВЕЛИЧИНУ ПОДНИМАЕМОГО ГРУЗА

RESEARCH OF EFFECT OF THE SPAN SIZE FOR THE TRAVELING GANTRY CRANE ON MAGNITUDE OF THE PICKED UP WEIGHT

В.В. Исаев – соискатель, Л.В. Лукиенко – д.т.н., доц.

Новомосковский институт (филиал) Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева

Abstract. In report the results of researches by definition of admissible magnitude of a picked up weight depending on the increase of span size for the traveling gantry crane is presented.

При выгрузке длиномерных грузов из железнодорожных вагонов выявляется один из недостатков большинства козловых кранов – недостаточное расстояние между стойками опор. Для проноса груза через опоры приходится опускать и поворачивать груз. Это снижает производительность и безопасность проведения погрузочно-разгрузочных работ.

Традиционные расчеты на прочность крановых металлоконструкций используют плоскую схемы их работы, тогда как их элементы работают как пространственные системы. В сложных случаях трудно оценить точность таких расчетов без экспериментальной проверки на моделях и изделиях. Применение метода конечных элементов позволило зарубежным фирмам создать такие мощные программные средства, как ANSYS, Nastran, Cosmos и др. Одной из альтернатив этим зарубежным программным продуктам для расчета крановых конструкций является отечественный модуль конечно-элементного анализа APM Structure3D, входящий в состав CAD/CAE/CAM/PDM-системы APM WinMachine. Его главными преимуществами являются русскоязычный интерфейс, инстинктивная простота освоения, а также то, что и процесс подготовки к расчету, и собственно расчет интуитивно понятны и соответствуют традиционным представлениям. Модуль APM Structure3D позволяет не только рассматривать конструкцию в целом, но и предусматривать расчетные закрепления и опоры в любой их комбинации, оперативно изменять сочетания нагрузок, получать исчерпывающие расчетные данные по любому элементу конструкции – таким образом, преимущество модуля APM Structure3D очевидно.

На рисунке 1 представлены зависимости максимальных напряжений и коэффициента запаса устойчивости от прикладываемой нагрузки. Анализ графиков позволяет сделать вывод о том, что для обеспечения надёжной работы крана целесообразно снизить поднимаемую нагрузку с 200 кН до 160 кН. При этом коэффициент запаса прочности по пределу текучести составляет 3,1.

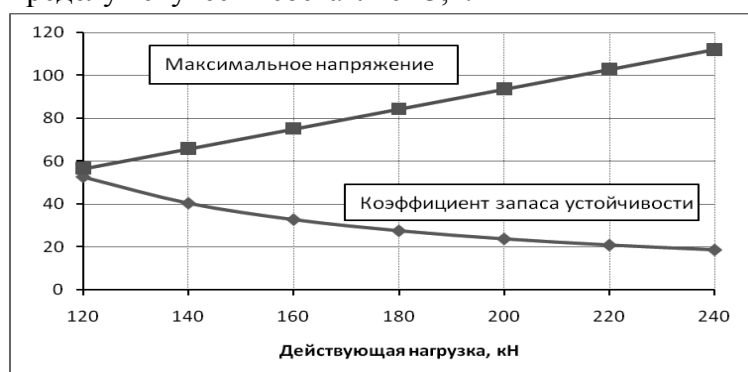


Рис.1. Зависимость максимального напряжения и коэффициента запаса устойчивости от действующей нагрузки

Проведённые исследования позволили определить наиболее рациональную величину поднимаемого груза при увеличении длины пролётного строения козлового крана. Полученные результаты могут быть использованы

для совершенствования технических характеристик исследуемого козлового крана при увеличении длины пролётного строения.

**К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСИЛИЯ ПОДАЧИ
ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА В УСТАНОВКАХ
ДЛЯ БЕСТРАНШЕЙНОЙ ПРОКЛАДКИ ТРУБ
ABOUT DEFINITION OF HAULAGE FORCE OF CUTTING HEAD
IN INSTALLATIONS FOR TRENCHLESS TECHNOLOGY OF PIPES**

М.Н. Каменский – аспирант, **Л.В. Лукиенко** – д.т.н., проф.

Новомосковский институт (филиал) ГОУ ВПО Российского химико-технологического
университета им. Д.И. Менделеева

Abstract. Sampling of the haulage system of cutting head in installations for trenchless technology is necessary for pipes laying. It is made on the basis of comparison of necessary and possible force of puncture

Одним из наиболее актуальных направлений развития техники для строительства бестраншейных технологий является создание компактных установок управляемого прокола, обладающих значительным ресурсом и способных высокопроизводительно выполнить проходку прямолинейных выработок малого диаметра.

Основным параметром, определяющим возможность применения того или иного способа подачи исполнительного органа, является необходимое усилие прокола. Применяемые исполнительные органы с наклонной к оси движения рабочей площадкой головной секции позволяют осуществлять управление проколом в части сохранения прямолинейной оси за счет наличия боковой отклоняющей нагрузки.

При анализе существующих методов было выявлено, что при определении общего усилия прокола ставами малых диаметров учитываются не все факторы, отражающие реальную работу машины в конкретных горно-геологических условиях. Исходя из этого, предложено необходимое общее усилие прокола P_{np} определять суммированием усилия вдавливания исполнительного органа $P_{уль}$, затрачиваемого на преодоление сопротивления уплотнению грунта, усилий $P_{мп.1}$ и $P_{мп.2}$, возникающих от трения става о грунт под влиянием горного давления и собственной массы, усилия $P_{сц}$ от сцепления става с грунтовым массивом и реактивных нормальной P_N и касательной P_τ сил на рабочей площадке головной секции.

Тогда выражение для определения необходимого усилия прокола в соответствии с перечисленными силами сопротивления можно представить следующим образом:

$$P_{np} = \delta_{упл} \frac{\pi d^2}{4n_0} + l_{ст} f \left(\frac{\pi d}{2} \frac{\gamma H}{1-\nu} + \gamma_{ст} \frac{\pi}{4} (d^2 - d_{вн}^2) \right) + C_{ст} \pi d l_{ст} + P_N \sin \alpha + P_\tau \cos \alpha$$

где: $\delta_{упл}$ – коэффициент сопротивления грунта уплотнению, МПа; d и $d_{вн}$ – внешний и внутренний диаметры исполнительного органа (става), м; n_0 – коэффициент пористости грунтового массива; $l_{ст}$ – длина става, м; f – коэффициент трения става о грунт; γ – средний объемный вес покрывающего выработку грунтового массива, кН/м³; H – глубина заложения выработки, м; ν – коэффициент Пуассона вмещающего грунта; $\gamma_{ст}$ – объемный вес материала става, кН/м³; $C_{ст}$ – коэффициент сцепления става с грунтом, кПа.

Сопоставление величин необходимого и возможного усилия прокола позволяет сделать вывод о перспективности применения зубчато-реечной системы перемещения исполнительного органа, которая хорошо зарекомендовала при работе в сложных условиях, и определить допустимую величину длины прокола.

Проведенный анализ конструктивных схем машин для бестраншейной прокладки труб позволяет предложить схему машины для горизонтально-направленного прокола с зубчато-реечной системой перемещения исполнительного органа, которая предназначена для работы в грунтах, представленных глинами, суглинками, супесями и песками (при крепости $f=0,3 \dots 0,7$ по шкале М.М. Протождяконова) в условиях умеренного климата.

**ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТРАЕКТОРИИ
ПЕРЕМЕЩЕНИЯ РАБОЧЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ МЕХАНИЗМОВ
С НЕЛИНЕЙНОЙ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ**
*INCREASING THE ACCURACY OF THE FORMATION TOOLPATH
FOR MECHANISMS WITH NONLINEAR KINEMATIC STRUCTURE*

А.А.Зеленский

Южно-Российский государственный университет экономики и сервиса

Abstract. Abstract. This paper presents a way to improve the accuracy of positioning a working tool for the complex mechanisms with nonlinear kinematic structure. The paper showed how we can use this method for the mechanism with two degrees of freedom and how it allows to improve the accuracy of positioning.

Одним из основных элементов системы управления динамическими объектами, в частности механизмами, предназначенными для формирования запрограммированной траектории перемещения рабочего инструмента относительно заготовки, являются интерполяторы [1], включающие в себя следующие функции: формирование траектории движения, стабилизацию линейной контурной скорости и т.д. На данный момент для формирования траектории движения существует множество математических подходов [2-3], в основе которых лежит непрерывность трансцендентных функций, позволяющих без особых вычислительных затрат реализовать интерполятор, но их недостатком является невозможность решить интерполяционную задачу с минимальной ошибкой позиционирования. Кроме того, существует подход к управлению с использованием методов и алгоритмов теории графов, в том числе: алгоритм Дейстры, Беллмана-Форда, Ленда и Дойга и др., которые позволяют найти траекторию с наименьшей ошибкой, но требуют больших вычислительных затрат, а самое главное, слабо связаны со свойствами объекта управления.

В работе рассмотрен подход, позволяющий обеспечить обработку сложного контура с более высокой точностью по сравнению с классическими методами, с учетом свойств исполнительного механизма. В основе этого подхода лежит анализ локальной матрицы различной размерности в области приближенной к заданной функции. Данный подход позволяет, в режиме реального времени, не учитывать интерполяционные узлы, вносящие ошибку в контур с учетом эквидистанты рабочего инструмента. В работе также рассмотрен пример использования предложенного метода для системы управления двухподвижным механизмом, предназначенным для обработки материала по сложному контуру бесконтактным способом [4]. Разработана компьютерная модель, показывающая преимущества данного подхода перед классическими.

Литература

1. Кошкин, В.Л. Аппаратные системы числового программного управления [Текст]: практ. пособие/ В.Л. Кошкин - М. : Машиностроение, 1989. - 245 с.
2. Suh, S. Theory and design of CNC systems [Text]/ S. Suh, S. Kang, D. Chung, I. Stroud. - Springer Series in Advanced Manufacturing, 2008. – 466 p.
3. Зенкевич, С.Л. Управление роботами. Основы управления манипуляционными роботами [текст]: учебник для вузов/ С.Л. Зенкевич, А.С. Ющенко – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2000. - 400 с., ил.
4. Патент №2367544 Рос. Федерация. МПК В23В39/20. Станок / Зеленский А.А., Валюкевич Ю.А., Кузнецов С.А.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «ЮРГУЭС». - № 2008107661/02, заявл. 27.02.2008; опубл. 20.09.2009, Бюл. № 9. – 3 с.: ил.

СЕКЦИЯ 4

**Нелинейная волновая
механика и технологии**

**МЕТОД ПОЛНЫХ БИФУРКАЦИОННЫХ ГРУПП И ЕГО
ПРИМЕНЕНИЕ В ДИНАМИКЕ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ**
*METHOD OF COMPLETE BIFURCATION GROUPS AND ITS APPLICATION
IN DYNAMICS OF THE MACHINES AND MECHANISMS*

М.В. Закржевский - д.т.н., проф., **А.В. Клоков** - м.т.н., докторант
Рижский технический университет (Институт механики)

Abstract. The nonlinear dynamical systems (NDS) are widely used in the engineering, but their qualitative behavior hasn't been investigated enough. Therefore the aim of this work is to study new nonlinear effects in archetypal models of the NDS with one and several degrees of freedom, which are sufficiently close to the real models used in dynamics of the machines and mechanisms. In this work the existence of new bifurcation groups, rare attractors and chaotic regimes in these systems is shown.

Недавние исследования в области нелинейной динамики показали, что во всех ранее изучаемых типовых моделях обнаруживаются так называемые редкие аттракторы (РА), которые остаются незамеченными при использовании традиционных методов анализа. Систематический поиск редких аттракторов производится при помощи метода полных бифуркационных групп (МПБГ) [1-4], который позволяет проводить более полный глобальный анализ поведения систем.

При рассмотрении динамики машин и механизмов используются существенно нелинейные модели [1-4]. Поэтому авторы настоящей работы высказывают предположение, что редкие аттракторы существуют в этих моделях и их поиск является важной частью анализа качественного поведения динамических систем. Можно предположить, что редкие аттракторы могут приводить к поломкам и техническим катастрофам, связанным с неожиданным появлением новых режимов с большими амплитудами, либо к другим катастрофическим или неожиданным явлениям. Поэтому целью настоящей работы является исследование динамики типовых систем с одной или несколькими степенями свободы при помощи метода полных бифуркационных групп, модели которых достаточно близки к реальным моделям, используемым в динамике машин и механизмов. Показано существование в типовых системах редких регулярных и хаотических аттракторов. Исследования направлены на создание теории редких динамических явлений, как в технике, так и в социологии, биологии и медицине.

Литература

1. Zakrzhevsky M. New concepts of nonlinear dynamics: complete bifurcation groups, protuberances, unstable periodic infinitiums and rare attractors – Journal of Vibroengineering, 2008 December, Volume 10, Issue 4, ISSN 1392-8716, p. 421-441.
2. Закржевский М.В., Типовые бифуркационные группы в теории нелинейных колебаний, Труды XV симпозиума «Динамика виброударных (сильно нелинейных) систем, РАН, Москва, 2006, с. 116-122.
3. Zakrzhevsky M. The theory of rare phenomena and rare attractors. – St. Peterburg, XXIX Summer Scholl “Advanced Problems in Mechanics”, June 21-30, 2001.
4. Zakrzhevsky, M.V. Global Nonlinear Dynamics Based on the Method of Complete Bifurcation Groups and Rare Attractors, Proceedings of the ASME 2009 (IDETC/CIE 2009), CD, San Diego, USA, 2009, 8 p.

**РАВНОКАНАЛЬНАЯ МНОГОУГЛОВАЯ ТВЕРДОФАЗНАЯ
ЭКСТРУЗИЯ ПЭВП И НАНОКОМПОЗИТОВ НА ЕГО ОСНОВЕ**
*EQUAL-CHANNEL MULTIANGULAR SOLID-PHASE EXTRUSION
OF HDPE AND HDPE NANOCOMPOSITES*

С.А.Иванов – асп., Д.Е.Кобзев – м.н.с., М.С.Толстых – м.н.с., А.К.Разинин – м.н.с.
Тамбовский государственный технический университет

Abstract. The paper describes the influence of equal-channel multiangular solid-phase extrusion on HDPE and HDPE nanocomposites.

В настоящее время большой интерес вызывают исследования, посвященные методам твердофазной экструзии (ТФЭ) полимеров, основанные на схемах простого сдвига. В отличие от традиционных методов ТФЭ (плунжерной и гидростатической) эти методы не приводят к изменению геометрии полимерных заготовок и вместе с тем благоприятно влияют на их физико-механические свойства. Повышение физико-механических характеристик достигается благодаря молекулярной ориентации, вызываемой интенсивной пластической деформацией (ИПД).

Данная работа посвящена исследованию влияния одного из методов ИПД – равноканальной многоугольной твердофазной экструзии (РКМУТФЭ), на технологические параметры и эксплуатационные характеристики аморфно-кристаллического полиэтилена высокой плотности (ПЭВП), модифицированного углеродным наноматериалом (УНМ) - (нановолокна, многостенные нанотрубки) с поперечным размером частиц 40-100 нм, производства ООО «Нанотехцентр» (г. Тамбов). Композиты готовили в лабораторном экструдере с диаметром шнека $d=32$ мм в температурном диапазоне 433 - 453 К, после смешения в шаровой мельнице в течении 1 часа, а также в роторном смесителе Naake PolyDrive. Главной особенностью РКМУТФЭ является наличие в одном устройстве нескольких очагов сдвиговой деформации, что обеспечивает реализацию дробного режима деформирования при проходе заготовки через каналы.

Прочностные свойства в условиях напряжений среза образцов ПЭВП и нанокompозитов на его основе, полученных жидкофазной экструзией (ЖФЭ) и РКМУТФЭ, оценивали на испытательной машине УТС 101-5 с использованием специального приспособления типа «вилка» при скорости перемещения подвижного зажима машины 50 мм/мин.

Для определения остаточных ориентационных напряжений в экструдатах, полученных твердофазной экструзией полимерных композиций, и оценки температурной области работоспособности изделий использовали метод построения диаграмм изометрического нагрева (ДИН). Дифференциальную сканирующую калориметрию осуществляли с использованием модифицированного термоаналитического комплекса DSC-2. Скорость нагрева образцов составляла 20 К/мин.

Полученные экспериментальные данные, свидетельствуют об увеличении прочности в условиях срезающих напряжений для образцов полимерной системы ПЭВП + УНМ в сравнении с ПЭВП, прошедших РКМУТФЭ. Также отмечено повышение деформационной теплостойкости и снижение уровня остаточных напряжений наномодифицированного ПЭВП по отношению к немодифицированному полимеру.

Из проведенных дальнейших исследований определено, что обработка образцов в режиме РКМУТФЭ оказала несущественное влияние на их скорость поглощения энергии, однако оказало положительное воздействие на прочностные характеристики.

Анализ экспериментальных данных свидетельствует о эффективности РКМУТФЭ как метода твердофазной структурной модификации ПЭВП - нанокompозитов.

Работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг. ГК №П702 от 20 мая 2010 г.

ПРОГРАММА РАСЧЕТА ПРИПУСКОВ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ С УЧЕТОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

PROGRAM OF ALLOWANCES CALCULATION FOR MECHANICAL TREATMENT TAKING INTO ACCOUNT A TECHNOLOGICAL HEREDITY

В.В.Краев¹ – аспирант, **Г.Г.Крушенко**^{2,1} – д.т.н., проф.

¹Сибирский государственный аэрокосмический университет, Красноярск

²Институт вычислительного моделирования СО РАН, Красноярск

Abstract. The program of allowances calculation for mechanical treatment taking into account a technological heredity is represented.

В производстве достаточно часто имеет место завышение припусков на механическую обработку заготовок, в результате чего увеличиваются расход материала, трудоемкость изготовления деталей, износ инструмента и т.п.

В результате изучения и дополнения расчетно-аналитических методов определения припусков, в настоящей работе представлено описание разработанной программы по расчету припусков на механическую обработку. Программа учитывает погрешность закрепления детали в приспособлении, точность выполнения операции и применяемого для нее инструмента, погрешности базирования, погрешности при получении заготовки.

При разработке программы выделены такие этапы, как создание математической модели, структурной и блок-схемы, тестирование и отладка программы на реальных деталях.

Характерная особенность разработанной математической модели заключается в итерационном подходе к расчету припусков на каждый последующий переход. Основопологающим моментом при этом является тот факт, что вначале следует обработать первоначальные данные, которые ввел пользователь. При этом определяется первый шаг итерации, поскольку входящие расчетные данные существенно видоизменяются как по качественному, так и по количественному признаку.

Для качественной разработки программы проработана блок-схема алгоритма для дальнего кодирования программы, что также дает возможность более простого совершенствования программы.

Рассмотрим работу программы на конкретном примере.

В качестве исходных данных возьмем прокат средних параметров:

$$\text{Круг} \frac{52 \text{ ГОСТ } 2590 - 88}{08X18H10T \text{ ГОСТ } 5949 - 75}$$

Это сортовой прокат с обычной точностью, длиной проката 100 мм и диаметром 52 мм (по параметрам программы не более 80 мм). Требуемый размер детали Ø50 мм, с точностью обработки: 5 квалитет, Ra = 3,2. Длина обработки – 30 мм, материал – сталь 08X18H10T. Способ установки заготовки – крепление в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне.

После ввода всех данных, получаем таблицу, в которой расписаны все операции расположенные в порядке выполнения для получения указанной поверхности с необходимой точностью со всеми припусками на механическую обработку. Для дальнейшего использования исходных, промежуточных и полученных данных, а также формул, по которым производились вычисления, можно сохранить их в текстовом файле.

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ
КАЧЕСТВА РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**
*TECHNOLOGY SUPPORT FOR FORMATION OF QUALITY
OF WORKING SURFACES IN MACHINERY*

А.Е. Стецько – старший преподаватель
Украинская академия печати (г. Львов)

Abstract. A new method for the surfaces strengthening of mechanical parts of machines and the improvement of quality of working surfaces is suggested.

На современном этапе приоритетное направление развития машиностроения заключается во внедрении в производство прогрессивных технологий. Это касается как новых технологий изготовления, упрочнения и восстановления деталей машин, так и усовершенствование технологий их механической обработки. С усовершенствованием машин объем механической обработки увеличивается, на первый план выходят финишные процессы. На сегодня в промышленном производстве широко применяются материалы с гетерогенной структурой, которые имеют высокую стойкость в условиях интенсивного изнашивания.

Упрочненные детали с композитными покрытиями владеют высокими эксплуатационными характеристиками, которые значительно повышают их износостойкость и обеспечивают повышенный ресурс работы. Предложенный комплексный метод химической обработки и диффузного хромирования состоит из двух последовательных этапов: нанесения на поверхность упрочняющегося образца никелькобальтофосфорного химического покрытия толщиной около 10-12 мкм способом химического осаждения и следующего диффузного. В результате образовывается укрепленное покрытие, которое состоит из 4-ох зон, с внешней композитной зоной, которая позволяет значительно повысить ресурс работы благодаря релаксации накопленных в ходе работы внутренних микронапряжений в мягкой фазе - твердом растворе хрома в α -железе, в то время, когда основная нагрузка будет воспринимать твердая фаза - столбчатые зерна карбида хрома высокой твердости (около 18 ГПа).

На основе разработанных теоретических исследований получена обобщенная теоретическая зависимость расчета конечной шероховатости обработанной поверхности.

Сравнение зависимостей шероховатости полученной поверхности деталей, изготовленных комплексным методом после механической обработки инструментом из вюрцитоподобного нитрида бора (композит 10) и полученных теоретических зависимостей показывает расхождение результатов в пределах 10-15%. По результатам механической обработки деталей, укрепленных комплексным методом, установлены рациональные режимы механической обработки для получения оптимальной шероховатости, которые подтверждают теоретические расчеты: подачу $S = 0,065$ мм/об; глубину резания $t = 0,05$ мм; скорость резания: 150 - 200 м/мин.

ЛАЗЕРНОЕ ЛЕГИРОВАНИЕ СТАЛЕЙ БОРОМ

LASER ALLOED OF THE STEEL

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

Abstract. The possibility of the structural modification of boride layers with used the hitting of laser investigated in this paper.

Лазерное легирование чаще всего проводится путем нанесения на поверхность детали обмазки, содержащей легирующие элементы с последующим оплавлением поверхностных слоев. Количество поглощенной материалом энергии определяется оптическим и теплофизическими свойствами поверхности основного материала и толщиной обмазки. При лазерном легировании, энергия излучения оптического квантового генератора (ОКГ) частично поглощается поверхностью ($E_{п.}$), теряется в результате отражения от обмазки ($E_{п.о.}$) и поглощается обмазкой, включая энергию, не дошедшую до обрабатываемого материала ($E_{обм.}$) [1]:

$$E = E_{п.} + E_{п.о.} + E_{обм.}$$

Сумма $E_{п.} + E_{обм.}$ представляет собой «полезную» часть энергии излучения лазера, которая принимает участие в формировании зоны легирования.

Процесс лазерного легирования состоит из следующих этапов:

- 1- Нагрева легирующего состава до достижения в зоне контакта с основой температуры плавления материала.
- 2- Образования жидкой фазы и перемешивания фаз в зоне ванны расплава.
- 3- Кристаллизации жидкой фазы.

При достижении на границе «покрытие – подслоя» температуры плавления образуется жидкая фаза, и процесс насыщения поверхностного слоя легирующим элементом интенсифицируется. На первом этапе легирование происходит по механизму диффузии в жидкой фазе, на втором этапе другой механизм легирования – конвективное перемешивание фаз. Установлено, что массоперенос в ванне расплава происходит потоками от центра лазерного пятна к ее краям за счет градиента сил поверхностного натяжения, обусловленного разностью температур в центре и по краям ванны расплава. При этом скорость движения поверхностных потоков может достигать 3 м/с. Движение внутренних потоков происходит за счет сил вязкого трения со скоростями на порядок меньшими. В результате возникает циркуляционное движение потоков. Изменение давления движущихся потоков уравнивается силами поверхностного натяжения при искривлении поверхности расплава.

В наших экспериментах на поверхность сталей: Ст.3, 40Х, 45, У8, У10 наносилась борсодержащая обмазка на основе порошка буры. В качестве связующего вещества использовался водный раствор оксиэтилцеллюлозы. Обработку производили на лазерной установке «Комета – М». Мощность лазерного излучения варьировали в пределах 800...1500Вт. Структура и микротвердость покрытия, получаемых лазерным оплавлением борсодержащих обмазок на поверхности сталей, зависит от режима обработки. Микротвердость в структуре, которая состоит из феррита и боридной эвтектики составляет 6000 – 12000 МПа. Насыщение поверхности бором за счет уменьшения глубины оплавления или многократного нанесения и оплавления обмазки приводит к появлению в структуре большого количества боридов (FeB , Fe_2B) и увеличению микротвердости до 14000 – 21000 МПа. Причем высокая твердость покрытия сохраняется при нагреве до 600 °С.

Литература

1. Лахтин Ю.М., Коган Я.Д. Поверхностное легирование металлов и сплавов при лазерном нагреве. М. 1990. 56 с.

ЛАЗЕРНОЕ ОПЛАВЛЕНИЕ ПЛАЗМЕННЫХ ПОРОШКОВЫХ ПОКРЫТИЙ

LASER MELTING OF THE PLASMA COATINGS

Б.Н.Михайлин - асп., А.А.Фишков - асп., В.П.Бирюков - к.т.н.

Учреждение РАН Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН

Abstract. In this report presented parameters of the strengthened zones coatings of steel 45. They were treatment by laser at broad variation of power and of speed of motion of beam.

В настоящее время для упрочнения деталей и восстановления поверхностей трения широкое применение нашел метод плазменного напыления покрытий. Однако при этом методе часто не обеспечивается необходимая прочность сцепления покрытия с основой.

Решение данной проблемы связано с поисками активации поверхности различными способами: предварительным подогревом, регулированием химического состава и теплофизических свойств, плазмы и среды, активации подложки воздействием мощного ультразвукового облучения при напылении, а также применением самофлюсующихся порошков с их последующим оплавлением.

В наших экспериментах для увеличения прочности сцепления плазменного покрытия применено лазерное оплавление расфокусированным неподвижным лучом при вращении образца и сканирующим лучом с частотой 220 Гц по нормали к вектору скорости вращения образца. Эти же режимы использованы при обработке образцов по спирали. Для оплавления покрытия в ИМАШ РАН использовалась лазерная установка «Комета-М». Мощность излучения варьировалась в пределах 900...1400Вт. Скорость перемещения образца изменялась в пределах 5...15 мм/с. Диаметр лазерного луча составлял 3...4 мм. Ширина сканирования – 5...10 мм. Образцы стали 45 диаметром 23 мм и длиной 150 мм напылялись на стандартной установке УПУ-3Д в ИМЕТ РАН. Для напыления использовался серийно выпускаемый порошок ФБХ6-2, применяемый для восстановления деталей работающих в условиях абразивного, коррозионно-механического и других видах изнашивания. Толщина порошковых покрытий составляла 0,3...0,35 мм.

Металлографические исследования проводили по стандартной методике. Для напыленного покрытия характерно формирование слоистой структуры с темными и светлыми фазами с различными по форме и объему включениями. В месте контакта покрытия с основой и в самом покрытии наблюдаются поры. На границе с основой имеются частичные отслоения. После обработки лазером структура резко меняется. На ряде режимов происходит перемешивание покрытия с основой и формирование нового поверхностного слоя. Наибольшая глубина проплавления наблюдается при низких скоростях обработки и более высоких значениях мощности лазерного луча. При оплавлении неподвижным лучом по центру дорожки образуется зона более глубокого проплавления. При оптимально подобранных режимах наблюдается частичное оплавление материала подложки при отсутствии отслоений и пор. Микротвердость определяли на микротвердомере ПМТ-3 при нагрузке 0,5 Н. В зависимости от режимов обработки микротвердость изменялась в пределах 6000...9200 МПа.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СПЕКАНИЯ НАНОДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ ВОЛЬФРАМА И МОЛИБДЕНА

THE INVESTIGATION OF TUNGSTEN AND MOLYBDENUM NANODISPERSED POWDERS SINTERING PROCESSES

Ю.В.Дутлова - магистрант, **Д.Д.Садилов** - магистрант,
С.В.Матренин - к.т.н., доц., **Б.Б.Овечкин** - к.т.н., доц.

Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет

Abstract. The results of doped with Ni nanopowder (NP) tungsten and molybdenum NP batches sintering investigation are presented. It is established NP Ni up to 1 wt. % adding to tungsten NP effectively activate the sintering process. It is shown the glow discharge plasma sintered material has higher mechanical properties in comparison with vacuum furnace sintered one.

Существенный теоретический и практический интерес представляет исследование активации процесса спекания тугоплавких металлов с целью повышения плотности спеченных изделий, получения более мелкозернистой структуры и улучшения их эксплуатационных характеристик. В [1] показано, что эффективным методом активирования процесса спекания является применение нанодисперсных порошков (НП), поведение которых при прессовании и спекании существенно отличается от поведения порошков, обычно используемых в порошковой металлургии. Целью работы было исследование процессов формования и спекания НП вольфрама и молибдена с добавками НП никеля, оценка структуры и свойств спеченных материалов.

Для исследований использовали электровзрывные НП W, Mo и Ni. Порошковые шихты получали мокрым смешиванием НП W и Mo с добавкой 1 мас. % НП Ni и пластификацией смесей каучуком. Прессовки формовали статическим прессованием и спекали в вакууме и в плазме тлеющего разряда при температуре 1450°C. Определяли плотность и усадку спеченных образцов, исследовали микроструктуру (Альтами-М), определяли модуль упругости E_{IT} и микротвердость H_{IT} в соответствии со стандартом ISO 14577 (Nano Indenter G200).

Показано, что прессовки из НП W без добавки Ni при спекании практически не уплотнились. Очевидно, что температура 1450°C ($0,5 T_{пл}$) недостаточна для твердофазного спекания НП W. Добавка 1 % Ni в виде НП в исходную шихту активировала спекание вольфрама. Модуль упругости спеченного вольфрама, легированного никелем близок к табличному (398 ГПа) [2]. Сравнение результатов спекания прессовок из НП W в вакууме и в плазме тлеющего разряда показало, что во втором случае образцы при примерно одинаковой плотности имели более высокие значения модуля упругости и, особенно, микротвердости. Этот эффект объясняется тем, что спекание порошковых прессовок в плазме тлеющего разряда является активированным, что было показано в работе [3].

Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы, проект НК – 616П(8), ГК № П 920.

Литература

1. Матренин С.В., Ильин А.П., Слосман А.И., Толбанова Л.О. Спекание нанодисперсного порошка железа // Перспективные материалы. 2008. №5. С.81-87.
2. Колачев Б.А., Елагин В.И., Ливанов В.А. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов. М.: МИСИС, 2005. 432 с.
3. Матренин С.В., Слосман А.И., Мячин Ю.В. Спекание железотитанового сплава в аммиачной плазме тлеющего разряда // Металловедение и термическая обработка металлов (МИТОМ). 2007. № 6. С.17-23.

СЕКЦИЯ 5

**Энергетика, транспорт
и энергосбережение**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**
RESEARCH OF THE EFFICIENCY OF HEAT PUMP FOR HEATING SYSTEMS

М.Д.Дильман – к.т.н., с.н.с.

Институт энергетических исследований РАН

М.С.Ионов – бакалавр

Московский энергетический институт (Технический университет)

Abstract. The efficiency of use of heat pump for heating systems of modern low-rise houses is analyzed. The results of technical and economical comparison of heating and hot water systems based on heat pump with alternative heating systems for various regions of Russia are given.

Применение тепловых насосов является в России принципиально новым подходом к энергосбережению. Теплонасосные установки (ТНУ) - это экологически чистая система теплоснабжения, позволяющая получать тепло для отопления и горячего водоснабжения потребителя за счет использования тепла низкопотенциальных источников, таких как грунтовые и артезианские воды, озера, моря, грунтовое тепло, тепло земных недр, и переноса его к теплоносителю с более высокой температурой. Затрачивая 1 кВт электроэнергии в приводе насоса, можно получить 3-4, а при определенных условиях и до 5-6 кВт тепловой энергии.

Чтобы стать высокоэффективной и перспективной альтернативой традиционному теплоснабжению, основанному на сжигании органического топлива либо использовании электроэнергии, термодинамические преимущества ТНУ должны обуславливать преимущества экономические.

Сочетание климатических особенностей, источников низкопотенциального тепла и цен на энергоресурсы в России отличается от этих факторов в зарубежных странах, в частности, Западной Европы, где теплонасосная техника получила распространение. В связи с этим применение в нашей стране зарубежного опыта в чистом виде невозможно.

Рассматриваются потребители: поселки с малоэтажной застройкой, расположенные в трех характерных регионах: Центральный район (Москва), Северо-Запад (Архангельск) и Юг России (Пятигорск). Для каждого из потребителей, исходя из климатологических данных для каждого региона, построена математическая модель тепловой нагрузки отопления и горячего водоснабжения. Сопоставление технических характеристик современных моделей ТНУ и результатов расчетов показывает ограничения на использование ТНУ и необходимость комбинировать их с другими источниками тепла. Для рассматриваемых потребителей рассчитан энергосберегающий эффект от применения ТНУ.

Разработана математическая модель экономического сопоставления альтернативных вариантов теплоснабжения указанных потребителей, основанная на современной методологии оценки экономической эффективности. В качестве критерия эффективности используется минимум суммарных дисконтированных затрат за расчетный период. Модель предусматривает приведение альтернативных вариантов к сопоставимому виду. Это означает, что учитываются все возможные затраты и эффекты, различающиеся в сравниваемых альтернативных вариантах.

Проведенное исследование показывает ограничения на использование ТНУ в рассматриваемых регионах и выявляет условия, при которых применение ТНУ может быть эффективным в условиях России.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОНЫ ЭФФЕКТИВНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ТЭЦ

DEFINITION OF EFFECTIVE DISTRICT HEATING ZONE

Е.Е. Якимец – инженер

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН

Abstract. For today the question on allocation of zones of the centralized and decentralized heat supply is actual. In this work method of efficiency definition for the heat supply is considered. The method is based on the analysis of profitability of the supply system.

На сегодняшний день актуальным является вопрос эффективности подключения районов жилой застройки к централизованным системам теплоснабжения или строительства иных источников тепловой энергии. Возросла конкуренция между централизованным и децентрализованным теплоснабжением. Оптимизацией теплоснабжающих систем на протяжении нескольких десятилетий занимались Л.А. Мелентьев, Л.С. Хрилев, Е.Я. Соколов, В.Я. Хасилев, Б.Л. Шифринсон и др., сегодня работы ведутся и в нашем институте. В настоящее время значительно изменились многие технические и экономические факторы, лежащие в основе концепции отечественного теплоснабжения. В связи с этим возник вопрос о выделении зон централизованного и децентрализованного теплоснабжения.

При анализе эффективности теплоснабжения часто встречаются оценки, призывающие к отказу от централизованных систем. При этом нет четко сформулированной методики, которая объективно оценивала бы уровень централизации теплоснабжения. В ИСЭМ СО РАН был предложен метод оценки экономической эффективности систем энергоснабжения, основанный на разнесении затрат на производство тепловой и электрической энергии. Для определения зоны эффективного теплоснабжения от ТЭЦ предлагается метод, основанный на анализе экономичности системы энергоснабжения:

$$k_p^F = \frac{S_p^\Sigma}{\sum_{j=1}^n [A_j^P \cdot s_j^A]}, \quad (1)$$

где k_p^F - коэффициент экономического эффекта комбинированного производства,

S_p^Σ - общие затраты комбинированного производства,

A_j^P - количество поставляемого j -того энергетического продукта,

s_j^A - стоимость альтернативного получения j -того продукта.

После ряда преобразований формула (1) примет следующий вид:

$$l = \frac{(s_m^{ком} \cdot Q + s_{эл}^{ГЭС, КЭС} \cdot W) - (s_m^{ТЭЦ} \cdot Q + s_{эл}^{ТЭЦ} \cdot W)}{S_{уд.пер.}^{ТЭЦ}}, \quad (2)$$

где l – протяженность тепловых сетей,

Q – годовое теплотребление,

W – годовое электропотребление.

В качестве примера была рассмотрена схема энергоснабжения микрорайона Топкинский г. Иркутска от Ново-Иркутской ТЭЦ. Удаленность микрорайона от источника составляет 15,5 км, тепловая нагрузка 12,96 Гкал/ч, выработка электроэнергии на тепловом потреблении составит 14,112 млн. кВтч в год. В результате расчета максимальное расстояние от источника до потребителя при эффективном теплоснабжении составляет 12,25 км. В данных условиях централизованное теплоснабжение микрорайона Топкинский неэффективно.

**ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ ТОЧНОСТИ ЧИСЛЕННОЙ
МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ТОРМОЖЕНИЯ
АВТОМОБИЛЬНОГО КОЛЕСА**
*SUBSTANTIATION OF THE REQUIREMENTS ACCURACY FOR NUMERICAL
MODEL OF THE BRAKING PROCESS AUTOMOBILE WHEEL*

А.П.Федин - к.т.н., доц., Н.М.Зотов - к.т.н., доц.

Волгоградский государственный технический университет

Abstract. Substantiation of the requirements accuracy results of modeling - one of the most important, difficult and labour-consuming tasks in the process of modeling, which substantially defines utility and opportunity of the practical application results of research as a whole. In present work requirements accuracy are submitted as error size of the parameters braking wheel, which was measured in the course of road experiment.

Наиболее перспективным методом исследования процесса экстренного торможения является моделирование, которое сочетает в себе элементы как физического, так и математического. Модель считается адекватной физическому процессу и пригодной для практического использования, если значения погрешностей определения искомых параметров меньше так называемых допустимых значений погрешностей. Величины допустимых погрешностей и представляют собой требования точности к процессу моделирования.

Определение требований точности результатов моделирования – одна из наиболее важных, сложных и трудоемких задач процесса моделирования, которая в значительной степени определяет полезность и возможность практического применения результатов исследования в целом. Такой анализ требований точности позволит упростить математический аппарат, привлекаемый для решения математической модели, что в свою очередь может снизить требования к мощности и быстродействию компьютеров, которые используются для решения математической модели, снизить трудоемкость разработки решения математической модели и ускорить процесс расчета.

Требования точности зависят как от особенностей решаемой задачи, так и от погрешности определения параметров торможения в ходе натурального эксперимента. Последнее погрешности, как правило, являются верхними границами требований точности процесса моделирования. В большинстве случаев снижение погрешности результатов моделирования ниже погрешности проведения натурального эксперимента не имеет смысла, однако, возможна и такая ситуация, когда модель может показать явления, которые в физическом эксперименте не улавливаются из-за больших погрешностей измерения. Зная верхнюю границу погрешности моделирования можно избежать чрезмерного усложнения математической модели и снизить затраты оперативной памяти и времени при расчете модели, что в настоящее время является актуальной задачей математического моделирования.

Представим значения погрешностей измерения параметров, которые были определены разными исследователями настоящего времени в ходе натурального эксперимента: тормозной путь – 1-5%, угловое ускорение – 5-9%, линейная скорость – 1-8%, давление в тормозном приводе – 2-30%, угловая скорость – 5-7%, начальная скорость – 1-8%, коэффициент сцепления колеса с дорогой (в том числе f_0) – 10-59%, линейное ускорение – 1-9%, коэффициент сопротивления качению – 20-110%, тормозной момент – 2-10%, усилие на педали тормоза – 1-6%, время процесса торможения – 1-20%, радиус колеса – 1-2%, масса, приходящаяся на колесо – 1-3%, тормозная сила – 5%.

**ИССЛЕДОВАНИЕ УГОЛЬНОЙ ПГУ С НАГРЕВОМ РАБОЧЕГО ТЕЛА
ГАЗОТУРБИННОГО ЦИКЛА В РЕГЕНЕРАТИВНЫХ
ТЕПЛООБМЕННИКАХ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ**
*RESEARCH OF COAL-FIRED COMBINED-CYCLE PLANT WITH ACTUATING
MEDIUM HEATING OF GAS TURBINE CYCLE INTO PERIODIC
ACTION REGENERATIVE HEAT EXCHANGERS*

А.М.Клер – д.т.н., профессор, Э.А.Тюрина – д.т.н., А.С.Медников – к.т.н.
Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН

Abstract. Mathematical models of regenerative heat exchanger with cylindrical channel, coal-fired combined-cycle plant in a whole are developed. Results of researches of coal-fired combined-cycle plant with actuating medium heating of gas turbine cycle into periodic action regenerative heat exchangers are presented.

В работе рассматривается перспективная ПГУ на основе угля с нагревом рабочего тела газотурбинного цикла в регенеративных теплообменниках циклического действия. При этом цикл состоит из двух равных по времени периодов – периода нагрева керамической насадки и периода охлаждения. Нагрев насадки осуществляется продуктами сгорания угля, а охлаждение – воздухом, являющимся рабочим телом газотурбинного цикла. Движение продуктов сгорания и воздуха осуществляется по противоточной схеме. Предполагается, что используется треугольная компоновка каналов.

При расчете теплообмена рассматривается керамическое кольцо. Это кольцо делится на n вложенных друг в друга малых колец. Кроме того, по высоте канала выделяется m слоев. Общее число малых колец при расчете теплообмена составляет $n \cdot m$.

Производная температуры керамики i -го малого кольца в момент t определяется из

$$\frac{dT_{it}}{dt} = \frac{\sum_{j \in J_i} Q_{ijt} + \bar{Q}_{it}}{c_{(T_i)} \cdot V_i \cdot \rho}, \quad i=1, \dots, n \cdot m$$

В результате решения (численным методом Эйлера) системы дифференциальных уравнений для периода нагрева, а затем для периода охлаждения, определяется температура керамики для всех колец в конце цикла, в зависимости от этой температуры в начале цикла. Условие стационарности состоит в равенстве этих температур. Его расчёт осуществляется методом Ньютона. Расчёт группы керамических теплообменников состоит в определении температуры уходящих газов и воздуха этой группы, получающихся в результате смешения теплоносителей, поступающих от теплообменников, находящихся в различных фазах циклического процесса. Целесообразно принять, что теплообменники разбиваются на пары, причём сдвиг в работе теплообменников одной пары составляет $\tau^{\text{цикл}} / 2$, где $\tau^{\text{цикл}}$ - продолжительность цикла. Тогда сдвиг в работе i -ой пары теплообменников (по сравнению с работой 1-ой пары) составит $\Delta \tau_i = \frac{\tau^{\text{цикл}}}{2} \cdot \frac{i-1}{n_{\text{пар}}}$, где $n_{\text{пар}}$ – число пар теплообменников. Зная зависимость изменения температуры продуктов сгорания и воздуха от времени, можно определить температуру на выходе группы регенеративных теплообменников в каждый момент времени.

С использованием математических моделей групп регенеративных теплообменников разработана математическая модель угольной ПГУ.

Расчёты технологической схемы установки проводятся при средних температурах уходящих газов и циклового воздуха. Выполненные расчёты показали перспективность этого типа установок поскольку полученный в ходе этих расчётов КПД нетто по производству электроэнергии составил 45%.

**К ВОПРОСУ О МЕТОДИКАХ ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА
СЦЕПЛЕНИЯ КОЛЕСА С ДОРОЖНЫМ ПОКРЫТИЕМ**
*ON THE METHOD OF MEASURING THE COEFFICIENT
OF GRIP WITH THE ROAD SURFACE*

Ю.К.Подлесный - аспирант, **Г.В.Бойко** - доцент
Волгоградский государственный технический университет

Abstract. In article ordering of the basic methods of measurement of factors of grip coefficient of a wheel with the road covering is spent and the short description and the characteristic of each of them is given.

В связи с развитием дорожно-транспортной сети, всё чаще встаёт вопрос о качестве и состоянии дорожного покрытия. Для более адекватной оценки специалисты все большее значение придают такому, достаточно абстрактному показателю, как безопасность автомобиля при современных скоростных режимах.

Для количественной оценки этого показателя принято пользоваться понятием коэффициента сцепления автомобильного колеса с дорожным покрытием. В совокупности факторов, влияющих на безопасность движения (наличие разделительных полос, освещенность проезжей части, ширина проезжей части и обочин, наличие или отсутствие пересечений и примыканий и т.д.) особенностью коэффициента сцепления является изменение его величины во времени.

Коэффициент сцепления проезжей части автомобильной дороги зависит в значительной степени от шероховатости, ровности и чистоты покрытия.

Основные методики измерения коэффициента сцепления:

- 1) без использования специального оборудования;
- 2) с использованием специального оборудования;
 - оборудование, устанавливаемое на автомобиль;
 - портативные приборы

Методика определения:

- Определение коэффициента сцепления по длине тормозного пути.
По длине тормозного пути при торможении юзом, движущегося по мокрому покрытию с начальной скоростью 60 км/ч автомобиля, определяют величину коэффициента сцепления.
- Определение коэффициента сцепления маятниковым децелометром.
Прибор крепится к боковому стеклу автомобиля. Маятник при движении изменяет положение фиксирующей стрелки, по которой затем снимается отчёт.
- Определение коэффициента сцепления динамометрическим прицепом ПКРС-2У
При движении с постоянной скоростью 60 км/ч, колесо прицепа затормаживают до состояния юза и определяют при этом буксирующую силу, по значению которой вычисляют коэффициент сцепления.
- Определение коэффициента сцепления прибором ударного действия Ю.В. Кузнецова.
Основано на использовании энергии падающего груза. При падении, груз ударяет о муфту, которая заставляет толкающие штанги преодолевать сопротивление пружины и вынуждать имитаторы шин скользить по покрытию.

**ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ МЕТОДИЧЕСКОЙ
ПЕЧЬЮ КАК МНОГОМЕРНЫМ ОБЪЕКТОМ**
*POWER-SAVING CONTROL BY REHEATING FURNACE
AS MULTIDIMENSIONAL OBJECT*

М.П.Кухтик – аспирант

Волгоградский государственный технический университет

Abstract. Method of synthesizing variables is used for solving problem of power-saving control by reheating furnace. In this work furnace is considered as multidimensional object.

Типичным примером многомерных объектов с «сильными» перекрестными связями являются методические многозонные печи, в которых необходимо учитывать распределение температуры по длине печи. Принципиальной особенностью такого объекта управления является взаимное влияние температурных режимов в соседних зонах друг на друга.

Задача энергосберегающего управления формулируется следующим образом.

Объект, описываемый моделью динамики

$$\dot{z} = Az(t) + Bu(t), \quad t \in [t_0, t_k], \quad (1)$$

требуется перевести из начального состояния z^0 в конечное z^k , т. е.

$$z(t_0) = z^0 = (z_1^0, \dots, z_n^0)^T, \quad z(t_k) = z^k = (z_1^k, \dots, z_n^k)^T, \quad (2)$$

при выполнении ограничений на управляющие воздействия в каждый момент времени

$$\forall t \in [t_0, t_k]: u_i(t) \in [u_{ni}, u_{ei}], \quad i = \overline{1, m} \quad (3)$$

и минимуме функционала

$$J_s = \int_{t_0}^{t_k} u^T(t)Cu(t)dt \rightarrow \min, \quad (4)$$

где u_{ni} , u_{ei} – границы изменения управляющего воздействия u_i ; A , B – матрицы параметров объекта соответствующих размерностей; C – $m \times m$ – матрица весовых коэффициентов.

Анализ оптимального управления с использованием синтезирующих переменных рассматривался в ряде работ авторов Ю. Л. Муромцева и Д. Ю. Муромцева. Практическое значение получения синтезирующих переменных состоит в том, что без определения вида функции оптимального управления можно непосредственно по значениям массива реквизитов проверить, существует ли решение задачи (1) – (3) для функционала (4) или нет. Метод синтезирующих переменных предполагает введение некоторого синтезирующего вектора, размерность которого значительно меньше размерности массива реквизитов задачи оптимального управления, который однозначно определяет вид и параметры функции оптимального управления. В модели динамики объекта влияния соседних зон рассматриваются как возмущающие воздействия.

Была решена задача энергосберегающего управления методом синтезирующих переменных для количества зон $m=3$. Нормированное оптимальное управление U_i для i -й зоны печи (если для задаваемых исходных данных оно вообще существует) пересчитывается в оптимальное управление натурального масштаба по формуле:

$$u_i(t) = \frac{u_e + u_n}{2} + \frac{u_e - u_n}{2} U_i \left(t_0 + \frac{\Delta t}{2} T \right). \quad (5)$$

Были получены уравнения оптимального управления для каждой из 3 отапливаемых зон 4-зонной методической печи № 410224, установленной в листопрокатном цехе волгоградского металлургического завода «Красный Октябрь».

ПОВЫШЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 10 кВ INCREASED BANDWIDTH IN DISTRIBUTION NETWORKS VOLTAGE 10kV

А.И.Федотов - д.т.н., проф., А.Р.Ахметшин - аспирант
Казанский государственный энергетический университет

Abstract. The article discusses ways to increase the capacity of transmission lines to maintain power quality in accordance with statutory requirements. The analysis of the most profitable way to increase capacity. An example of the use of booster transformers.

Использование в быту и на производстве электроприборов крайне чувствительных к отклонениям напряжения заставляет соблюдать качество электроэнергии (КЭЭ), прописанное в нормативных требованиях (НТ). К сожалению КЭЭ, не всегда находится на должном уровне. Это связано, как и с устаревшим оборудованием, используемым в электрических сетях (ЭС), так и с нарастающим темпом электропотребления. Линии электропередачи (ЛЭП), спроектированные по нормам электропотребления 80-90-х годов, уже не обладают необходимой пропускной способностью, что вызывает отклонения напряжения от НТ. Отклонения напряжения от НТ приводят к нарушению работы и уменьшению срока службы электроприборов. В связи с этим возникает необходимость в увеличении пропускной способности ЛЭП для вывода напряжения в пределы, прописанные в НТ. В работе рассматривались следующие способы увеличения пропускной способности ЛЭП:

- увеличение сечения провода;
- уменьшение передаваемой реактивной мощности;
- применение пунктов автоматического регулирования напряжения (ПАРН).

С целью определения эффекта от замены провода и эффекта от компенсации реактивной мощности до нуля была построена простейшая схема, которая изображена на рис.1. В схеме использовался провод марки АС сечением от 25 до 120мм. Напряжение на источнике составляет 10,5 кВ, на потребителе не должно снижаться меньше чем на 9,5 кВ. Мощность источника варьируется, но не превышает значений длительно допустимых токов нагрузки провода вне помещений.

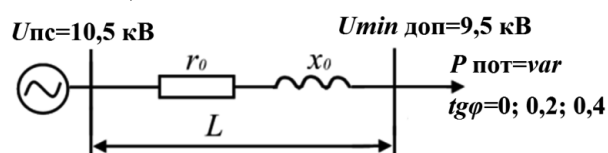


Рис. 1. Схема замещения ЛЭП

Для оценки эффективности от увеличения сечения провода по рис. 1 была построена диаграмма изменения длины провода от передаваемой мощности. По диаграмме был сделан расчет, по которому для ЛЭП длиной 10 км при по шаговом возрастании сечения среднее увеличение пропускной способности составило 38,6%.

Для определения эффекта от компенсации реактивной мощности в схеме $\text{tg}\varphi$ уменьшили от 0,4 до 0. В среднем такое уменьшение для проводов марки АС-35 и АС-70 увеличило пропускную способность на 26%.

Использование ПАРН связано с большими капиталовложениями, однако реконструкция ЛЭП с заменой провода на провод с большим сечением в случаях с большой протяженностью выходит значительно дороже. Стоит отметить и следующее: монтаж ПАРН составляет порядка двух дней, что позволяет в кратчайшие сроки обеспечить потребителей напряжением, прописанным в НТ. Реконструкция ЛЭП длиной 4,5 км оказывается дороже установки ПАРН, состоящих из двух вольтдобавочных трансформаторов, то есть с этой длины, начинается экономическая эффективность ПАРН.

**ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕДОБЫЧИ
ТРУДНОДОСТУПНЫХ РАЙОНОВ**
*ELECTRICAL SUPPLY FOR OIL EXTRACTION OBJECTS
IN REMOTE DISTRICTS*

Б.Н.Абрамович – профессор, д.т.н., **А.В.Турышева** – аспирант
Санкт-Петербургский государственный горный институт им. Г.В. Плеханова
(технический университет)

Abstract. The use of associated gas as the primary energy carrier for the drive of electric power generators located directly on oil and gas wells or next to them can provide effective power supply of industrial targets. The diagram of electro technical complex of self-contained power supply system has been offered considering the instability of micro turbines rotation frequency with makes it is possible to produce electric power of the quality corresponding to Russian State Standard №13-10997.

В настоящее время новые месторождения нефти и газа находятся в районах Восточной Сибири вдали от линий электропередач, что вызывает значительные трудности с энергообеспечением технологических комплексов. В то же время на нефтяных месторождениях имеются, как правило, значительные ресурсы попутного нефтяного газа. Традиционный отечественный вариант его использования ориентирован на переработку за пределами месторождения и связан со строительством компрессорной станции и газопровода. Однако, возможно применение попутного нефтяного газа в качестве первичного энергоносителя для привода электрогенераторов, расположенных непосредственно на нефтегазовых скважинах или вблизи них.

В настоящее время возможными приводами генераторов для децентрализованных электростанций с использованием попутного нефтяного газа являются газопоршневые - при мощности свыше 1500-2500 кВт и газотурбинные двигатели - при более низкой мощности.

Структура электроснабжения на основе энергоносителя в виде попутного нефтяного газа содержит: микротурбинную установку, погружной насосный агрегат, кабельную линию, колонну насосно-компрессорных труб и оборудование устья скважины.

Непосредственное использование системы затруднено тем, что частота и амплитуда выходного напряжения не стабильны. Для обеспечения системы электропитания технологического объекта электроэнергией требуемого вида предложена схема, в состав которой входят: токоограничивающий дроссель, выпрямитель, накопительная емкость и автономный инвертор.

При использовании разработанной имитационной модели погружного электродвигателя и микротурбинной установки в среде Simulink системы MatLab установлено, что качество электроэнергии не удовлетворяет ГОСТ 13109-97. Выяснено, что преобразователь частоты приводит к искажению напряжения, появлению высших гармоник, что сокращает срок службы генератора.

Для компенсации высших гармонических составляющих тока и напряжения к системе был подключен параллельно активный фильтр. В результате его работы высшие гармоники, имеющие одинаковую амплитуду и противоположную фазу, взаимно уничтожаются, коэффициент несинусоидальности по току снижается с 22,16% до 2,32% , а по напряжению с 15% до 4,14% , что удовлетворяет ГОСТ 13109-97.

Использование попутного нефтяного газа в качестве первичного энергоносителя для привода электрогенераторов, расположенных непосредственно на нефтегазовых скважинах или вблизи них, позволит обеспечить эффективное энергообеспечение промышленных объектов.

**ОПТИМИЗАЦИЯ СРОКОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ
ТРУБОПРОВОДОВ НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ**
*OPTIMIZATION OF MAINTENANCE WORKS PERIODS FOR HIGH PRES-
SURE PIPELINES AT THERMOELECTRIC POWER STATIONS*

В.В.Степанов¹ – аспирант, **Г.Г.Крушенко**² – д.т.н., проф., **К.К.Цау**³ – к.э.н.

¹ОАО «ОГК-6» (6-ая генерирующая компания оптового рынка электроэнергии), Москва,

²Институт вычислительного моделирования СО РАН, Красноярск,

³ООО «Красноярск-Стройинжиниринг», Красноярск

Abstract. The optimization method of maintenance works periods for high pressure pipelines at thermoelectric power stations is worked out.

Трубопроводы высокого давления (ТВД) на тепловых электростанциях эксплуатируются при нагрузках, близких к предельным для сталей, из которых они изготовлены, в связи с чем в элементах ТВД возможно возникновение повреждений, с целью выявления которых устанавливаются периодичность и объемы контроля. Но анализ статистики повреждений показывает, что даже при 100%-ом выполнении требований фиксируются случаи остановов трубопроводов.

Из-за большого количества факторов, влияющих на появление отказа, его значение приобретает характер случайной величины. Поэтому для создания математической модели состояния трубопровода можно применить вероятностные методы.

Трубопровод представляет собой систему с последовательным соединением элементов. Для расчета надежности такой системы можно воспользоваться теоремой умножения вероятностей, согласно которой вероятность совместного появления независимых событий равна произведению вероятностей этих событий.

Для безотказной работы системы с последовательным соединением элементов в течение некоторой наработки t необходимо и достаточно, чтобы каждый из ее элементов работал безотказно в процессе этой наработки. Если отказы элементов независимы друг от друга, то вероятность безотказной работы системы $P(t)$ равна произведению вероятностей безотказной работы элементов.

События на трубопроводе соответствует потоку Пуассона, функция распределения которого подчиняется экспоненциальному закону

$$F(t) = 1 - \exp(-\lambda t), \quad \lambda > 0.$$

где λ - интенсивность потока (среднее число событий в единицу времени).

Расчет надежности трубопровода с использованием графов состояний выполняется на базе типового расчета надежности систем с восстановлением.

Построив систему дифференциальных уравнений для ориентированного графа состояний и дополнив ее нормирующим условием для финальных вероятностей состояний и исключив одно уравнение как избыточное, можно получить систему алгебраических уравнений стационарной математической модели для установившегося режима.

На основании собранных данных дефектоскопии можно рассчитать интенсивность отказов λ . Зная продолжительность контроля этих сварных соединений, можно проанализировать вероятность готовности к работе трубопровода.

Применив этот метод для расчета периодичности контроля относительно других типов повреждений (опираясь на статистику отказов по каждому типу дефектов) можно достаточно эффективно адаптировать существующую НТД под каждый конкретный тип трубопровода.

**ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СИСТЕМЫ
«РОТОР - СРЕДА - ПЛАВАЮЩЕЕ ТЕЛО»**
DYNAMICAL ANALYSIS OF ROTOR-FLUID-FLOATER SYSTEM

Л.Я. Банах – д.т.н., г.н.с., **А.Н. Никифоров** – к.т.н., и.о. с.н.с.
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН

Abstract. Research covers the finite element analysis and experimental investigation of rotor-fluid-floater system. Broadband dynamical damping effect of rotor oscillations and nonresponse rotor effect at the critical (resonant) frequency are achievable.

Работа относится к проблеме демпфирования колебаний ротора, работающего при скоростях вращения выше первой или даже второй частоты его собственных колебаний. Так называемый «закритический» ротор по сравнению с «докритическим» позволяет получить высокую производительность при малых габаритах, но при разгоне-останове вынужден проходить через соответственно одну или две резонансные области. При совпадении частоты вращения с собственными частотами ротора, т. е. при критических частотах вращения амплитуда колебаний ротора резко возрастает и часто превышает допустимый уровень, в результате чего происходит искривление или перелом ротора и (или) заклинивание подшипников. Для исключения этих последствий применяются упруго-демпферные опоры. Но этот путь не может быть рекомендован как панацея, потому что он ведет к уменьшению коэффициента полезного действия роторной машины. Путь динамического гашения вибраций ротора при помощи плавающих элементов лишен этого недостатка. Однако эффективные, как узкополосные, так и широкополосные виброгасители колебаний роторов не разработаны. Важно отметить также, что с точки зрения надежности предпочтительны пассивные гидромеханические системы виброгашения. В связи с этим авторами была сформулирована фундаментальная научная задача – исследование динамики системы «закритический ротор - среда - плавающее тело» с реализацией в ней эффекта широкополосного динамического гашения.

Расчеты гармонического отклика (амплитуд стационарных колебаний) двух гибких роторов (консольного и симметричного) на конечно-элементных моделях, а также статические опыты с ними на вибростенде показали, что достижимо отсутствие критической скорости ротора, а также динамическое гашение его колебаний плавающими элементами (уплотнительным кольцом или поплавком в камере с тяжелой жидкостью). Данные результаты очень интересны с научной стороны и актуальны для практической, потому что потенциально позволяют значительно уменьшить уровень вибраций практически любого закритического ротора, как при переходе через область критической скорости, так и при оборотах вплоть до номинальных.

**АНАЛИЗ РЕЖИМОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПАРОВОГО КОТЕЛЬНОГО
ОБОРУДОВАНИЯ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**
*ANALYSIS OF STEAM BOILER EQUIPMENT OPERATION CONDITIONS
AT MACHINE-BUILDING ENTERPRISES*

К.К.Цай¹ – к.э.н., В.В.Степанов²

¹ ООО «Красноярск-Стройинжиниринг», Красноярск

² ОАО «ОГК-6» («Шестая генерирующая компания оптового рынка электроэнергии»),
Москва

Abstract. The proposals on the effective use of steam boilers at the machine-building enterprises are presented.

В ряду стоящих перед российскими машиностроительными предприятиями задач одна из наиболее актуальных – проведение энергетических обследований состояния энергетического оборудования и эффективности его работы с целью снижения себестоимости производства, особенно в части постоянных затрат. В задачу энергетического обследования кроме снижения финансовых затрат потребителя за используемые энергоресурсы входит снижение общего потребления энергоносителей.

Одним из наиболее простых и эффективных решений может являться комбинированная выработка тепловой и электрической энергии в паровых котельных.

Котельная потребляет для своей работы топливо, электрическую энергию и воду.

Использование термодинамического потенциала пара котельной для выработки электроэнергии для собственных нужд снижает общие финансовые затраты на обеспечение работы котельной. Себестоимость выработки электроэнергии на небольшой турбине получается в три - четыре раза ниже, чем закупаемая из энергосистемы. При этом на выработку электроэнергии тратится дополнительно не более 10% используемого топлива.

Учитывая, что стоимость электрической энергии с учетом затрат на ее транспортировку и распределение дороже тепловой, все большее применение находят системы децентрализованного комбинированного производства тепловой и электрической энергии, где тепловая энергия частично преобразуется в более эффективную электрическую. Установка в паровой котельной турбины или винтовой паровой машины с противодавлением позволяет преобразовывать тепловой перепад в электроэнергию, которую можно использовать для собственных нужд, а избыток продавать другим потребителям.

Для получения максимального эффекта при эксплуатации котловых агрегатов также могут быть использованы следующие энергосберегающие мероприятия как:

- снижение присосов воздуха по газовому тракту котлоагрегата;
- увеличение коэффициента избытка воздуха в топке;
- установка водяного экономайзера за котлом;
- применение установок глубокой утилизации тепла, установок использования скрытой теплоты парообразования уходящих дымовых газов (контактный теплообменник), применение вакуумного деаэратора;
- повышение температуры питательной воды на входе в барабан котла;
- повышение температуры питательной воды на входе в водяной экономайзер;
- подогрев питательной воды в водяном экономайзере;
- увеличение продувки котла свыше нормативных значений;
- установка обдувочного аппарата для очистки наружных поверхностей нагрева;
- работа котла в режиме пониженного давления;
- испытания (наладка) оборудования и эксплуатация его в режиме управления КИП

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ТЕПЛООБМЕНА ЗМЕЕВИКОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПАРОГЕНЕРАТОРА SURFACE CALCULATION OF HEAT-EXCHANGER COILS FOR STEAM GENERATOR

А.В.Губарев - инженер

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Abstract. Work solves the problem on surface calculation of heat-exchanger coils for steam generator when the bend angle of coil pipes exceeds 180°.

При проведении теплового расчета парогенератора необходимо знать величину поверхности теплообмена его элементов. Конвективные поверхности теплообмена паровых котлов, в частности, пароперегреватель и водяной экономайзер, чаще всего выполняются в виде пакетов змеевиков. Поверхность теплообмена этих элементов при известном диаметре труб определяется их длиной. Поэтому для определения поверхности теплообмена указанных конвективных элементов, необходимо точно определить длину трубы змеевика. Кроме того, знание длины трубы змеевика по поверхности нагрева необходимо и при проведении гидравлического расчета этой поверхности для определения гидравлических потерь на трение в ней.

Общая длина змеевика складывается из суммы длин дуг всех гибов трубы и суммы длин всех прямых участков. В том случае, когда уголгиба петли змеевика составляет 180° длина дугигиба трубы равняется половине длины окружности с радиусом, равным радиусугиба петли змеевика, а длина одного прямого участка змеевика равняется высоте (при вертикальной компоновке) или глубине (при горизонтальной компоновке) змеевика по осям гибов труб.

Довольно часто в целях повышения компактности змеевиковых поверхностей нагрева изгиб труб змеевика осуществляют на угол, значение которого несколько превышает 180° (см. рис.). Если определение длины такого змеевика осуществлять при соблюдении вышеуказанных конструктивных величин, то будет иметь место некоторая погрешность. Причем величина этой погрешности будет увеличиваться при уменьшении отношения высоты змеевика по осям гибов к радиусугиба петли змеевика.

Для точного определения длины змеевика необходимо знать уголгиба трубы при заданных радиусегиба R , высоте змеевика по осям гибов h и шаге между осями соседних гибов одного змеевика $2\sigma R$. Для определения величины отклонения углагиба от 180° может быть предложена следующая формула

$$\alpha = \arccos \left(\frac{2\sigma R^2 + h\sqrt{h^2 + (\sigma R)^2} - 4R^2}{h^2 + (\sigma R)^2} \right), \quad (1)$$

где σ – относительный шаг между осями соседних гибов одного змеевика.

Зная величину отклонения углагиба от 180° несложно вычислить длину прямого участка витка змеевика и длинугиба:

$$l_{п.уч} = \frac{h - 2R \sin \alpha}{\cos \alpha} \quad \text{и} \quad l_{г} = \frac{180 + 2\alpha}{180} \pi R. \quad (2)$$

Необходимо отметить, что формула (1) справедлива для случая, когда радиусы верхнего и нижнего гибов рассматриваемого витка одинаковы.

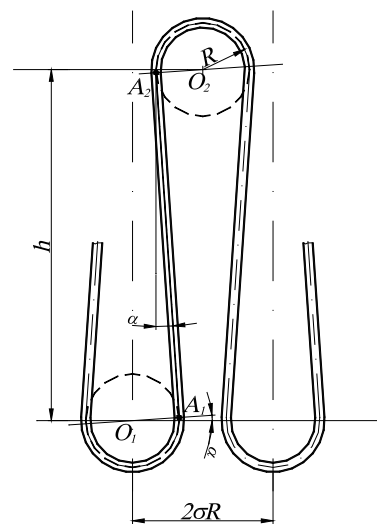


Рис. Расчетная схема к определению углагиба змеевика

**САМОСИНХРОНИЗАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ВИБРАЦИИ
КАК ПРИЧИНА ВОЗНИКНОВЕНИЯ НИЗКОЧАСТОТНЫХ БИЕНИЙ**
*SELF-SYNCHRONIZATION OF VIBRATING SOURCES AS APPEARANCE
REASON OF LOW-FREQUENCY BEATS*

Б.А.Гордеев – д.т.н., проф., В.П.Горсков – аспирант
Нижегородский филиал института машиноведения РАН
Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

Abstract. In given report the principal reasons causing low-frequency oscillations of constructions are considered and the ways and devices for their decrease are offered. Various methods of vibration decrease and low-frequency oscillations elimination as consequence are considered. Research was performed in testing laboratory and the Nizhniy Novgorod branch of MERI RAS.

Вопросы синхронизации и захвата частоты при испытаниях на виброустойчивость многорезонансных механических систем с локальными источниками шума и вибрации в современном машиностроении приобретают все большую актуальность.

Не подверженное действию внешних сил тело, вращающееся с постоянной угловой скоростью ω вокруг одной из своих главных центральных осей инерции z , находится в состоянии динамического равновесия, которое характеризуется равенством нулю главного вектора и главного момента неуравновешенных сил. При вращении ротора вокруг оси z' , не совпадающей с главной центральной осью инерции, он становится неуравновешенным. Неуравновешенность – это состояние ротора, характеризующееся таким распределением масс, которое во время вращения вызывает переменные нагрузки на опорах ротора и его изгиб. Мерой неуравновешенности считают дисбаланс D . Для сравнения роторов различных масс вводят дисбаланс, численно равный эксцентриситету:

$$e_{\tilde{n}0} = D / m_p$$

При статической неуравновешенности оси z и z' в случае жесткого ротора параллельны. Эта неуравновешенность полностью определяется главным вектором дисбалансов D или эксцентриситетом $e_{\tilde{n}0}$.

При моментной неуравновешенности ось жесткого ротора и его главная центральная ось инерции пересекаются в центре масс. Моментная неуравновешенность полностью определяется главным моментом дисбалансов ротора M_D или его центробежными моментами инерции.

При динамической неуравновешенности, состоящей из статической и моментной, ось жесткого ротора и его главная центральная ось инерции перекрещиваются или пересекаются не в центре масс ротора. Динамическая неуравновешенность определяется главным вектором и главным моментом дисбалансов ротора.

РЕАЛИЗАЦИЯ ЭФФЕКТА Л.А. ЮТКИНА В ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОМ ОТБойНОМ МОЛОТКЕ (ПЕРФОРАТОРЕ)

IMPLEMENTATION OF "YUTKIN EFFECT" IN ELECTROHYDRAULIC PERFORATING MACHINE

А.А. Бекаев – доцент, к.т.н.
МГТУ «МАМИ»

Abstract. The paper presents the design of electrohydraulic perforating machine based on "Yutkin effect", also known as electrohydraulic effect (EHE). This EHE perforating machine has high reliability and efficiency (compared with the known analogues). The use of EHE perforating machine will allow adjusting of impact value and frequency in automatic regime, reducing of increased noise, increasing of ecological safety.

Первооткрывателем механизма импульсного разряда в жидкости по праву считается советский ученый Лев Александрович Юткин, который впервые сформулировал и обозначил новый способ трансформации электроэнергии в механическую как электрогидравлический эффект (ЭГЭ). Сущность этого эффекта состоит в том, что при прохождении электроразряда высокого напряжения через жидкость в открытом или закрытом сосуде, некоторый объем этой жидкости, находящийся в межэлектродном пространстве, мгновенно вскипает, в результате чего в сосуде образуется газожидкостная смесь. В результате расширения образовавшегося газа в сосуде возникают высокие и сверхвысокие гидравлические давления, способные совершать полезную механическую работу (при закрытом сосуде с подвижным поршнем).

Одним из главных преимуществ данного метода является его исключительная экологичность, так как способ воздействия ЭГЭ не принесет никаких дополнительных источников загрязнения окружающей среды в планируемые технологии. Среди разнообразия известных областей применения ЭГЭ, при стремительном развитии строительной индустрии настоящего времени, наиболее актуальными являются методы использования данного эффекта при создании более простых, легких и бесшумных, недорогих и компактных установок для долбления и дробления твердой породы.

В соответствии с этим, целью настоящей работы является разработка конструкции электрогидравлического отбойного молотка, работающего на эффекте Л.А. Юткина, по сути электрогидравлического перфоратора (ЭГЭ-перфоратор) и способного эффективно работать в заданных условиях от электрических сигналов. Анализ конструкций существующих аналогов показал, что основными недостатками устройств, работающих на ЭГЭ являются: недостаточная надежность, обусловленная высокой сложностью конструкции и относительно низкий КПД. Для устранения указанных недостатков и достижению поставленной цели настоящей работы была разработана более простая, легкая и надежная установка ЭГЭ-перфоратора с регулировкой частоты и силы удара, а также создан ее макет - лабораторный образец для исследования рабочих характеристик.

Обобщая вышеизложенное можно сказать, что разработанный ЭГЭ-перфоратор может найти широчайшее применение во многих сферах деятельности, где требуется энергия удара отбойником, основными достоинствами которого являются:

- возможность регулировки (с пульта управления) силы и частоты ударов;
- защита людей и операторов от повышенной шумности, свойственных пневматическим и бензиновым отбойным молоткам;
- способность работать как от электрической сети, так и при создании электрического тока аккумулятором или генератором (приводимым в движение от ДВС);
- простота в эксплуатации и обслуживании;
- экологическая чистота (потребляет только электрическую энергию).

**СВС ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОКСИДНЫХ И ДРУГИХ
НЕОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ВНЕШНИХ
ФИЗИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ**
*SHS OF FUNCTIONALIZED OXIDE AND OTHER INORGANIC MATERIALS
UNDER CONDITIONS OF EXTERNAL PHYSICAL ACTIONS*

М.В. Кузнецов - д.х.н., в.н.с.

Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН (ИСМАН)

Abstract. New advanced experimental methods for investigations of phase formation during combustion synthesis (or self-propagating high-temperature synthesis {SHS}) of complex inorganic materials as well as products characterization were established.

Самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) сложных оксидных материалов сформировался как самостоятельное научное направление в рамках теории и практики процессов горения и современного материаловедения. К настоящему времени в рамках его подходов были разработаны предпосылки новых научных направлений в науке о горении – электрохимии горения конденсированных систем, ионной химии горения и динамической ионографии. Были определены максимальные значения электродвижущей силы горения (ЭДС), соответствующие термодиффузионным потокам катионов различных химических элементов I-VIII групп в горящих системах. К настоящему времени удалось в процессе их взаимодействия при горении зарегистрировать сигналы величиной более 2.2 В. Это позволяет серьезно задуматься над вопросами использования электрической энергии, генерируемой в процессах СВС. Были также разработаны принципиально новые подходы к синтезу функциональных неорганических материалов и управлению их свойствами с помощью физико-химических воздействий на процессы горения и фазообразования, таких как электрические (до 500 кВ/м), постоянные магнитные и электромагнитные (от 0.2 до 20 Тл) поля и другие факторы. Такие поля, бесконтактным образом приложенные в процессе СВС к зоне интенсивных химических реакций, могут оказывать влияние на процессы формирования и микроструктуры продуктов синтеза. Также были впервые получены данные о динамике процессов горения и фазообразования в различных системах с помощью таких уникальных методов, как проникающее синхротронное излучение с разрешением до 10 мс и высокочувствительный ИК-спектроскопический метод с разрешением до 0.033 с. Кроме того, разработаны технологические процессы, совмещающие в себе подходы гетерогенного горения и селективного лазерного спекания (СЛС) и позволяющие получать трехмерные функциональные изделия непосредственно в процессе синтеза. Наиболее интересные перспективы в области практического использования данной технологии открываются применительно к созданию объемных биосовместимых функциональных имплантатов. С помощью специальных технологических подходов удалось получить объемные функциональные имплантаты – штифты для челюстно-лицевой хирургии, ортопедии, элементы зубных протезов и искусственные зубы и т.д. Сравнительные морфологические и гистологические результаты, полученные после оперативного введения имплантатов в организмы белых лабораторных крыс и первичные результаты в области зубопротезирования, позволяют сделать заключение о полной вживляемости имплантатов, об отсутствии их отторжения живыми организмами, а также об их удовлетворительных функциональных характеристиках. В настоящее время в рамках СВС сложных оксидных материалов успешно ведутся работы по синтезу и исследованию свойств материалов, перспективных с точки зрения их применения в качестве элементов альтернативных источников энергии – SOFC (анодов, катодов, а также интерконнектных элементов); компонентов литий-ионных батарей; датчиков ядовитых, горючих и других потенциально опасных газов.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ ВИБРАЦИОННЫЙ ФИЛЬТР ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОТ ПЫЛИ

ENERGY SAVING VIBRATING FILTER FOR AIR CLEANING FROM DUST

А.В. Моржавин – ст. препод., О.Г. Локтионова – д.т.н., доц.
Юго-Западный государственный университет

Abstract. It is proposed to consider constructive scheme and operating principle of a vibrating filter for air cleaning from dust, automatically adjusting the parameters of the vibrational effect on the filtering cloth, in order to maintain the normalized hydraulic resistance in long-term operation, the constant shaking off adhesive layer of dust.

Предлагается к рассмотрению конструктивная схема и принцип работы вибрационного фильтра для очистки воздуха от пыли, автоматически регулирующего параметры вибрационного воздействия на фильтровальное полотно, с целью поддержания нормированного гидравлического сопротивления в условиях длительной эксплуатации, путем постоянного стряхивания налипающего слоя пыли. Его особенностью является то, что узел вибрационной регенерации снабжен регулируемым электромагнитным виброприводом, управляемым блоком регулятора давления. Принципиальная схема вибрационного фильтра приведена на рис. 1.

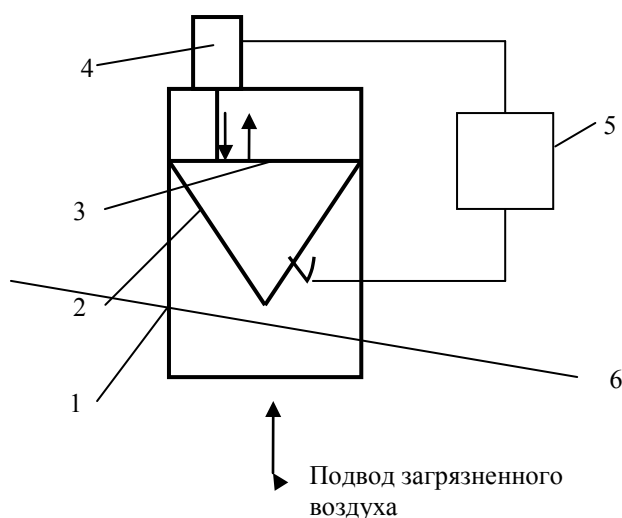


Рис.1. Принципиальная схема вибрационного фильтра для очистки воздуха от пыли

Основными элементами вибрационного фильтра являются корпус 1, фильтровальное полотно 2, жестко закрепленное на подвижной раме 3, электромагнитный вибропривод 4, блок управления электромагнитным виброприводом 5 и датчик перепада давления 6.

Работает фильтр следующим образом. Материал, подаваемый в фильтр, представляет собой поток воздуха с твердыми частицами, которые, налипая на фильтровальном полотне 2, увеличивают гидравлическое сопротивление, фиксируемое датчиком перепада давления 6. С него подается сигнал в блок управления 5. Полученный сигнал обрабатывается, и в результате блок управления изменяет в сторону увеличения параметры работы (амплитуду, частоту) электромагнитного вибропривода, тем самым обеспечивая более интенсивное стряхивание налипающих частиц. Таким образом, предложенное конструктивное решение фильтра позволит снизить энергозатраты на процесс очистки воздуха от пыли путем применения вибрационных технологий, широко распространенных во многих отраслях народного хозяйства.

СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТОРМОЗНЫХ БАРАБАНОВ В УСЛОВИЯХ РАБОТЫ С АБС

STAND TESTS OF BRAKE DRUMS IN WORKING CONDITIONS WITH ABS

А.В. Дроздов – аспирант, А.А. Ревин – д.т.н., проф.
Волгоградский государственный технический университет

Abstract. Research of influence of ABS working process on durability of brake drums is carried out. The technique of test of brake drums at the universal stand is developed.

Срабатывание антиблокировочной системы тормозов повышает активную безопасность автомобиля в режиме экстренного торможения, однако циклический характер регулирования тормозных сил способствует увеличению нагруженности элементов шасси и тормозной системы. В связи с этим, задача обеспечения надежности элементов автоматизированной тормозной системы, в частности безотказности тормозных барабанов, исследуемая в ВолгГТУ в рамках гранта Президента РФ, является актуальной.

Проведенные в ВолгГТУ дорожные испытания опытной конструкции АБС, установленной на грузовом автомобиле УАЗ, привели к разрушению тормозных барабанов передних колес, как серийной конструкции, так и усиленного (с увеличенной толщиной обода) уже после 8-10 экстренных торможений

В ходе анализа процесса динамического взаимодействия колодок и барабана были выявлены факторы, снижающие прочность тормозного барабана и диапазон их изменения, а именно: 1) высокий темп нарастания нагрузки на барабан (что имеет особое значение для серого чугуна, который является достаточно хрупким материалом); 2) возрастание максимальной величины нагрузки на барабан в основном за счет роста инерционного момента, действующего на резко затормаживаемое колесо; 3) рост числа циклов знакопеременных максимальных напряжений в материале вращающегося барабана. Эти факторы не учитываются в стандартных методах расчетов и проверок тормозных барабанов.

Для оценки надежности колесных тормозных механизмов с АБС разработана методика испытаний чугунных тормозных барабанов с использованием универсального стенда Biss 100 КМ в условиях циклического высокочастотного нагружения, с программируемым характером задания нагрузки. Передача усилия от силонагружателя к колодкам осуществляется клиновым устройством. Колодки прижимаются к неподвижному тормозному барабану, закрепленному на силоизмерителе стенда.

Испытания на стенде имитируют условия работы тормозных барабанов с двумя допущениями: 1) касательная нагрузка на тормозной барабан со стороны колодок не действует, как в случае работы тормозного механизма на автомобиле; 2) цикл изменения напряжений в точке на поверхности обода барабана – синусоидальный односторонний, тогда как при экстренном торможении автомобиля с АБС барабан проворачивается относительно колодок, и этот цикл имеет знакопеременный характер.

Корректность первого допущения подтверждается расчетом напряженного состояния тормозного барабана методом конечных элементов. Как показал расчет, касательная распределенная нагрузка не влияет на величину главных напряжений в опасных точках, возникающих от действия нормальной распределенной нагрузки. Второе допущение также можно признать корректным, задав при испытании односторонний цикл, эквивалентный знакопеременному, рассчитанный по известной методике определения предела выносливости для асимметричного цикла.

Критерий предельного состояния детали при испытании – разрушение и деформации. В процессе испытания предусмотрено периодическое исследование поверхности обода в опасных точках на предмет возникновения трещин и недопустимых деформаций.

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГИБКИ ТРУБ
С ИНДУКЦИОННЫМ НАГРЕВОМ
НА СОВРЕМЕННОМ ОБОРУДОВАНИИ**
*THE TECHNOLOGICAL PECULIARITIES OF INDUCTION PIPE BENDING
ON THE MODERN EQUIPMENT*

К.Л.Кузичкин – асп.
ГНЦ РФ ОАО НПО "ЦНИИТМАШ"

Abstract. The modern induction pipe bending equipment allows to make a curved parts of various application pipelines with the better geometry and stable quality. It is reached by automation of pipe bending technology and possibility of ruling and controlling the technological parameters of the process.

Неотъемлемой частью трубопроводов являются криволинейные участки (отводы), предназначенные для изменения направления движения транспортируемой среды и компенсации тепловых расширений.

При производстве отводов применяют различные способы изготовления - холодная и горячая гибка на трубогибочных машинах, штамповка на прессах, сварка предварительно сформированных сегментов из трубных и листовых заготовок и др. Отмеченные технологии имеют свои преимущества и недостатки, и свою область применения.

В последнее годы при производстве отводов трубопроводов ТЭС и АЭС широкое распространение получила гибка труб с индукционным нагревом. По сравнению с другими способами изготовления гибка с индукционным нагревом имеет ряд преимуществ:

- обеспечивает возможность гибки труб в широком диапазоне диаметров (от 57 до 1600 мм) и толщин стенок (от 5 до 120 мм), в том числе и тонкостенных сварных труб на радиусы ($R \geq 1,5 Da$);
- позволяет существенно снизить овальность сечения на согнутом участке, за счёт создания узкой зоны деформации трубы;
- уменьшает трудоемкость изготовления отводов путем частичной отмены (для некоторых марок сталей) термической обработки, а так же использования простой менее металлоемкой и быстросменной технологической оснастки.

Вместе с тем до последнего времени технология гибки труб с индукционным нагревом имела некоторые недостатки, снижавшие качество и товарный вид получаемого изделия. К ним можно отнести:

- образование в растянутой зоне отвода, в местах перехода от прямого к гнущему участку, локального утонения стенок в виде «шейки»;
- появление в сжатой зоне, в местах сопряжения прямых и гнутых участков, наплывов металла в виде отдельных утолщений или неровностей стенки по всей длине гнутого участка;

В современных конструкциях трубогибочных машин, главным образом зарубежного производства, данные недостатки устранены за счет регулирования величины изгибающей нагрузки и ширины зоны нагрева на начальном и конечном этапах гибки, что обеспечивается заданной программой изменения скоростей движения индуктора и толкателя машины.

Автоматизация технологии гибки труб с индукционным нагревом на современном оборудовании с возможностью управления и контроля основными технологическими параметрами процесса, позволяет изготавливать отводы трубопроводов с улучшенной геометрической формой гнутых участков, что обеспечивает повышение их служебных свойств и надежности при эксплуатации.

РЕЖИМЫ РАБОТЫ ГЛАВНОГО ТОРМОЗНОГО ЦИЛИНДРА АВТОМОБИЛЯ С АБС

WORKING CONDITIONS OF THE MASTER BRAKE CYLINDER OF THE AUTOMOBILE WITH ABS

М.Г. Радченко – асп., М.В. Полуэктов – к.т.н., доц.
Волгоградский государственный технический университет

Abstract. The calculation of the parameters of the master brake cylinder (MBC) elements work of automobile with ABS is carried out. The values of the characteristics of the MBC working condition when the ABS functioning are received. Comparison of the standard requirements to the testing and real working conditions of the master brake cylinder is carried out.

В ходе исследования ресурса главных тормозных цилиндров (ГТЦ) автомобилей с антиблокировочной системой (АБС) было установлено, что в процессе модуляции давления увеличивается количество перемещений поршней и уплотнительных манжет, что, в свою очередь, способствует росту их пути трения по поверхности цилиндра.

Аналитический расчет параметров работы ГТЦ в различных условиях, выполняемый в настоящее время в ВолгГТУ в рамках Гранта Президента РФ, учитывает амплитуду перемещения поршней как при служебном торможении, так и при функционировании АБС.

На основании результатов выполненных ранее экспериментов были определены характерные диапазоны изменения давления в тормозном гидроприводе в процессе модуляции давления АБС. Так, при экстренном торможении автомобиля на дорогах с сухим асфальтобетонным покрытием давление изменяется в пределах 10 ... 15 % от максимальной величины, а при движении по укатанному снегу или льду указанный диапазон может быть расширен до 50 % и выше. Соответственно, и путь трения элементов ГТЦ будет различаться. Проведенный расчет показал, что увеличение пути трения за счет функционирования АБС может составлять 7 ... 31 %. Как видно, изменение режима работы элементов ГТЦ весьма существенно. А поскольку тормозная система в наибольшей степени определяет активную безопасность автомобиля, то детальный анализ условий работы ее элементов становится еще более актуальным.

Следующим этапом исследования стало рассмотрение нормативных требований к главным тормозным цилиндрам на предмет их соответствия режиму работы ГТЦ при функционировании АБС. Прежде всего, это относится к количеству циклов изменения давления, которые должен выдержать главный тормозной цилиндр без потери герметичности в процессе испытаний. Так, по ГОСТ Р 52431 – 2005 установлен норматив 150 тысяч циклов. Вместе с тем, по данным из литературных источников, в среднем 60 тысяч циклов испытаний соответствуют 25000 км пробега автомобиля, то есть на 1 км пути приходится 2,4 торможения. В ходе дорожных экспериментов были получены близкие величины удельного количества торможений. Таким образом, ГОСТ Р 52431 – 2005 предусматривает завершение испытаний на стадии, эквивалентной пробегу автомобиля в 62500 км.

С учетом представленных выше данных об увеличении количества циклов изменения давления в процессе работы АБС, можно рассчитать, что для автоматизированной тормозной системы норматив в 150 тысяч циклов будет достигнут уже при пробеге автомобиля порядка 10600 км.

Проведенные расчеты позволяют сделать вывод о том, что режимы функционирования элементов ГТЦ автомобиля при установке на него АБС существенно изменяются в сторону усложнения условий работы. При этом можно выделить два взаимосвязанных направления данных изменений: увеличение количества циклов модуляции давления и рост пути трения.

К ВОПРОСУ О КОМПЕНСАЦИИ ПОТЕРЬ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

ACCORDING TO THE ISSUE OF COMPENSATION OF LOSS OF VOLTAGE IN ELECTRICAL NETWORKS

Б.Н. Абрамович – д.т.н, профессор, **А.Я. Шклярский** - аспирант
Санкт-Петербургский государственный Горный институт им. Г.В. Плеханова (технический университет)

Abstract. In this article modern method of solving problems which appear in the indemnification of deviation and fluctuation of voltage in electric networks of large industrial plants is given.

Проблема компенсации отклонений и колебаний напряжения в электрических сетях до сих пор, несмотря на разнообразие предлагаемых решений, является актуальной. Особенно это касается мощных и территориально разбросанных предприятий, к которым относятся предприятия газовой и нефтяной отраслей.

Одним из способов компенсации отклонений и колебаний напряжения является применение вольтодобавочных трансформаторов (ВДТ).

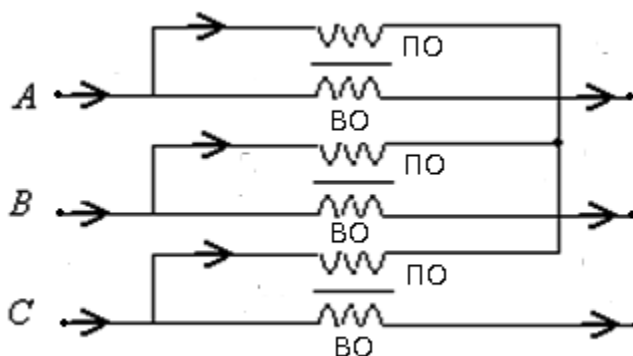


Рис 1. Принципиальная схема ВДТ
где ПО- первичная , а ВО – вторичная обмотки.

Однако классическая схема ВДТ обладает рядом отрицательных свойств, к которым прежде всего относятся уменьшение добавки напряжения при увеличении нагрузки, независимо от включения обмоток.

В работе предлагается способ исключения этого недостатка.

На основе теоретических исследований было определено, что при заданном регулировании параметрами ВДТ можно добиться необходимой добавки напряжения, причем эта добавка будет пропорциональна нагрузке, включая и аварийные режимы.

Предложено три основных способа:

- введение дополнительных сопротивлений в первичную и вторичную обмотки ВДТ;
- изменение потока рассеяния;
- введение дополнительных сопротивлений совместно с изменением потока рассеяния.

Предложены схемы технической реализации вышеуказанных способов.

**РЕГРЕССИОННЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
КОНЦЕНТРАЦИИ ТОКСИЧНЫХ КОМПОНЕНТОВ
В ОТРАБОТАВШИХ ГАЗАХ ДИЗЕЛЕЙ СУДОВ ТИПА РЕКА-МОРЕ
ПРОЕКТА 1570**

*REGRESSION RELATIONS FOR DETERMINING THE CONCENTRATION
OF TOXIC COMPONENTS IN EXHAUST GASES OF DIESEL ENGINES
OF SHIPS SEA-RIVER DESIGN 1570*

Нгуен Ха Хиен – аспирант

Астраханский государственный технический университет

Abstract. Presents regression dependence for determining the concentration NO_x , CO and smoke in the exhaust gases diesels on the river-sea ships design 1570. As well as concluded that improper use of the published average coefficients of regression relationships $e_{NO_x} = f(n)$ или $e_{CO} = f(n)$ for individual engines.

Требования к токсичным выбросам с отработавшими газами (ОГ) дизелей судов ужесточаются из года в год. Задачи по контролю на соответствие нормативной документации в области предотвращения загрязнения атмосферы с судов становятся актуальными в настоящем и в будущем. С целью обширного анализа и поиска обобщенных данных для расчетов выбросов ОГ дизелей судов типа река-море проекта 1570 проводились натурные испытания на судах «Нефтерудовоз-21М» и «Нефтерудовоз-50М» при использовании современных сертифицированных приборов (газоанализатор testo 350-MARITIME, дымомер testo 308, тензометрический комплекс “Astech Electronics”). Такие приборы входят в приборную базу «Испытательный центр “Marine technology service”» (ИЦ МТС АГТУ).

Испытания проводились на главных двигателях 6NVD48AU (номинальная мощность 485 кВт при номинальной частоте $n_{ном} = 330$ об/мин) в акватории реки Волга, Астрахань. Были получены данные эксперимента на четыре двигателя 6NVD48AU, испытания проводились на четырех режимах, на каждом режиме 3 измерения, в итоге имеются 64 измерений. С помощью метода наименьших квадратов были получены аппроксимированные регрессионные зависимости с высокими коэффициентами корреляции, по которым можно определять концентрация NO_x , CO, дымовое число в ОГ дизелей судов типа река-море проекта 1570, представленные следующие:

$$NO_x, ppm = f(n) = -289n^2 + 609n - 228,$$

$$CO, ppm = f(n) = 105,2n^{8,564},$$

$$C, FSN = f(n) = 6,603n + 2,929,$$

при $n = (63\% - 100\%) \cdot n_{ном}$ или 208 – 330 об/мин (соответствуют стандартным значениям цикла E_3 ИСО 8178 часть 4).

На основе обработки результатов испытаний получены удельные средневзвешенные выбросы, которые сопоставлены с нормами, и сделаны выводы о соответствии эмиссии ОГ главных двигателей судов требованиям нормативной документации. Также проводилась попытка поиска уравнений регрессии величины удельных выбросов по частоте вращения коленчатого вала двигателя. Зависимость удельных выбросов NO_x и CO от частоты вращения не удовлетворяется достаточной степенью корреляционной связи. По этим факторам сделан вывод о некорректности использования имеющихся в литературе среднестатистических коэффициентов регрессионных зависимостей $e_{NO_x} = f(n)$ или $e_{CO} = f(n)$ применительно к отдельным конкретным двигателям.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

EFFICIENCY INCREASE WIND ELECTRIC INSTALLATIONS

Б.Н. Абрамович – д.т.н., проф., А.А. Бельский – аспирант

Санкт-Петербургский государственный Горный институт им. Г.В. Плеханова (технический университет)

Abstract. The mathematical model of wind power plant is developed, allowing to obtain the data about quantity of the developed electric energy and value operating ratio of the established capacity depending on various factors (diameter wind a wheel, mid-annual speed of a wind, type of the generator of electric energy, type the animator, design data of the blade, a way of regulation of capacity at speed of a wind more nominal).

В настоящее время в России ведутся работы по созданию ветроэлектрических установок (ВЭУ) свыше 100 кВт имеющих постоянную скорость вращения ветроколеса для работы с асинхронным генератором с короткозамкнутым ротором. Данная схема имеет ряд преимуществ: простую и дешевую конструкцию генератора, не требующую обслуживания, но из-за постоянной частоты вращения ветроколеса (изменения не больше 1-2%) теряется значительное количество энергии ветра.

Наиболее перспективным направлением повышения эффективности ВЭУ представляется использование в них генераторов работающих с переменной частотой вращения и поддержанием постоянной выходной мощности при скоростях ветра выше номинальных, с помощью системы изменяющей угол атаки, поворотом лопасти вдоль оси маха в зависимости от скорости ветра. В качестве генератора работающего с переменной частотой вращения в ВЭУ могут использоваться асинхронная машина двойного питания (АМДП) или синхронный генератор (СГ). Для связи с сетью в ВЭУ с СГ применяется преобразователь частоты в цепи статора, на полную мощность генератора, а с АМДП - преобразователь частоты с непосредственной связью - в цепи ротора, на мощность, сниженную кратно частоте скольжения относительно сети.

Для исследования работы ВЭУ с различными типами генераторов была разработана математическая модель, в которой производится аппроксимация отвлеченной аэродинамической характеристики двумя полиномами 4-ой степени, и переход от неё к размерной рабочей характеристике ветродвигателя $P_B=f(n, V)$ в виде зависимости мощности на валу ветроколеса P_B от частоты его оборотов n при различных скоростях ветра V . За счет совмещения рабочих характеристик различных типов генераторов с характеристикой ветродвигателя строятся рабочие характеристики ВЭУ $P=f(V)$ в виде зависимости мощности на выходе с генератора P от скорости ветра V (рис.1).

Математическая модель позволяет не только строить рабочие характеристики выходной мощности ВЭУ от скорости ветра, но и получать данные о количестве выработанной электрической энергии и значения коэффициента использования установленной мощности в зависимости от различных факторов (диаметра ветроколеса, среднегодовой скорости ветра, типа генератора электрической энергии, типа мультипликатора, конструктивных параметров лопасти, способа регулирования мощности при скорости ветра больше номинальной).

Применение АМДП вместо АГ позволяет увеличить количество электроэнергии вырабатываемое ВЭУ на 8-10% при любых среднегодовых скоростях ветра, а также уменьшает минимальную скорость ветра работы ВЭУ.

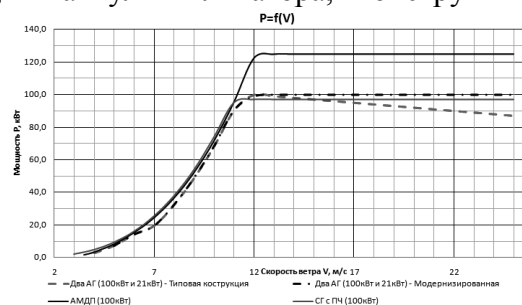


Рис.1

**РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ФУНКЦИЙ
ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ВТОРОГО ПОРЯДКА
С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ ПО ИХ ФАЗОЧАСТОТНЫМ
ХАРАКТЕРИСТИКАМ В СРЕДЕ MATHCAD**
*COEFFICIENT CALCULATION OF TRANSFER FUNCTIONS
OF THE SECOND ORDER HEAT POWER OBJECTS WITH LAG ACCORDING
TO THEIR PHASE-FREQUENCY CHARACTERISTICS
IN MATHCAD SYSTEM*

А.А.Нестеров – инженер, **А.В.Нестеров** – к.т.н., доц., **С.В.Нестеров** – к.т.н., доц.
Кубанский государственный технологический университет

Abstract. Coefficient calculation method of transfer function of heat power objects of the second order with lag according to experimental data is offered. The coefficient of heat power objects transfer function are calculated on the basic of regression analysis of its experimental phase-frequency characteristic in MATHCAD system.

Расчет оптимальных настроек регуляторов систем автоматического управления теплоэнергетическими объектами (ТЭО) тепловых электрических станций и промышленных систем теплоснабжения часто требует представления динамических характеристик этих объектов в виде передаточных функций.

Так, динамические свойства ТЭО с S -образной кривой разгона при наличии запаздывания с достаточной для инженерных расчетов точностью описывают типовой передаточной функцией вида

$$W(s) = \frac{k}{(T_1s + 1)(T_2s + 1)} e^{-\tau s}, \quad (1)$$

где k - коэффициент передачи ТЭО; T_1 ; T_2 - постоянные времени ТЭО; τ - время запаздывания ТЭО; s - оператор Лапласа.

В докладе предлагается методика расчета постоянных времени T_1 , T_2 и времени запаздывания τ ТЭО, основанная на регрессионном анализе их фазочастотных характеристик (ФЧХ), полученных экспериментально вследствие изменения по гармоническому закону внешнего воздействия. При этом для описания экспериментальной ФЧХ ТЭО в качестве уравнения регрессии используется выражение ФЧХ апериодического звена второго порядка с запаздыванием, соответствующее передаточной функции (1)

$$\varphi(\omega) = \text{arctg} \frac{-(T_1 + T_2)\omega}{-T_1T_2\omega^2 + 1} - \tau\omega, \quad (2)$$

где ω - угловая частота внешнего воздействия.

Регрессионное уравнение (2) является нелинейным. Поэтому расчет его параметров - коэффициентов передаточной функции ТЭО T_1 , T_2 и τ , осуществляется в системе Mathcad с помощью функции *genfit*, позволяющей определять параметры практически любой нелинейной по параметрам регрессионной модели.

Расчитанные таким образом значения постоянных времени T_1 , T_2 и времени запаздывания τ ТЭО обеспечивают минимальную среднеквадратичную погрешность описания выражением (2) его экспериментальной ФЧХ.

Методика применима для расчета коэффициентов передаточных функций и других промышленных объектов управления, обладающих подобными динамическими свойствами.

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ
И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ
В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ПРЕДПРИЯТИЙ
МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА**
*POWER QUALITY INCREASING AND ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY
ENSURING IN ELECTRICAL NETWORKS OF MINERAL-RAW
MATERIAL ENTERPRISES*

Ю.А.Сычев - ассистент

Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

Abstract. The efficiency of active current and voltage curves shapes correction systems on the base of shunt active filters using in electrical networks of mineral-raw material enterprises for power quality increasing and electromagnetic compatibility ensuring

Одной из наиболее актуальных проблем в области повышения качества электрической энергии и обеспечения электромагнитной совместимости электротехнических комплексов в сетях предприятий минерально-сырьевого комплекса с интенсивным применением различных типов нелинейной нагрузки на базе современных преобразователей частоты является минимизация искажения формы кривых тока и напряжения до уровня, установленного отечественными и международными стандартами. Превышение допустимого уровня гармонических искажений приводит к сокращению срока службы трансформаторов и силовых конденсаторов, неправильной работе систем релейной защиты, электросетевой и технологической автоматики, помехам в системах связи, управления и телемеханики, а также к возникновению аварийных ситуаций в системе электроснабжения предприятий минерально-сырьевого комплекса.

Существующие традиционные технические средства и решения, направленные на коррекцию формы кривых тока и напряжения, имеют ряд существенных недостатков, что делает их применение в электрических сетях предприятий минерально-сырьевого комплекса неэффективным.

Современные активные системы коррекции формы кривых тока и напряжения, выполненные на базе параллельных активных фильтров, согласно результатам экспериментальных исследований, способны эффективно компенсировать высшие гармоники тока и напряжения в режиме реального времени с высоким быстродействием.

Обоснована структура активной системы коррекции формы кривых тока и напряжения на основе параллельного активного фильтра. Разработан алгоритм выявления и компенсации высших гармоник тока и напряжения активной системой коррекции, который защищен патентом на изобретение № 2354025 «Способ компенсации высших гармоник и коррекции коэффициента мощности сети».

На основании результатов теоретических и экспериментальных исследований разработана методика выбора структуры, основных параметров, режима работы и места подключения активных систем коррекции формы кривых тока и напряжения на основе параллельных активных фильтров в электрических сетях предприятий минерально-сырьевого комплекса.

В соответствии с разработанной методикой успешно прошли промышленные испытания и внедрены в эксплуатацию активные системы коррекции формы кривых тока и напряжения на основе параллельных активных фильтров в распределительных сетях нефтепромыслов ОАО «Оренбургнефть» и ООО «РН-Юганскнефтегаз».

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАЛОМОЩНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ НА АВТОНОМНЫХ ОБЪЕКТАХ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА

USE OF LOW-POWER PHOTO-ELECTRIC STATIONS ON INDEPENDENT OBJECTS OF THE MINERAL-RAW COMPLEX

Б.Н. Абрамович – д.т.н, проф., Э.В. Яковлева - аспирант
Санкт-Петербургский государственный Горный институт им. Г.В. Плеханова
(технический университет)

Abstract. In this paper an actual problem is a possibility of maintenance with the electric power produced by photovoltaic cells the low-power consumers of the remote objects of a mineral-raw complex.

Основная проблема автономных объектов минерально-сырьевого комплекса заключается в том, что они находятся далеко от централизованного энергоснабжения, и поэтому основными источниками электроэнергии являются дизельные электростанции. Переход на ВИЭ даст как технологическое, так и экономическое преимущество.

Немаловажным фактором для применения фотоэлектрической станции является территориальное расположение объекта. Российская федерация занимает большую часть материка Евразия. Её регионы и области лежат в пределах 80 и 40 широты. Солнечное излучение, в свою очередь очень зависит от широты и меняется от почти 6 кВт на Экваторе и до 1,3 на Полюсе.

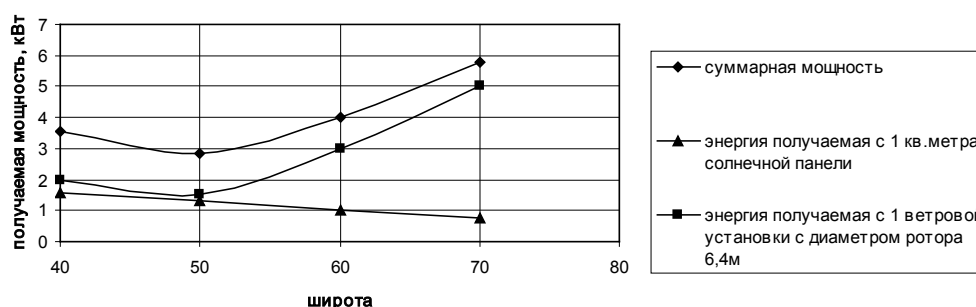


Рис. 1. График зависимости получаемой мощности от территориального расположения объекта

Для примера использования фотоэлементов на объектах минерально-сырьевого комплекса была рассмотрена Дукатская геологоразведочная экспедиция. Средняя мощность, расходуемая на теплоснабжение составляет 2,7 МВт и 0,689 МВт на энергоснабжение. Покрывать полную мощность фотоэлектрическими станциями нерентабельно. Если же обеспечивать электроэнергией, полученной с помощью солнечных электростанций, только контрольно-измерительную аппаратуру, средства управления и подогрева, то это вполне рентабельно. Общая номинальная мощность которых для крупных установок составляет порядка 12,26 кВт. Если взять фотоэлектрическую панель с КПД 40%, то достаточно будет 16 панелей, с тем учетом, что одна панель вырабатывает 800 Вт при условии, что солнечный поток в районе Магадана равен 2 кВт на 1 квадратный метр и температуре 25 градус по Цельсию.

**ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ И УСТОЙЧИВОСТИ
ТОКОНЕСУЩЕЙ МНОГОПРОЛЕТНОЙ ШИНЫ
В ПОПЕРЕЧНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ**
*INVESTIGATION OF VARIATIONS AND STABILITY OF CURRENT-CARRYING
MULTISPAN TIRES IN A TRANSVERSE MAGNETIC FIELD*

Т. Н. Голубева - аспирант

Московский Энергетический Институт (Национальный Исследовательский Университет)

Abstract. All designing electric machines, devices there is a necessity of research of influence of magnetic fields and current density. In this paper we investigate the influence of the magnetic field and current density on vibrations of current-carrying multispans tires plates in the external transverse magnetic field. The expressions for finding the natural frequencies of the current-carrying plates were obtained and the dynamic stability was investigated.

Многопролетные токонесущие шины являются одними из важнейших элементов электротехнического оборудования. Шинопроводы используются при передаче тока высокого и низкого напряжения. В данной работе проводятся исследования действия магнитного поля на колебания и устойчивость многопролетных токонесущих шин прямоугольного поперечного сечения.

В качестве модели шинопровода была выбрана удлиненная пластина шириной a и постоянной толщины $2h$, находящаяся во внешнем магнитном поле с вектором магнитной индукции $B_0 = const$, перпендикулярным срединной плоскости пластины, которая является проводником равномерно распределенного электрического тока плотности J_0 . Для простоты принимается, что диэлектрическая и магнитная проницаемости пластины равны единице ($\varepsilon = \mu = 1$), а величина электропроводности σ - известна. Получено выражение для собственных частот колебаний токонесущей пластины в поперечном магнитном поле. Установлено, что собственное магнитное поле приводит к затуханию колебаний. При достаточно сильном внешнем поперечном магнитном поле влиянием собственного магнитного поля можно пренебречь.

При определенных значениях индукции магнитного поля и плотности электрического тока происходит динамическая потеря устойчивости. Частота собственных магнитоупругих колебаний обращается в ноль.

При увеличении индукции внешнего магнитного поля собственные частоты падают. При этом увеличение индукции магнитного поля оказывает более существенное влияние на высшие формы колебаний. При различных плотностях тока и магнитной индукции до 10 Тл частоты совпадают. При увеличении плотности тока собственные частоты возрастают. Чем больше индукция внешнего поперечного магнитного поля, тем меньше собственная частота при одном и том же значении плотности тока.

Литература

1. Амбарцумян С.А., Багдасарян Г.Е. Электропроводящие пластинки и оболочки в магнитном поле. М.: Физматлит, 1996. 286 с.
2. Геча В. Я., Голубева Т. Н., Хроматов В. Е. Колебание электропроводящей пластины в магнитном поле // Сборник трудов XVI международной научно-технической конференции «Машиностроение и техносфера XXI века», г. Севастополь, 2009. Т. 1. С. 134-139

**ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА БУМАГИ
НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТЕПЛОТЫ**
*INCREASING OF ENERGY EFFICIENCY OF HEAT TECHNOLOGICAL
SCHEME OF PAPER PRODUCTION ON THE BASIS OF THE APPLICATION
OF HEAT TRANSFORMERS*

И.И. Филонова - аспирант, **Л.В. Плотникова** - к.т.н.
Казанский государственный энергетический университет

Abstract. There are represented principal propositions of analysis of energy efficiency of heat technological schemes of paper production carried out to create optimal energy effective system of utilization of secondary energy. It's described developed variant of the system of utilization based on heat pumps.

Вопрос экономии топливно-энергетических ресурсов и повышения энергоэффективности является приоритетной задачей современной техники крупных промышленных комплексов. Перспективным направлением решения данного вопроса является разработка систем утилизации вторичных энергетических ресурсов (ВЭР). Так, для предприятий целлюлозно-бумажной промышленности характерен недостаточный уровень использования тепловых ВЭР. Организация на таких предприятиях систем утилизации вторичной тепловой энергии на основе трансформаторов теплоты, в которых топливно-энергетические ресурсы используются с наибольшей эффективностью, позволяет достичь снижения энергоемкости целевой продукции, а также повысить термодинамическую эффективность производства.

Теплотехнологическая схема производства бумаги является энергоемкой и представляет собой сложную систему, которая состоит из взаимосвязанных, но различных по назначению и конструкции элементов. Работа каждого аппарата влияет на графики энергопотребления и выхода ВЭР. Определить эффективный вариант системы утилизации ВЭР предлагается на основе структурно-термодинамического анализа исследуемой схемы. Целью структурного анализа теплотехнологической схемы является установление взаимозависимостей между элементами и определение оптимальной последовательности расчета схемы. Термодинамический анализ основан на применении эксергетического метода и позволяет выявить потери энергии от необратимости для всей системы и элементов схемы и произвести оценку эффективности элементов в составе системы.

Проведенный анализ показал, что наиболее энергоемкой стадией производства бумаги является участок сушки бумаги, а значительной эксергетической ценностью обладают потоки отработанного в сушильной установке влажного воздуха. Для повышения эффективности энергоиспользования в процессе производства бумаги предлагается использовать такие трансформаторы теплоты как тепловые насосы, что позволит снизить потери тепловой энергии, связанные с выбросом отработанного воздуха. Влажный воздух, выходящий из сушильной установки, следует направлять в испаритель теплового насоса, где воздух охлаждается и осушается. Далее осушенный воздух подогревается в конденсаторе теплового насоса до требуемой температуры и возвращается в сушильную установку для сушки бумаги.

Таким образом, тепловой насос позволяет довести параметры отработанного влажного воздуха до требуемых параметров греющего сухого воздуха, что значительно снижает энергопотребление от внешних источников. Включение теплового насоса в данную систему позволило повысить энергетическую эффективность процесса производства бумаги на 80% и, соответственно, сэкономить значительное количество топлива.

ТЕХНИКО–ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОРШНЕВЫХ ДВС ПО РАСХОДУ И СТОИМОСТИ ТОПЛИВА

TECHNICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF PISTON INTERNAL COMBUSTION ENGINES ACCORDING TO FUEL CONSUMPTION AND FUEL PRICE

О.А. Кошелева – студ., С.В. Чухланцева – студ., Н.М. Зотов – к.т.н., доцент
Волгоградский Государственный Технический Университет

Abstract. This research demonstrates that the higher quality petrol costs increase prevails over the intensity of the fuel consumption decrease according to the compression ratio increase.

Известно, что по мере увеличения степени сжатия КПД термодинамического процесса поршневых двигателей внутреннего сгорания растет, что обеспечивает снижение удельного расхода топлива [1].

Однако повышение степени сжатия требует использования бензинов с повышенным октановым числом, стоимость которых увеличивается существенно нелинейно [2].

В связи с этим необходимо вводить комплексную оценку технико–экономического совершенства поршневых ДВС, которая еще на стадии проектирования позволит определить оптимальную с точки зрения будущих расходов на топливо. На рисунке показано в относительных единицах изменение термического КПД и стоимости топлива для совершения одной и той же работы в относительных единицах. За начальные точки (100%) взяты значения КПД и стоимости топлива используемого в двигателях со степенью сжатия 8.

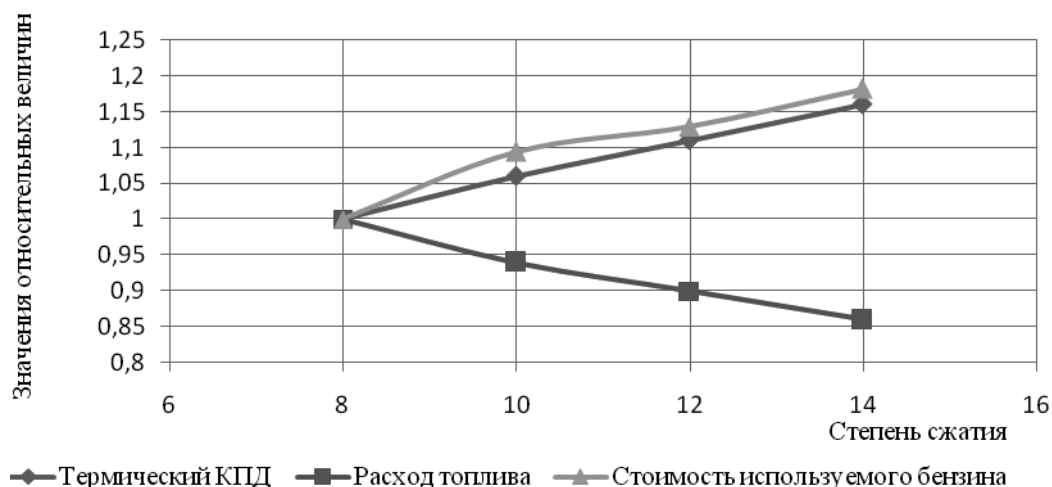


Рисунок – Изменения термического КПД, расхода топлива и стоимости бензина в относительных единицах по мере увеличения степени сжатия

Анализ кривых на рисунке показывает, что стоимость потребляемого топлива повышается по мере увеличения степени сжатия, несмотря на уменьшение его расхода.

Литература

1. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. - М.: Наука, 1979.
2. Кошелева, О.А. Характеристики твердых и жидких топлив и соотношение показателя цена – качество для их теплотворной способности/ О.А. Кошелева, С.В. Чухланцева, Н.М. Зотов// МИКМУС – 2009. – М., 2009. – С. 111.

ВЛИЯНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА НА РАСХОД ТОПЛИВА В РЕЖИМЕ ГОРОДСКОГО ЦИКЛА

THE INFLUENCE OF TECHNICAL SPECIFICATIONS OF VEHICLE ON ITS FUEL CONSUMPTION IN URBAN CONDITION

Д.Б.Ширшов - аспирант, Н.М.Зотов - к.т.н., доц., Г.В.Бойко - доц.

Волгоградский государственный технический университет

Abstract. The paper proposes a method for selecting the vehicle for operation in urban conditions in terms of minimizing fuel consumption.

В работе проведено статистическое исследование технических характеристик двадцати пяти наиболее распространенных и популярных марок автомобилей различных производителей компакт класса, с максимальной развиваемой мощностью по паспорту от 71 до 140 л.с. Анализ данных выявил отсутствие видимого роста расхода топлива от таких факторов как увеличения мощности двигателя автомобиля, увеличения снаряженной или полной массы, а также других характеристик.

Такой подход не достаточно информативен. Согласно ГОСТ 20306-90 «Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний», определяется порядок действий по операционной карте для испытаний автомобилей по городскому циклу на стенде. ГОСТом регламентируется, что любому автотранспортному средству полной массой до 3,5 т достаточно максимального ускорения равного $1,04 \text{ м/с}^2$ для движения в городе. Следовательно, поскольку испытательный цикл максимально приближен к реальным дорожным условиям в режиме городского движения, то и в типичной ежедневной эксплуатации легкового автомобиля в городе, больших ускорений он не развивает.

Из выше сказанного следует, что наиболее энергоемкий процесс – это момент начала движения, когда полностью загруженный автомобиль с места разгоняется до 60 км/ч с ускорением $1,04 \text{ м/с}^2$. Приняв, что автомобиль движется по идеально ровной дороге с асфальтобетонным покрытием дороги, время переключения передач стремится к нулю, сопротивление воздуха отсутствует, получаем, что сила тяги необходимая автомобилю в данных условиях прямо пропорциональна сумме сил сопротивления качению и инерции.

Произведен расчет необходимой силы тяги и мощности, требуемой для реализации этой силы. Затем проведен анализ найденной мощности на внешней скоростной характеристике двигателя автомобиля. В результате анализа установлено, что для автомобилей с максимальной мощностью двигателя более 110 л.с. необходимая для городского режима движения мощность соответствует более высокому значению удельного эффективного расхода топлива, чем для автомобилей с максимальной мощностью двигателя менее 90 л.с. Разница эффективных расходов достигает 5%. Разница мгновенных расходов топлива в режиме разгона различается на 25%.

Таким образом, более мощный и тяжелый автомобиль, имея по паспортным данным расход топлива одинаковый или даже меньший, чем автомобиль с менее мощным двигателем этого же класса, но более легкий, при эксплуатации в городских условиях будет иметь больший расход топлива.

Аналогичный вывод можно получить и по анализу расходных характеристик ДВС в зависимости от эффективной мощности. Из этого анализа в частности видно, что даже при неизменности механических потерь, КПД двигателя будет тем меньше, чем меньше его нагрузка.

ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ С РАЗЛИЧНЫМИ ЗАКОНАМИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НА ФУНКЦИЮ ГОТОВНОСТИ

INFLUENCE THE OPERATING TIME MEASURES WITH DIFFERENT DISTRIBUTIONS TO AVAILABILITY FUNCTION

И.В.Плохих – аспирант, Р.И.Зайнетдинов – д.т.н., проф.

Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ)

Abstract. The availability function of the railway rolling stock has been studied in idealization about the exponential, normal and gamma distributions of the operating time measures.

В ряде стандартов, методик и моделей, предназначенных для оценки коэффициентов готовности железнодорожного подвижного состава, сделано допущение о том, что распределения временных показателей, характеризующих процесс эксплуатации, не противоречат экспоненциальному закону распределения. Однако реальные распределения некоторых временных показателей не подчиняются экспоненциальному закону распределения. Поэтому ставится задача анализа влияния различных законов распределения (нормального и гамма-распределения) временных показателей на функцию готовности. Функция готовности определяется по формуле:

$$K_r(t) = R(t) + R \cdot h(t) = R(t) + \int_0^t R(t-t')h(t')dt',$$

где $R(t)$ – вероятность безотказной работы; R – заданный стационарный уровень вероятности безотказной работы; $h(t)$ – плотность восстановления.

Выполненные расчёты позволяют построить графики функции готовности с учётом названных законов распределения, которые представлены на рисунке.

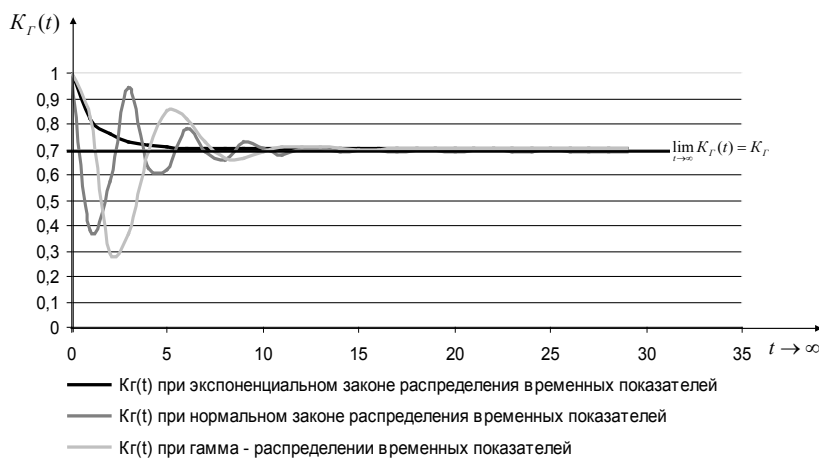


Рисунок. Функция готовности с учётом различных законов распределения

Функции готовности, рассчитанные для нормального и гамма-распределения, имеют затухающий колебательный характер, что не наблюдается при экспоненциальном распределении. Кроме того, для нормального и гамма-распределения характерна большая продолжительность переходного процесса до наступления стационарного режима и наличие провалов функции готовности ниже её стационарного значения. Вследствие этого коэффициенты готовности железнодорожного подвижного состава, оцененные без учёта реальных законов распределения временных показателей, могут не соответствовать фактической готовности в начальный период эксплуатации. Однако с течением времени функции готовности, учитывающие различные законы распределения, перестают зависеть от времени (становятся стационарными) и соответствуют коэффициенту готовности, определённому с допущением в том, что временные показатели имеют экспоненциальное распределение.

**АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ
РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ВОЗДУШНО-АЛЮМИНИЕВЫХ
ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА**

*INDEPENDENT POWER SUPPLY SYSTEM FOR ROBOTIC WORKCELLS WITH
THE USE OF AIR-ALUMINUM ELECTROCHEMICAL POWER SOURCES*

Л.Л. Кравченко – к.т.н., доц., **К.В. Пушкин** – студент, **С.Д. Севрук** – к.т.н., доц.,
А.А. Фармаковская – к.х.н., доц.

Московский авиационный институт (государственный технический университет).

Abstract. Environmentally friendly independent power supply system for robotic workcells based on air-aluminum electrochemical power sources whose energy characteristics are considerably improved compared to the standard power supply systems based on the electric batteries.

На сегодняшний день одной из главных проблем для автономных робототехнических комплексов (РТК) является продолжительность работы, которая напрямую зависит от энергетических показателей используемой энергоустановки (ЭУ).

Для электропитания автономных РТК, в частности для малоразмерных дистанционно пилотируемых летательных аппаратов (МДПЛА), электролётов, чаще всего используются аккумуляторные батареи (АБ) с высокими удельными мощностями. Однако такие АБ имеют низкие удельные энергии, что и обуславливает малую продолжительность работы ЭУ и, соответственно, электролёта.

Нами была разработана гибридная ЭУ для электролёта, способная обеспечить продолжительность его активного полета до 60 минут и удовлетворяющая следующим требованиям (при полётной массе всего аппарата до 5 кг):

- масса не более 1200 г;
- мощность номинальная не менее 200 Вт;
- мощность максимальная 500 Вт (2х20сек);
- напряжение на выводах не более 28,8 В;
- электроёмкость номинальная на одном комплекте анодов не менее 18 А·ч;
- удельная энергия не менее 200 Вт·ч/кг (180 Вт·ч/дм³).

Создан экспериментальный образец комплексной двигательной-энергетической установки (КДЭУ) полностью удовлетворяющий поставленным требованиям. КДЭУ состоит из воздушно-алюминиевого (ВА) механически перезаряжаемого химического источника тока (ХИТ) с высокими удельными энергетическими показателями, литий-ионной АБ для снятия пиковых нагрузок, зарядно-разрядного устройства, устройства согласования характеристик источников тока и вентильного электродвигателя.

Данная схема КДЭУ может быть использована и для других типов РТК различного назначения. Применение разработанной КДЭУ позволяет увеличить автономность и продолжительность функционирования РТК за счёт повышенных удельных энергетических показателей ЭУ и оптимизации параметров системы электродвигатель - ЭУ.

Разработанная нами ЭУ на основе ВА ХИТ позволяет увеличить полётное время электролёта в 3-5 раз по сравнению с используемыми в настоящее время ЭУ на основе литий-полимерных (литий-ионных) АБ. Кроме того, такая ЭУ имеет меньшую цену и стоимость эксплуатации.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕХАНИЗМОВ УРАВНОВЕШИВАНИЯ В ДВС *EFFICIENCY DEFINITION OF APPLICATION OF BALANCE SHAFTS IN ENGINES METHODS*

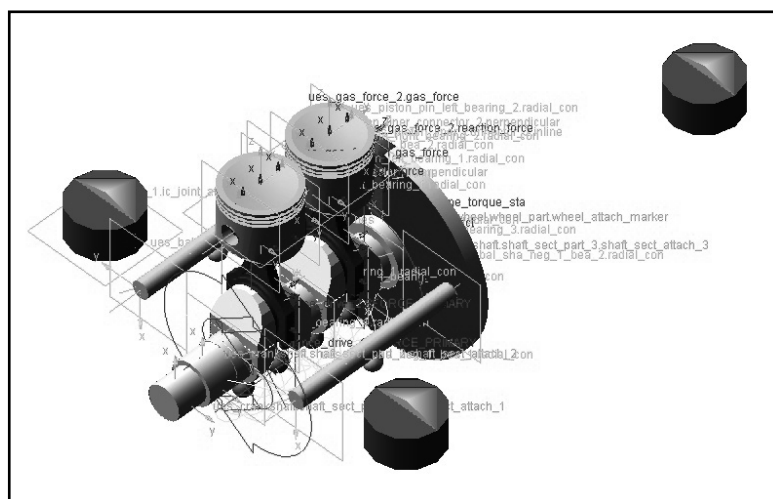
М.С.Хайдакин – к.т.н.

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

Abstract. At the present time the requirements of numeric simulations increase. Modern powertrains are required to have high reliability and power, low consumption, emissions and vibration level. The internal combustion engine development process requires CAE models which deliver results for the concept phase at the very early stage. The vibratory and acoustic behavior of the cranktrain is a highly complex one that greatly affects global engine noise emissions. In the case of this paper the engine analysis is presented. The aim of this dynamic analysis of the powertrain is the reduction of the vibrations.

Двигатель внутреннего сгорания является источником вибраций, которые зависят от его скоростных и нагрузочных режимов. Вибрационное воздействие передается на раму устройства, на котором установлен двигатель.

Ввиду жестких требований, предъявляемых нормативными документами по уровню вибраций, возникает проблема снижения вибронегативности ДВС.



Таким образом, разработка эффективных мер по снижению вибронегативности двигателей относится к одной из важных научно-технических и практических проблем отечественного и зарубежного двигателестроения, поэтому задача решения этой проблемы является в настоящее время актуальной.

Ввиду вышеизложенного, разработчики двигателей применяют в них механизмы уравновешивания для снижения колебаний.

В докладе, на примере дизеля ТМЗ 350Д, рассматривается комплексный метод расчета колебаний двигателя с механизмом уравновешивания. Комплексный метод включает в себя CAD/FEM/MBS модели. Представлены результаты оптимизации параметров механизма уравновешивания в рассматриваемом двигателе.

Рассмотренная комплексная модель позволяет рассчитывать колебательные характеристики силовых агрегатов с механизмами уравновешивания и производить усовершенствование модели на различных стадиях проектирования и доводки ДВС.

Оптимизация параметров механизма уравновешивания позволила снизить динамическое воздействие от двигателя.

Данные полученные при моделировании перемещений силового агрегата могут быть использованы для определения колебаний конструкций, на которых они установлены, а так же для моделирования звуковых полей вокруг агрегатов в соответствующих программных продуктах.

СЕКЦИЯ 6

Биомеханика и экология

РАЦИОНАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРИРОДООХРАННЫМИ МЕРОПРИЯТИЯМИ

RATIONAL MANAGEMENT OF NATURE PROTECTION ACTIONS

До Чунг Тхоай – асп., Фам Динь Тхык – асп.,

Бу Ван Куи – асп., Бу Ван Чьонг – асп.

Национальный Морской Университет Вьетнама, г. Хайфон

Abstract. On the basis of use of the theory of static games with hierarchical structure rational strategy of management by nature protection actions are received.

Предложен подход к построению модели функциональной деятельности, осуществляемой в рамках экологического контроля регионального уровня (функциональная модель), которая отображает функции экоконтроля, действия по реализации функций, а также информационные и организационные вопросы этих действий (информационные процессы и процессы управления).

Функциональная модель имеет иерархическую структуру, отражающую организационную иерархию регионального экоконтроля на уровне организаций, их структурных подразделений, уровнях операций и процедур моделирования.

Каждому уровню иерархии соответствует вид моделируемой деятельности. Элементы модели произвольного иерархического уровня (кроме высшего) являются результатом структурирования (детализации) элементов предыдущего уровня. Отбор структурируемых элементов осуществляется на основе оценки их функциональной значимости.

Наряду со структурированием элементов осуществляется структурирование их связей (управляющих воздействий, информационных потоков). Структурными единицами информационных потоков модели являются документы, имеющие обращение в природоохранной сфере. Структурными единицами управляющих воздействий являются параметры управления

На уровне операций элементами моделирования являются операции, выполняемые в рамках экоконтроля (ЭК), которые представляют собой систему нормативно-регламентируемых действий по реализации некоторой функции ЭК. Каждая операция имеет набор параметров: дата проведения, исполнитель, объект проведения. Каждый из параметров имеет свою область определения. Моделью информационного взаимодействия операций является ориентированный взвешенный граф.

При планировании финансирования работ по вводу мероприятий администрация должна учитывать динамику суммарных затрат предприятия. Формальное представление динамики суммарных затрат в общем случае требует учета многочисленных экономических аспектов функционирования предприятия.

Система управления проведением охранных мероприятий является иерархической, а управляемые величины (затраты предприятия в процессе выполнения мероприятий, ущерб окружающей среде) – динамическими.

На основе использования теории статических игр с иерархической структурой получены рациональные стратегии управления природоохранными мероприятиями.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ РИТМОВ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ, ДЫХАНИЯ И ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ С РИТМОМ ХОДЬБЫ

RESEARCH OF THE INTERRELATION OF RHYTHMS OF AN ELECTROCARDIOGRAM, RESPIRATION AND ELECTROENCEPHALOGRAM WITH RHYTHM OF WALKING

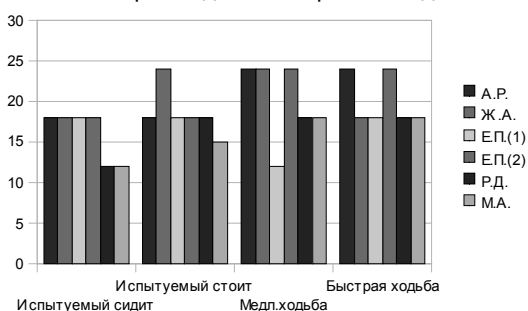
Р.М. Ахтямов – соискатель на степень кандидата наук
Институт машиноведения им.А.А.Благонравова РАН

Abstract. In this work author make an attempt to research relations between different physiological rhythms like electrocardiogram, respiration and electroencephalogram with rhythm of human walking.

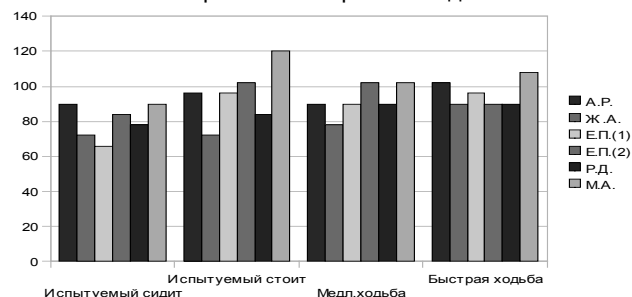
За последние десятилетия в биологических науках все больше доминирует новая экспериментальная парадигма исследования – это принцип активности, согласно которому испытуемых необходимо изучать в естественных условиях, в которых они осуществляет активную деятельность. Этот подход дает более достоверную информацию о функционировании физиологических систем организма в отличие от принципа реактивности, согласно которому необходимо выделить исследуемый параметр и редуцировать воздействие всех остальных параметров. Скот Маккей, крупный современный исследователь, сторонник принципа активности, предложил изучать одновременно ЭЭГ, дыхание и ЭКГ в процессе передвижения испытуемого по экспериментальной среде. Он поставил ряд вопросов, относящихся к ходьбе человека: Какие существуют связи ЭЭГ с простыми движениями, такими как ходьба? Какие происходят изменения в ЭЭГ во время ходьбы? В этой работе мы пытаемся найти взаимосвязи ритмов ЭКГ, ЭЭГ и дыхания с ритмом ходьбы.

В данном исследовании мы сравнивали ритмы ЭКГ, дыхания и ЭЭГ в 4 различных пробах: испытуемый сидит с открытыми глазами, испытуемый стоит с открытыми глазами, испытуемый медленно ходит, испытуемый быстро ходит. Были получены предварительные данные о том, как происходит изменения ритмов физиологических показателей при различных пробах.

Связь ритма дыхания с ритмом ходьбы



Связь ритма ЭКГ с ритмом ходьбы



Здесь приведены диаграммы данных ритмов дыхания и ЭКГ у 5 испытуемых. При первом анализе данных видно, что есть небольшое увеличение частоты дыхания от пробы, когда испытуемый сидит, к пробе, когда испытуемый быстро ходит. При анализе изменений частоты ЭКГ нет такой однозначной зависимости. У некоторых испытуемых частота ЭКГ падает от медленной ходьбы к быстрой ходьбе. У большинства испытуемых частота ЭКГ растет от пробы в сидячем положении к пробе в стоячем положении и к пробе с медленной ходьбой. Необходимо в дальнейшем изучить взаимосвязь частот ЭКГ и дыхания при разных режимах ходьбы. Есть предварительные данные по ЭЭГ на 2 испытуемых, согласно которым мощность частоты мю-ритма в области отведения Cz, C3, C4 уменьшается при более быстрой ходьбе.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ И МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК ВНУТРЕННИХ ВОДОЕМОВ РОССИИ**
*HYDROLOGICAL AND MORPHOMETRIC DESCRIPTION
OF RUSSIAN INTERNAL BASINS STUDY*

О.Е.Хвостова – аспирант, **А.А. Куркин** - д.ф.-м.н., проф.

Нижегородский Государственный Технический Университет им. Р.Е. Алексеева

Abstract. Hydrological and morphometric description of Russian internal basins is presented. Hydrological parameters changing and sediment transport connection is discussed.

В настоящей работе проведено исследование гидрологических и морфометрических характеристик внутренних водоемов России. Стоит отметить, что надежных данных многолетних наблюдений за внутренними водоемами крайне мало. С 1979 года ежегодно осуществляется обобщение информации об эксплуатационных запасах и использования подземных вод в рамках государственного мониторинга состояния недр (ГМСН). Но данные эти неполные и неточные, т.к. прогнозные ресурсы подземных вод определялись в 60-70-х годах XX века практически без учета природоохранных ограничений, влияния хозяйственной деятельности и технико-экономических аспектов эксплуатации. А в наше время эксплуатационные запасы внутренних вод некоторых регионов превысили прогнозные характеристики. Еще одной важной проблемой остается влияние переработки внутренних территорий при ведении хозяйственных работ на водоемы.

В работе представлены результаты анализа современного состояния внутренних водоемов России. Собраны данные по федеральным округам: о распределении прогнозных ресурсов, об обеспеченности ресурсами подземных вод, о количестве эксплуатационных ресурсов, о причинах и величине загрязнения подземных вод. Наибольшим количеством эксплуатационных запасов воды (тыс. м³/сут.) располагают: Московская область – 8840, Краснодарский край – 4447, Самарская область – 2677, Нижегородская область – 2658, Республика Башкортостан – 2571. А основными причинами загрязнения являются: деятельность промышленных предприятий (39%); сельскохозяйственная деятельность (15%); коммунальное загрязнение (10%).

Отдельно были собраны данные характеристик бассейнов рек и озер России, проведена оценка факторов, влияющих на изменение водных режимов бассейнов рек. В первую очередь к ним относится общее изменение расходов воды в бассейнах рек в том числе вследствие эксплуатации гидротехнических сооружений. На реках с «выровненным» гидрографом обеспеченность руслоформирующих расходов выше (хотя в численном выражении расходов воды меньше). Не менее важным является график годового изменения стока наносов. К сожалению, подобные данные по большинству водоемов отсутствуют. Поэтому одновременно с изучением изменения характеристик водоемов важно развивать математические модели транспорта наносов.

Представленные результаты поисковой научно-исследовательской работы получены в рамках реализации мероприятия 1.2.1 «Проведение научных исследований научными группами под руководством докторов наук» ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
РАСПРОСТРАНЕНИЯ В ВОДОЕМЕ ВЫСОКОЗАГРЯЗНЕННЫХ
МАСС ВОДЫ, ОБРАЗОВАВШИХСЯ ПРИ АВАРИЙНОЙ
ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ**
*INVESTIGATION OF THE MAJOR CHARACTERISTICS OF THE HIGHLY
POLLUTED WATER MASSES SPREADING FORMED IN CASE
OF EMERGENCY SITUATIONS*

Е.Л. Авербух – магистрант¹, **А.А. Куркин** - д.ф.-м.н., проф.²
Институт радиоэлектроники и информационных технологий¹
Нижегородский Государственный Технический Университет им. Р.Е. Алексеева²

Abstract. Investigation of the major characteristics of the highly polluted water masses spreading formed in case of emergency situations.

Загрязнение водной поверхности нефтепродуктами – это чрезвычайная ситуация техногенного характера, масштаб которого определяется уровнем загрязнения и оценкой нанесенного ущерба окружающей среде. Наличие в распоряжении компетентных служб соответствующей методологии, позволяющей производить превентивные расчеты и определять (прогнозировать) ход развития чрезвычайной ситуации, дает возможность значительно уменьшить количество сил и средств, а главное негативных последствий для окружающей среды, необходимых для ликвидации распространения в водоеме высокозагрязненных масс воды, образовавшихся при аварийной чрезвычайной ситуации. Поэтому задачи расчета и прогноза на основе различных методов формирования полей концентрации любой техногенной примеси являются актуальными.

Поведение примеси в водной среде зависит от многих факторов: химических (распад, соединение с другими веществами, выпадение в осадок); физических (переход в другое агрегатное состояние, адсорбция, коагуляция); гидродинамических (перенос течениями и рассеяние в процессе турбулентной диффузии); биологических (аккумуляция и перенос морскими организмами).

В случае мгновенного локального разлива некоторого объема (аварийная чрезвычайная ситуация), наблюдается растекание нефти по поверхности моря под действием силы тяжести, затем преобладающими становятся силы вязкости и поверхностного натяжения, изменяются свойства нефти: ее плотность и вязкость растут, а суммарное поверхностное натяжение на границе раздела вода – нефть – воздух убывает (это связано с испарением и растворением в воде). Далее, поверхностное натяжение меняет знак и растекание прекращается. Дальнейший рост размеров пленки определяется ветром и течением, то есть турбулентной диффузией. Под действием турбулентных пульсаций, скорости течения и поверхностного волнения пленка рвется. Дальнейшее поведение нефти неоднозначно и зависит от индивидуальных физико-химических свойств и гидрометеорологических условий (ветра, волнения, температуры воды и воздуха, солености моря, солнечной радиации). В одних случаях нефть длительное время распространяется в виде slickов, в других случаях происходит образование эмульсий, а иногда нефть становится более плотной, чем вода и тонет.

Представленные результаты поисковой научно-исследовательской работы получены в рамках реализации мероприятия 1.2.1 «Проведение научных исследований научными группами под руководством докторов наук» ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы.

СЕКЦИЯ 7

**Информационные системы и
технологии**

ОБОСНОВАНИЕ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОРТАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ

SUBSTATION MAKING INFORMATION PORTAL OF BUSINESS

И.Ю.Юнин – аспирант, А.Н.Феофанов - д.т.н., проф.
МГТУ «Станкин»

Abstract. Making information portal of business – precondition existence modern business.

Деятельность предприятия предполагает наличие очень многих функциональных направлений. Первое направление связано с формированием логистики и маршрутной сети, обеспечением продаж производимой продукции. Это самый специфический класс задач, решать которые просто невозможно без серьезной информационной поддержки. Данное направление работы называется коммерческим. Другое важнейшее направление связано с обеспечением бесперебойного производства. Сюда относится управление ремонтом и техобслуживанием оборудования. Поэтому данное направление деятельности называется производственным. Третье направление ассоциировано с финансово-управленческой деятельностью компании. Компания имеет дело со сложными схемами финансовых потоков, взаимодействием с финансово-кредитными учреждениями, и сталкивается с потребностью в адекватной, точной и своевременно получаемой информации для принятия стратегических и оперативных решений - прежде всего со стороны высшего менеджмента.

Все названные особенности подталкивают компанию к созданию информационного портала. Основная задача в области автоматизации – это не внедрение какого-либо продукта автоматизации бизнеса, а создание мощной информационной инфраструктуры. С помощью информационного портала руководителю в режиме реального времени должна быть доступна производственная информация. Для того, чтобы руководство компании знало текущие производственные показатели, в информационном портале должна быть указана информация о количестве выпускаемой продукции за выбранный период для каждого подразделения и филиала. В информационном портале с помощью графиков будут отображены показатели рентабельности продукции в сравнении с предыдущим периодом. Отдельно необходимо выделить плановые и фактические показатели. Руководителю будут доступны цифры загрузки производственных мощностей по разным регионам. Исходя из баланса количества выпускаемой продукции и спроса на нее в различных регионах и тенденцию к их изменению, можно оптимально планировать загрузку производственных мощностей для каждого подразделения компании.

В финансовом блоке доходы от реализации продукции в сравнении с предыдущим периодом необходимо показать в виде графиков, также будут перечислены убыточные и прибыльные подразделения компании. В информационном портале руководитель может получить аналитику по выделенному виду продукции, состоящую из структуры затрат и доходов. Например, увеличение затрат обусловлено увеличением цен на ГСМ. Для убыточного подразделения будет показана сумма потери дохода за определенный период. В режиме реального времени будут отображаться продажи продукции в разных регионах.

Кроме экономических показателей по деятельности данного предприятия на информационном портале также необходимо представить ленту новостей по отрасли и отразить производственные показатели конкурирующих компаний, которые будут браться из поисковых систем. Успешное создание и внедрение информационного портала в деятельность предприятия облегчит задачу руководства компанией и будет способствовать принятию верных стратегических решений.

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА
РАБОТЫ ПРЕДПРИЯТИЯ В ЕДИНОМ ИНФОРМАЦИОННОМ
РОСТРАНСТВЕ, КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ**
*AUTOMATION OF ENTERPRISE'S OPERATION QUALITY INDICATORS
PROCESSING IN INTEGRATED INFORMATION SPACE,
AS EFFICIENCY PROMOTION INSTRUMENT*

К.С. Карасев – аспирант, **А.Н. Феофанов** – д.т.н., проф.
МГТУ «СТАНКИН»

Abstract. The main aim is to explain the importance of quality indicators implementation. The implementation of enterprise's operation quality indicators automation system will let the company to develop more efficient and make it's product more competitive on the market.

Понятия «качество продукта» и «качество процесса», являются неотъемлемой частью современного машиностроительного предприятия и позволяют компании конкурировать друг с другом предлагая определенные преимущества над компаниями, которым не знакомы эти понятия. Качество продукта – продукт, является качественным, если он отвечает заданным спецификациям и удовлетворяет потребность клиента. Качество процесса – процесс является качественным, если позволяет производить качественный продукт, с заданным временем производства, при этом обеспечивает необходимые финансовые показатели.

Для определения степени качества продукта и/или процесса необходимо разработать и внедрить индикаторы, отражающее реальную картину состояния дел. Индикаторы должны определяться таким образом, что бы их можно было отслеживать и обрабатывать. Обычно показателями качества продукта являются: 1. Соответствие спецификации. 2. Соответствие продукции с первого предъявления. 3. Гарантийные случаи. Качество процесса: 1. Выполнение плана производства 2. Процент брака.

Отслеживание даже небольшого количества показателей не будет эффективной, если отслеживание не будет производиться в автоматизированном режиме. Во-первых необходимо хранить большой объем информации, во-вторых обрабатывать её максимально быстро и корректно. Для достижения этих целей на предприятие создается автоматизированная система отслеживания и обработки показателей качества. Это набор инструментов, позволяющий проводить глубокий анализ ситуации и разрабатывать планы корректирующих мероприятий, позволяет повысить эффективность внедрения и функционирования всей системы показателей качества, внедряемых на предприятии. При создании автоматизированной системы обработки показателей качества работы предприятия, так же учитывается тот фактор, что этой системой будет пользоваться не один человек, а группа заинтересованных лиц. Соответственно должна быть установлена иерархия уровней доступа в зависимости от степени интервенции в данные программы, согласно занимаемой должности и рабочим инструкциям. Так как эта система является глобальной в рамках предприятия, то необходимо, чтобы с этой системой была связана работа группы лиц. При этом сотрудник не должен иметь доступ к той информации, которая является для него запрещенной. Также при разработке учитывается, что компания может состоять из нескольких предприятий. Единое информационное пространство является наиболее эффективным методом реализации автоматизированной системы для группы предприятий.

**СПУТНИКОВАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ
МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ**
*SATELLITE INFORMATION SYSTEM OF DIAGNOSTICS
THE MAIN OIL AND GAS PIPELINES*

М.Л. Белявский – аспирант
Украинская академия печати, г. Львов

Abstract. A concept and model of the satellite system equipped with additional blocks which allow carrying out diagnostics of the main gas pipelines is offered.

Магистральные трубопроводные системы относятся к ответственным энергетическим сооружениям, к техническому состоянию (ТС) и надежности работы которых предъявляются повышенные требования. Это обусловлено как причинами технического, экологического характера, так и огромным материальным ущербом в случае отклонений исходных параметров ТС от нормативных, вследствие возникновения дефектов или аварии.

Основным направлением деятельности для решения этих проблем является совершенствование системы управления техническим состоянием линейной части трубопроводной системы на основе развития и создания новых машин неразрушающего контроля и технического диагностирования. Выбор методов и средств диагностирования обуславливается также конструктивными особенностями и решениями в трубопроводной системе, сроком службы газопроводов, природно-климатическими условиями, наличием измерительных средств, возможностями транспорта и др. факторами.

В работе сформирована концепция создания спутниковых систем ориентированных на решения одной из важнейших задач нефтегазовой промышленности – контроль за состоянием и потоками энергетических ресурсов транспортируемых трубопроводными системами. В системе КОМПАС 3D созданы твердотельные модели спутниковых систем с дополнительным оснащением. Созданные твердотельные модели позволяют провести последующее имитационное моделирование функционирования спутниковых систем в пакетах MSC Nastran, Deform, Ansys. Кроме того, разработанная концепция дала возможность объединить несколько этапов в процессе мониторинга состояния магистральных трубопроводных систем: внутритрубная дефектоскопия; тепловизирующее; аэрофотосъемка и формирование топографии поверхности. Разработана оригинальная система проведения лазерного контроля за вытеканием природного газа и нефтепродуктов из трубопроводных систем. Такой контроль даст возможность предотвратить на ранних стадиях экологические и техногенные катастрофы. Для контроля и обмена информацией между центром диспетчерского контроля и спутника выработан алгоритм работы специального программного обеспечения и сам программный продукт. Следует отметить, что спроектированное дополнительное оснащение может быть применимо к навигационным системам, телевизионным спутникам и т.п. Таким образом, одним из основных преимуществ разработанного оснащения являются активный контроль в режиме реального времени за местонахождением внутритрубных диагностических комплексов, а также оперативное срабатывание системы безопасности при существовании вытока природного газа либо других транспортируемых продуктов. Кроме того, дополнительное оснащение спутниковых систем становится эффективным, простым в управлении и универсальным инструментом по контролю за состоянием магистральных трубопроводных систем.

В дальнейших исследованиях планируется провести экспериментальные исследования в условиях близких к космическому пространству.

СОЗДАНИЕ АКТИВНОЙ МИВАРНОЙ ИНТЕРНЕТ-ЭНЦИКЛОПЕДИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МАШИНОВЕДЕНИЯ

CREATING AN ACTIVE MIVAR INTERNET ENCYCLOPEDIAS FOR SOLVING PROBLEMS OF MACHINERY

М.Л.Оверчук – асп., О.О.Варламов - д.т.н., проф., Г.С.Сергушин - студент
МАДИ-ГТУ, ФГУП НИИР, НИИ МИВАР

Abstract. Russian Innovation fundamental technology "mivar information space" allows you to create a universal active mivar online encyclopedia. Encyclopedia will contain both facts and projects to address and explain all the logical and computational problems. It will play an important role for continuing education of people.

Миварный подход позволит создать активную интернет-энциклопедию, которая будет содержать факты и процедуры (сервисы) по конструированию алгоритмов, решению логических и вычислительных задач, что важно для машиноведения. В миварном подходе объединяются в единую технологию и базы данных, и вычислительные задачи, и логические проблемы. В отличие от существующих экспертных систем миварная энциклопедия будет представлять собой мультипредметную метаэкспертную систему.

С помощью продукций можно описать любые логические зависимости и задачи. Миварные логико-вычислительные сети являются развитием и обобщением продукционного подхода. Действующим прототипом миварной энциклопедии является программа УДАВ [<http://www.mivar.ru>. 2010]. УДАВ (Универсальный делатель алгоритмов Варламова) предназначен для решения сложных логико-вычислительных задач в реальном времени путем "конструирования алгоритмов" или "поиска маршрута логического вывода". Суть решения: предметная область описывается набором правил или процедур в формате "ЕСЛИ..., ТО..." (продукции); формируется перечень "объектов-переменных" и перечень "правил-процедур"; формируются база данных объектов и база данных правил. Затем задают исходные данные: известные "входные" объекты и формулируют задачу, т.е. требуемые "выходные" объекты, для которых надо определить алгоритм их получения из входных объектов (сформировать маршрут логического вывода). УДАВ по входным объектам на основе базы данных всех правил конструирует "алгоритм вывода" путем соединения "правил" через "объекты".

Три основных этапа работы миварной энциклопедии: 1) формирование миварных матриц описания предметных областей в многомерном пространстве; 2) получение исходных и требуемых объектов с обработкой матриц и конструированием алгоритма решения заданной задачи; 3) по полученному алгоритму выполнение всех вычислений и нахождение ответов.

Преимуществами миварного подхода являются: линейная вычислительная сложность и реальное время работы; решение логических и вычислительных (и других) задач; управление потоком входных данных и оперативная диагностика; адаптивное описание и непрерывное решение задач; активная работа с запросами или уточнениями входных данных на эволюционной сети правил и объектов (самообучение). Есть практические реализации миварных сетей, например, для геометрии, где 33 "объекта" и 161 "правило" ("демо" на www.ovar.narod.ru). Это решение интеллектуальных вычислительных и логических задач.

Выводы. Миварный подход позволит создать универсальную активную миварную энциклопедию, которая будет содержать и факты, и сервисы по решению всех логических и вычислительных задач. Миварная энциклопедия - это развитие информационных систем, которые будут взаимно дополнять друг друга для решения задач машиноведения.

**ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ ДЛЯ ЗАДАЧИ ОЦЕНКИ
УСТОЙЧИВОСТИ ОПОР МОСТОВ
И ДРУГИХ ПОДВОДНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**
*VISUALIZATION FOR BRIDGE SUPPORT AND OTHER
UNDERWATER CONSTRUCTIONS STEADINESS PROBLEM*

И.А.Крюков - студент, **О.Е.Хвостова** – асп.,
Е.Л.Авербух – магистр, **А.А.Куркин** - д.ф.-м.н., проф.
Нижегородский Государственный Технический Университет им. Р.Е. Алексеева

Abstract. Underwater construction steadiness is a great problem in coastal building. Smoothed particle hydrodynamics is a completely mesh-free method to simulate fluid and landslides flow. Particles are represented as an unstructured data set at each point in time, so particles do not exhibit a spatial arrangement or a fixed connectivity. To visualize the simulated particle data at a certain point in time, the visualization tool was written.

Взаимодействие оползневых процессов с подводными сооружениями и трубопроводами представляет собой актуальную задачу. Оползание грунта вблизи опор мостов, трубопроводов, и других подводных конструкций должно быть оценено и спроектировано для задач строительства новых и обслуживания уже построенных сооружений. Для моделирования такого класса задач со свободными границами, сопровождающиеся сильно-нелинейной деформацией в процессе движения, в настоящее время все большее распространение приобретают трехмерные бессеточные методы. В основном это различные вариации метода частиц.

Помимо вычислительной сложности, такие методы характеризуются сложностью визуализации. Кроме отрисовки самих частиц дополнительно требуется следующее:

- отрисовывать поверхность воды и границы;
- применять при отрисовке цветовые атрибуты (температура, давление, плотность);
- представить удобный пользовательский интерфейс и активную камеру;
- производить захват результатов отрисовки в видеоформат.

В рамках настоящей работы была создана программа, которая позволяет визуализировать данные физической симуляции и сохранять изображения в графический формат.

Особенностью программы является способность восстанавливать поверхность и объемы сред с различными конфигурациями из дискретных результатов метода сглаженных частиц. Уделено внимание производительности – реализовано эффективное использование видеопамати, в ближайшей версии ожидается поддержка многопоточности.

Все вышеперечисленное указывает на актуальность и эффективность использования данной программы в задачах оценки устойчивости опор мостов и других подводных конструкций.

Представленные результаты поисковой научно-исследовательской работы получены в рамках реализации мероприятия 1.2.1 «Проведение научных исследований научными группами под руководством докторов наук» ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы.

МОДЕЛИ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ

MODELS OF ADAPTIVE CONTROL OF ORGANIZATIONAL SYSTEMS

Нгуен Динь Чунг - асп., Фам Динь Тхык - асп., До Чунг Тхоай - асп., Ву Ван Куи - асп.
Национальный Морской Университет Вьетнама, г. Хайфон

Abstract. Methods and practical realization of a principle of adaptation in control of complex organizational systems are considered

Внедрение принципа адаптации в управление сложными организационными системами, каковым является социально-экономические, производственные и др., представляется наиболее эффективным средством приспособления системы к изменяющимся условиям. С этой точки зрения рыночные отношения есть механизм адаптации производства к потребителю, что и обуславливает их преимущества по сравнению с методами жесткого программирования. Однако адаптация может успешно реализоваться только тогда, когда цель развития выбрана адекватно жизненным интересам.

С позиций современного анализа управление организационными системами, может толковаться как непрерывный процесс принятия решений на основе информации об объекте и состоянии среды. Одной из важнейших задач управления сложными системами является их защита от действия негативных внешних и внутренних дестабилизирующих воздействий. Для идентификации условий функционирования системы в структурах управления выделяется блок модели знаний об объекте, в который поступают сведения о состояниях объекта и среды.

Преобразователи входной и выходной информации осуществляют математические операции, необходимые для придания сигналу содержания и вида, пригодного к приему последующими элементами тракта. Приведенная схема должна быть выстроена по иерархии, т.е. разбита на уровни, каждый из которых должен иметь свою систему измерителей и силовых органов, оказывающих воздействие на подчиненную ему часть объекта и фрагменты окружающей среды.

Действия каждого уровня должны быть подчинены решению глобальной задачи, стоящей перед системой. Так, критерием оценки работы любой подсистемы является ее вклад в функционирование всей системы, т.е. частная цель подсистемы должна быть подчинена выполнению всей системой своей задачи. Отводимые подсистеме ресурсы обеспечивают ее успешное функционирование, но не более того, излишки недопустимы, они должны быть использованы в интересах всей системы, а решение об этом может принять только верхний уровень, обладающий всей полнотой информации. Такого рода подчиненность каждого уровня более высокому, предоставление верхнему уровню исключительно права принимать общесистемные решения гарантируют эффективность управления системой, естественно, если этот уровень в необходимой мере оснащен интеллектуально и его решения наилучшие.

При решении задачи выбора вариантов управления сложными организационными системами требуется учитывать сложность структуры и режимов, изменение целевых задач в процессе функционирования, многофакторный и заранее непредсказуемый характер условий функционирования. Все это приводит к необходимости рационально сочетать принципы программного (автономного) и адаптивного управления. Такой подход потребовал формулирования принципа адаптации по прогнозирующей оценке эффективности, который лежит в основе разработанной методики выбора вариантов управления.

НЕКОТОРЫЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ СЛОЖНЫХ СИГНАЛОВ

SOME CORRELATION FEATURES OF COMPLEX SIGNALS

Нгуен Хуу Кхань Ньян – асп., Уан Винь Ан – асп.,
Фам Динь Тык – асп., Чинь Куок Тан – асп.,
Национальный Морской Университет, г. Хайфон

Abstract. Method of generation of initial function for four entrance variables, Have received 8 initial functions. Conclusion - greater efficiency of the given type of classification. Systematization of functions is important for procedure of synthesis as synthesis of any member of an equivalent class is carried out by simple rearrangement and-or addition of variables. Distribution 2^m functions Walsh submits to binomial distribution and the quantity of factors can be calculated as directly, using formulas of calculation of binomial factors, and using triangle Pascal.

Используя метод генерации канонической функции для четырех входных переменных, удалось получить всего 8 канонических функций, что позволяет сделать вывод о большей эффективности этого типа классификации по сравнению с PN и NPN классификациями. Аналогичную работу можно провести и для любого другого количества переменных, трудоемкость чего можно асимптотически оценить сверху как $O(N^2 \log N)$ где N - число аргументов, или, так как действия осуществляются с двоичным представлением аргументов, $N_w = 2^m * m$, где m - число двоичных разрядов аргументов.

Систематика функций важна для процедуры синтеза, так как синтез любого члена эквивалентного класса осуществляется простой перестановкой и/или дополнением переменных.

Только для функции EXOR, обладающей спектром $\{2,0,0,-2\}$, имеет смысл разложение по функциям Уолша. Это происходит из-за того, что только для этой функции существуют различия по абсолютному значению между коэффициентами спектра. Последний коэффициент (равный -2), двоичное представление которого $X=3 (=11)$, может быть реализован как $x_0 \oplus x_1$.

Если функция имеет большой по абсолютному значению коэффициент S_{x_1, x_2, \dots, x_n} то существует сильная корреляция функции с суммой $x_1 \oplus x_2 \oplus \dots \oplus x_n$ или ее инверсией.

**ПРИМЕНЕНИЕ СЛОЖНЫХ СИГНАЛОВ
В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ**
APPLICATION OF COMPLEX SIGNALS IN INFORMATION SYSTEMS

Уан Винь Ан - асп., Нгуен Хуу Кхань Ньян - асп.,
Нгуен Динь Чунг - асп., Ву Ван Чыонг - асп.
Национальный Морской Университет, г. Хайфон

Abstract. Wide application in radio engineering systems and communication systems was received by various kinds difficult signals. It is connected with their high noise immunity, possibility of code division at work in the general strip of frequencies and possibility of measurement of parameters of movement of objects with high resolution. Various kinds of difficult signals at which lateral peaks of multiplicate autocorrelation function are small enough are known. These are signals of Barker, pseudo-casual M-sequences, sequences of Jakobi, Lezhandra and others. Besides, multiple-valued systems signals which systems Walsh, E-codes of Velti, codes of Frenka, multiphase systems of signals and others concern are known.

Широкое применение в системах связи получили различные виды шумоподобных сложных сигналов. Это связано с их высокой помехозащищенностью, возможностью кодового разделения при работе в общей полосе частот и возможностью измерения параметров движения объектов с высокой разрешающей способностью.

В настоящее время известно большое число сложных сигналов, с хорошими корреляционными свойствами. Применение таких сигналов позволяет повысить скрытность передачи и их обнаружение на фоне помех. Известны различные виды сложных сигналов, у которых боковые пики мультипликативной автокорреляционной функции достаточно малы. К ним относятся сигналы Баркера, псевдослучайные M-последовательности, последовательности Якоби, Лежандра и другие. Кроме того, известны многозначные системы фазоманипулированных сигналов, к которым относятся системы Уолша, четверичные E-коды Велти, коды Фрэнка, многофазовые системы сигналов и другие.

Применение различных косвенных алгоритмов вычисления АКФ для обработки фазоманипулированных (ФМ) сигналов по сравнению с мультипликативным алгоритмом позволяет в пределе уменьшить уровень максимального бокового лепестка не более, чем в два раза.

**ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ РАБОТАМИ НА СТАДИЯХ
ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ,
ВЫПУСКАЕМЫХ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**
*PROCESS CONTROL OPTIMIZATION ON THE PRODUCT LIFE CYCLE
STAGES PRODUCING ON THE MACHINERY PLANTS*

В.Р. Купцов – асп., **А.Н. Феофанов** – д.т.н., проф.

Московский государственный технологический университет “СТАНКИН”

Abstract. The report includes optimal process control scheme typical for machining process department of machine building and performed on the product life cycle stages.

В докладе предложена и описана оптимальная схема управления работами на стадиях жизненного цикла изделий, характерная для механообрабатывающих цехов машиностроительных предприятий.

Машиностроительное производство представляет собой сложную производственную структуру, которая должна обеспечивать согласованное функционирование всех подразделений, участвующих в проектировании, конструировании, производстве, реализации и эксплуатации сложной техники. Для обеспечения согласованной работы подразделений используется соответствующая информационная поддержка всех этапов жизненного цикла изделий.

Основным смыслом информационной поддержки на стадиях жизненного цикла изделий, является повышение конкурентоспособности продукции за счет эффективного управления процессами проектирования, конструирования, изготовления, материально-технического обеспечения, реализации готовой продукции, монтажа, ввода в эксплуатацию, сервисного обслуживания, утилизации и переработки изделия по окончании полезного срока службы.

Конечная цель машиностроительного производства заключается не только в автоматизации процессов, связанных с жизненным циклом изделий, но и в оптимизации общих затрат времени и средств на все этапы жизненного цикла изделий. Достижение этой цели возможно по нескольким направлениям:

- ускорение и удешевление проектирования изделия;
- разработка оптимальной технологии производства изделия;
- ускорение и удешевление продвижения изделия на рынок;
- упрощение эксплуатации и удешевление сервисного обслуживания изделия;
- упрощение переработки или утилизации изделия.

Взаимосвязь данных направлений предполагает их информационную интеграцию, которая представляет собой одно из важнейших средств удешевления производства изделия на каждом этапе его жизненного цикла, а также при переходе от одного этапа к другому.

СЕКЦИЯ 8

Вычислительные модели технологических процессов

МОДЕЛЬ УПРАВЛЯЕМОЙ СЕПАРАЦИИ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА CONTROLLED SEPARATION MODEL FOR ASSOCIATED GAS

И.С.Седунов – студент, А.А.Хамухин – доцент

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Abstract. It is discussed the computing model of controlled separation for the associated gas on the basis of the transcendental equation with a parabolic configuration and adjustment factors which takes into account the component structure of fluids and separation technology.

Неуправляемая сепарация (однократное разгазирование) приводит к большому уносу жидкой нефти в газовый поток и чревата аварийными ситуациями: разрывами трубопроводов, разрушениями скважин и оборудования, взрывами и пожарами, выбросом в атмосферу вредных газов, разливом жидкой нефти на водных и земных поверхностях. Достаточно упомянуть о последствиях крупнейшей аварии в Мексиканском заливе на морской платформе *Deepwater Horizon* компании *BP*. Управляемая сепарация позволяет избегать таких последствий, но ее главным критерием является только обеспечение требований ГОСТ к товарной нефти по давлению насыщенных паров – не более 500 мм. рт. ст. при температуре $(37,8 \pm 0,1)$ °С. При этом компонентный состав попутного нефтяного газа никак нигде не оговаривается, хотя имеются многочисленные исследования, подтверждающие значительный унос ценных пентановых и гексановых фракций, исчисляемый миллионами баррелей нефтяного эквивалента в год [1].

Для более тонкого управления процессом сепарации персонал на промыслах должен знать компонентный состав входного потока и компонентные составы газового и жидкостного потоков, а также давление насыщенных паров. Имеющиеся для этого измерительные устройства требуют лабораторных условий и на промыслах их применение не реально. Поэтому достоверные вычислительные модели сепарации вполне могут заменить измерительные инструменты и способствовать более точному управлению технологическим процессом сепарации на промыслах и экономии невозполняемых углеводородных ресурсов. В качестве вычислительных моделей для расчета констант фазового равновесия K_i компонентов газонефтяных смесей нами использовалось трансцендентное параболическое регрессионное уравнение вида

$$K_i = \prod_{j=1}^J \varphi_{j,i} \cdot K_{0,i} \cdot z_i^{\left(\sum_{n=1}^N \left(A_{0,n} + \frac{A_{1,n}}{z_n} + A_{2,n} \cdot z_n \right) \right)_i},$$

где $\varphi_{i,j}$ – поправочные коэффициенты для i -го компонента; $K_{0,i}$ – начальное приближение константы; z_i – информационные параметры модели (давления и температуры), приведенные с справочным данным компонентов (температурам кипения, давлениям насыщения и т.п.); $A_{0,n}$ - $A_{2,n}$ – настроечные коэффициенты модели. Чтобы модель давала удовлетворительные результаты требуются два этапа ее подготовки. На первом этапе находят настроенные коэффициенты путем химического анализа проб различной нефти и статистической обработки результатов их разгазирования. На втором этапе определяют поправочные коэффициенты с учетом реальных конструкций и технологических схем сепарации на конкретном промысле. Статистические методы построения вычислительных моделей в этой области пока являются единственно возможными, вследствие отсутствия фундаментального математического описания реальных нефтегазовых смесей.

Литература

1. Ямпольский В.З., Новиков А.А., Хамухин А.А., Марчуков А.В. Перспективы оптимизации установок подготовки нефти на примере компании ТНК-ВР // Нефтегазовые технологии. – 2009. – № 8. – С. 2–4

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

NUMERICAL SIMULATION OF FRP TECHNOLOGICAL PROCESSES

А.А. Сафонов – с.н.с., к.т.н.

Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН

Abstract. Purpose of this work is numerical methods development on the manufacturing simulation of fiberglass reinforced plastic constructions. The following manufacturing processes are considered: pultrusion and VI.

Ключевым принципом проектирования, настройки, запуска и оперативного решения задач, связанных с внесением изменений в технологические процессы изготовления композитных изделий, является принцип использования математических моделей в отличие от экспериментального метода проб и ошибок. В процессе отработки необходимо найти оптимальное сочетание большого количества факторов: состав наполнителей, тип связующего, способ заправки, температурный режим, скорость пропитки и др., сохраняя при этом требуемый уровень качества продукции и гибкость в изменении технологических параметров, что может быть связано, например, с необходимостью перехода в процессе производства на другие виды сырья.

Основными физическими процессами, происходящими при изготовлении изделия, являются: пропитка армирующего материала связующим, нагрев и остывание материала, полимеризация связующего. Используя результаты решения задач моделирования, можно прогнозировать влияние различных факторов и находить оптимальное их сочетание.

Цель состояла в математическом описании процесса полимеризации, характера распределения температурного поля, напряженно-деформированного состояния (НДС) и процесса пропитки внутри изделия во время технологического процесса. Рассматривались современные быстроразвивающиеся технологические процессы: пултрузия и вакуумная инфузия.

Распределение температурного поля внутри детали моделировалось уравнением теплопроводности. Характеристики композита рассчитывались на основании свойств компонент. Для учета изменения степени полимеризации использовались кинетические соотношения. Поставленная задача была решена численно с использованием метода конечных элементов (МКЭ) с применением итерационных методов. Эта методика была реализована в виде подпрограмм для универсальных расчетных программ.

Для прогноза деформирования изделия во время его изготовления было проведено моделирование НДС с учетом того, что связующее последовательно проходит через следующие состояния: вязкотекучее состояние, разогрев, отверждение, охлаждение, переход в стеклообразное состояние. При описании поведения материала использовалась модель термовязкоупругости для анизотропной среды.

Течение смолы через армирующий наполнитель моделировалось законом Дарси. Параметры проницаемости определялись на основе характеристик армирующего наполнителя и проверялись экспериментально. Был разработан численный алгоритм по моделированию распространения фронта пропитки в фильере на основе комбинации метода конечных элементов и метода контрольных объемов. На основе численного алгоритма была разработана программа, которая применяется для оптимизации схемы расположения источником впуска связующего.

Методика моделирования была применена при оптимизации следующих технологических процессов: пултрузия крупногабаритных стержней и швеллеров для мостовых конструкций; вакуумная инфузия волноотбойной стены и пешеходного моста.

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБРАБОТКИ ПАЗОВ
КОМБИНИРОВАННЫМ ТОРЦЕВЫМ ФРЕЗЕРОВАНИЕМ
С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ**
*MATHEMATICAL MODEL OF MACHINING GROOVES BY COMBINATED
FACE MILLING WITH PRELIMINARY PLASTIC DEFORMATION*

М.Л. Белявский – аспирант
Украинская академия печати, г. Львов

Abstract. A concept of mathematical model for the process of combined face milling with the preliminary plastic deformation permitting to predict a quality of the processed surface is generated.

Исследования ведущих ученых и многолетний опыт эксплуатации деталей машин и механизмов дали возможность создать методики расчетов, которые с учетом конкретных условий работы и свойств материалов, гарантируют удовлетворительную надежность. Вместе с тем, низкая продуктивность и несовершенство технологических процессов изготовления, несостоятельность в обеспечении необходимых физико-механических свойств материалов деталей пар трения резко снижают рабочий ресурс последних.

На сегодняшний день необходимые эксплуатационные свойства и качество ответственных поверхностей деталей машин обеспечивается использованием технологических операций финишного упрочнения на основе методов поверхностного пластического деформирования отдельным специальным инструментом. Это приводит к увеличению трудозатрат на выполнение технологического процесса.

Исходя из этого, повышение продуктивности технологических процессов по механической обработке представляет собой актуальную задачу.

Для решения такой задачи автором предлагается математическая модель, которая создана для теоретического обоснования, на основе запатентованных автором способов комбинированного торцевого фрезерования – одновременной обработки двух параллельных плоских поверхностей и трех поверхностей, причем две из них параллельны. Математическая модель базируется на положениях технологии машиностроения, теории резания и размерных цепей и воссоздана в системе Simulink пакета Matlab. В модели детально рассмотрены особенности влияния предварительного пластического деформирования на состояние поверхностного слоя, а также обобщенного влияния на протекание последующего процесса резания, в том числе формирование тепловых полей и полей напряжения в зоне резания и на поверхности инструмента. Сформированная база данных по термосиловым процессам в зоне резания дала возможность обосновать и установить интенсивность разрушения инструментального материала. Вместе с тем, было установлено, что введение в технологический процесс предварительного пластического деформирования даёт возможность увеличить скорость резания без потери «трудоспособности» инструмента. Модель адекватна для железоуглеродистых сплавов. Кроме того, математическая модель позволяет провести оценку формирования стружки, что дает возможность учесть этот фактор при финишной обработке поверхности. С помощью теории размерных цепей была создана математическая подмодель, позволяющая установить связь между геометрическими параметрами формообразующих элементов, инструментом в целом и полем допуска размеров детали типа «паз». Сформированная математическая модель создает теоретическое обоснование имитационной модели для процесса комбинированного торцевого фрезерования, реализуемой в системе Deform.

В последующих исследованиях планируется провести экспериментальные исследования адекватности разработанной математической модели.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ УДАЛЕНИЕ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА В СОСТАВЕ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ПРОИЗВОДСТВА СИНТЕТИЧЕСКИХ ТОПЛИВ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ¹

MATHEMATICAL MODELING OF DIOXIDE REMOVAL SYSTEMS AS PART OF PLANT FOR CO-PRODUCTION OF SYN-FUEL AND ELECTRICITY

А.С. Медников – к.т.н., н.с., Э.А. Тюрина – д.т.н., в.н.с.
Институт систем энергетики им Л.А. Мелентьева СО РАН

Abstract. Special attention is paid to modeling of CO₂ removal system as part of plant for co-production of synfuel and electricity (PCSE) and studies on PCSE optimization. The account is taken of additional capital investments and power consumption in the systems.

В достижении целей снижения выбросов парниковых газов, поставленных Киотским протоколом, важную роль должны сыграть новые технологии. Подписание и начало реализации Рамочной конвенции по изменению климата и Киотского протокола способствует созданию не только рынка квот на выбросы парниковых газов, но и рынков альтернативной энергетики, непосредственно связанных с осуществлением этих соглашений.

В настоящее время в мире и России в связи с ужесточением требований к сокращению выбросов CO₂ в атмосферу проявляется повышенный интерес к технологиям получения экологически чистых газообразных и синтетических жидких топлив. Водород является наиболее экологически чистым энергоресурсом. Поэтому комплексные исследования перспективных технологий его получения из органических топлив являются актуальной задачей.

В связи с этим были разработаны математические модели систем удаления CO₂ из продуктов сгорания в составе перспективных энерготехнологических установок (ЭТУ) производства синтетических топлив (СТ) и электроэнергии и проведена оптимизация основных технико-экономических параметров ЭТУ с учетом затрат в системы удаления CO₂.

Для удаления диоксида углерода применяется криогенный метод. Этот метод представляется более эффективным для удаления диоксида углерода в значительных масштабах, так как по предварительным оценкам он требует меньших затрат по отношению к другим методам очистки (абсорбционным, адсорбционным, мембранным и др.). Используется система детандерного типа с внешним контуром охлаждения, где в качестве хладагента используется жидкий азот, и регенерацией холода с последних ступеней охлаждения.

Как показали исследования, системы удаления CO₂ характеризуются значительными капиталовложениями и потреблением электроэнергии на собственные нужды. Удельные капиталовложения в системы удаления CO₂ в зависимости от состава продуктов сгорания составляют порядка 35 - 40 дол./т CO₂ в год. Большая часть электроэнергии для собственных нужд ЭТУ производства СТ и электроэнергии расходуется в компрессорах продуктов сгорания и азота в азотном холодильном цикле. Полезная выработка электроэнергии в детандерах системы удаления CO₂ не компенсирует этих затрат энергии. Дополнительные затраты в системы удаления CO₂ в составе ЭТУ приводят к удорожанию отпускаемой от ЭТУ продукции на 11,3%, 7% и 6,5% соответственно в ЭТУ получения водорода, в ЭТУ синтеза ДМЭ и ЭТУ синтеза метанола по сравнению с установками без систем удаления CO₂.

¹ Работа выполнялась при финансовой поддержке НО «Фонд «Глобальная энергия»», грант МГ-2009/04/1

**СРАВНЕНИЕ РАСЧЁТНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ
НАПРЯЖЕНИЙ В МОНОЛИТНЫХ АРМИРОВАННЫХ ПЛИТАХ
ПОКРЫТИЙ ОТ ВЫНУЖДЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ УСАДКИ
РАСШИРЕНИЯ ИЛИ ТЕМПЕРАТУРЫ**

*COMPARISON OF SETTLEMENT MODELS AT DEFINITION OF PRESSURE
IN THE MONOLITHIC REINFORCED PLATES OF COVERINGS FROM
COMPELLED DEFORMATIONS OF EXPANSION OR TEMPERATURE*

А.Е. Желткович – н.с., А.И. Веремейчик – н.с.

Брестский государственный технический университет

Abstract. Settlement models of definition of pressure from the compelled deformations (expansions, temperatures) in designs with use of a so-called hypothesis of «conditional reinforcing» [1] and as described in work [2] aren't deprived lacks. The method [1] is based on the empirical dependences connecting pressure and relative deformations of concrete (elastic), of pressure and deformation of armature (the communications which rigidity or characteristics are considered known), the principle of indissolubility of deformations is considered, i.e. calculation is made under condition of compatibility of deformation of concrete of a design and limiting communication. Elastic relative deformation of limiting communication when the module of elasticity and deformation of this communication, and also quantity of limiting communication had in concrete and its position (distribution) in concrete is known is defined. The method [2] doesn't consider the phenomenon of creep of concrete at усадке in the limited conditions (coherent). Calculation of efforts from the compelled deformations is made only at a stage according to the accepted law of development [3]. The law of change of the module of elasticity of concrete from time is accepted from the dependence described in researches [4].

Расчёт напряжений в конструкции от вынужденных деформаций производится в соответствии с принципом, изложенным в [5, 6] с возможностью учёта упругопластических свойств бетона. Принцип расчёта напряжений, принятый в [5, 6], основан на том предположении, что возможен расчёт напряжений в теле бетона основываясь исключительно на знании величины деформации, которая не реализовалась вследствие ограничения со стороны наложенной связи. Эту часть деформации (разницу между свободными и связными деформациями) можно представить, как сумму упругой и пластической деформации [7].

При расчёте напряжений, в качестве проверки точности метода, учитывающего упругопластическую схему работы бетона (формула (1.14) [7]), и по зависимости Михайлова [8, стр. 178], где производится расчёт самонапряжения, в каждой серии лабораторных экспериментов (серия №1, №4) устраивалось по одной плите (П-п-III, П-п-VI, П-п-IX, П-п-XII) армированной арматурными стержнями, на основании с т.н. скользящим слоем. Напряжения в плите устроенной на скользящем слое, т.е. с минимальным сопротивлением сдвигу, где в качестве ограничения деформаций служит только арматура, определяются по формуле (1).

$$\sigma_b = \rho \cdot E_s \cdot \varepsilon_1, \quad (1)$$

где: ρ - коэффициент армирования плиты, %; ε_1 - деформация арматуры; E_s - модули упругости арматуры.

Пользуясь предложенными зависимостями, для каждой плиты на 81 час от момента заливки бетона определены напряжения. В плите П-п-XII, напряжения определены по формуле (1.14) [7], на 672 час от момента заливки бетона, см. таблицу 1.

Таблица 1 - Напряжения в армированных плитах на 81 час от момента заливки бетона, (плита П-п-ХII (от усадки) - на 672 час)

Номер плиты, № / Коэффициент армирования, (%)	расчёт по традиционной схеме, (величина напряж. по зафиксир. деформациям (1), МПа	расчёт с учётом выявленных упруго-пластических свойств бетона, зависимости (1.14) [7], МПа	расчёт с использованием мультипликат. зависимости Михайлова [8, стр. 178], МПа
П-п-III / (0,9%)	1,08	1,14	1,6
П-п-VI / (0,9%)	1,2	1,19	1,42
П-п-IX / (5,35%)	1,04	0,82	1,85
П-п-ХII / (1,5%)	1,05	0,92	-

Выводы

Сравнивая результаты расчётов напряжений в плитах устроенных с арматурой, (таблица 1) и исходя из достаточно высокой сходимости их, можно сделать вывод о приемлемости представленных способов расчёта, с той лишь оговоркой, что расчёт по мультипликативной зависимости Михайлова даёт несколько завышенные результаты. Здесь расхождение может быть обусловлено масштабным фактором. Свой вклад вносит и неравномерность увлажнения контрольных образцов в сравнении с плитами (образцы обвязывались водовпитывающей ветошью с четырёх сторон, плиты же только с наружной поверхности).

На основе данных способов могут быть решены задачи, где степень ограничения в арматурном эквиваленте неизвестна и изменяется от нуля до бесконечности.

Литература

1. Бердичевский Г.И., Будюк В.Д., Тур В.В., Самонапряжённые сборно-монолитные перекрытия // Бетон и железобетон. – 1991. - №1. – С. 17-20.
2. Zhang, J. Victor. Li. Influence of supporting base characteristics on shrinkage-induced stresses in concrete pavements / J. Zhang, Li. Victor // Journal of Transportation Engineering, №6, 2001. – vol.127.
3. Branson D.E., (1977). Deformation of concrete structures, McGraw-Hill, New York
4. Mosley W.H. Bungey J.H., (1990). Reinforced concrete design, Macmillan U.K.
5. Улицкий, И.И. Теория и расчёт железобетонных стержневых конструкций с учётом длительных процессов. – Киев: «Будівельник», 1967.– 346 с.
6. Улицкий, И.И. Расчёт железобетонных конструкций с учётом длительных процессов/ И.И. Улицкий, Чжан Чжун-яо, А.Б. Голышев. – Киев: Госстройиздат УССР, 1960. – 495 с.
7. Желткович А.Е. К вопросу об учёте упругопластических свойств при расчёте напряжений в бетонных монолитных плитах покрытий, находящихся во взаимодействии с основанием: перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовка инженерных кадров Республики Беларусь: сб. тр. XVI междунар. науч.- метод. семинара / Под общ. ред. П.С.Пойты, В.В.Тура. - Брест: БрГТУ, 2009. – Ч. I. – 300 с.
8. Михайлов В.В., Литвер С.Л. Расширяющие и напрягающие цементы и самонапряженные конструкции.– М.: Стройиздат, 1974.– 389 с.

УДАРНОЕ ДЕФОРМИРОВАНИЕ МЕТАЛЛА КОРПУСА НАРУЖНОГО ШАРНИРА ПЕРЕДНЕГО ПРИВОДА ВАЗ-2110

SHOCK DEFORMATION OF THE CASE'S METAL OF VAZ-2110 FORWARD DRIVE'S EXTERNAL HINGE

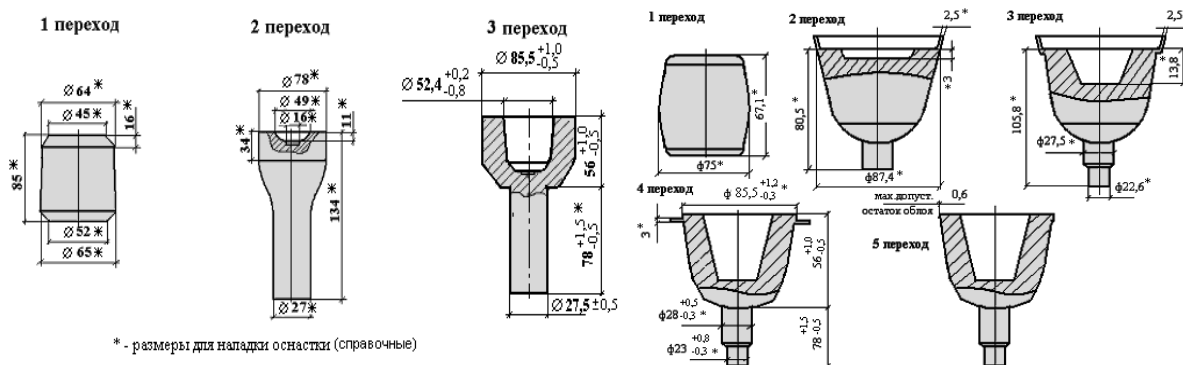
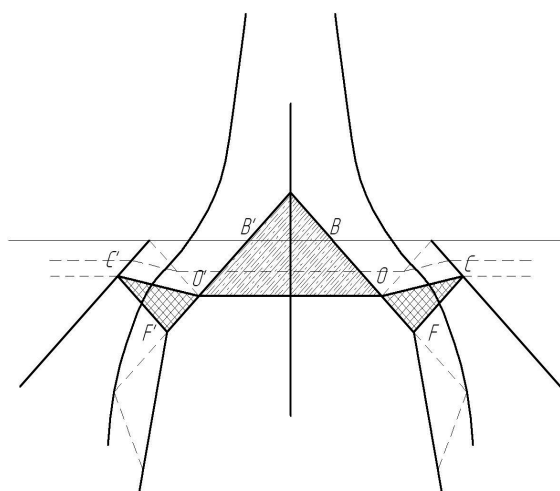
Е.Н. Шерстобитов - магистрант
Самарский государственный университет

Abstract. The process of the case formation of VAZ-2110 forward drive's external hinge is calculated. The dependence of residual plastic deformations value from three-times to five-times specimen loading has been analyzed.

Процесс пластического деформирования плоской заготовки затупленным индентором (пуансоном) FO`OF изображен на рисунке. В очагах пластического деформирования ABO, A`O`B скорость пластического течения в материале направлена соответственно вдоль линий BO, B`O`.

Технологически данный процесс на ОАО «АВТОВАЗ» совершается за три перехода. На первом переходе происходит вдавливание индентора в плоскую заготовку, на втором - формируется верхняя часть шарнира. В результате третьего перехода происходит окончательное формирование корпуса шарнира. После выполнения третьего перехода можно рассчитать окончательно сформировавшуюся зону наиболее вероятного расположения точек и линий разрушения (CAO₂A₁D) корпуса наружного шарнира.

Таким образом, используя математические расчеты, можно с большой точностью прогнозировать геометрическое расположение и характер прогнозируемых линий разрушения в остаточных деформациях в деформируемых средах после высокоскоростных ударных воздействий.



Следует отметить, что принятая на АО «АВТОВАЗ» технология трех переходов при высокоскоростной ударной штамповке корпуса наружного шарнира приводила к значительному числу разрушений шарниров при их установке или испытаниях. Производственные испытания показали, что изменение технологии высокоскоростной горячей штамповки с увеличением числа переходов с трех до пяти (см. рис.) значительно уменьшило количество разрушений изделий.

ОСНОВНЫЕ НЕДОСТАТКИ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК ШКОЛЬНИКОВ

THE BASIC DISADVANTAGES AND OFFERS ON PERFECTION OF THE EXISTING ORGANIZATION OF THE SCHOOLCHILDREN TRANSPORTATION

Н.М.Сиволобов – аспирант, **С.А.Ширяев** – к.т.н., доц., **В.А.Гудков** – д.т.н., проф.

Волгоградский государственный технический университет

Abstract. The results of the research of the schoolchildren transportation in Volgograd Region are provided in this article. The research was held by means of questionnaire. The analysis of the respondents' opinions has allowed to reveal the basic disadvantages of the system and to formulate offers on perfection of the existing organization of the schoolchildren transportation to and from school.

В России ситуация с системой перевозок школьников отличается от зарубежной и пока оставляет желать лучшего. Анализ современных разработок показал, что автобусы можно использовать не только как средство передвижения, но и как мобильный учебный класс, при использовании мультисервисной информационной системы CarPC-edu. Разработаны анкеты, которые позволяют выявить мнение об организации перевозок школьников и установить уровень качества оказываемых услуг. Среднее значение оценки качества транспортного обслуживания в восприятии респондентов составило 7,3. Уровень удовлетворенности качеством транспортных услуг составил 74,1 %. Был посчитан коэффициент конкордации, который получился равен $K = 0,073$, что, к сожалению, данный расчёт показывает, что у людей осуществляющих перевозку детей, нет определённого согласия, на что нужно уделять большее внимание, а на что меньше при организации перевозок. Проведён расчётный анализ себестоимостей трёх возможных систем перевозок школьников (1 автобусы принадлежат школам, 2 – АТП, 3 – школьные перевозки осуществляют частные компании). На основании сделанного расчёта можно сделать вывод, что при использовании сегодняшней системы, когда автобусы принадлежат школам, затраты меньше, но при этом, появляется много проблем, связанных с хранением автобусов, прохождением медицинского осмотра водителями и осуществлении предрейсового контроля механиками. Для устранения этих проблем целесообразнее применять систему, когда автобусы закреплены за автотранспортным предприятием. Конечно, невозможно полностью перейти на систему 2, но и оставлять систему 1 во всех районах не целесообразно, поэтому в масштабах страны необходимо грамотное сочетание различных систем перевозок, так как у каждой из них есть определённые плюсы. Необходим индивидуальный подход к каждому конкретному району страны, чтобы определить какую систему перевозок использовать сейчас, а какую внедрить.

Результаты выполненной работы позволяют говорить о необходимости выработки основных направлений развития системы школьных перевозок, обеспечивающих высокое качество услуг, предоставляемых пассажирам. В частности, одними из главных приоритетов являются: обеспечение перевозчиков современными качественными, удобными и безопасными специализированными школьными автобусами, отвечающими условиям перевозок, антропометрическим параметрам и физиологическим особенностям школьников, различной вместимости и проходимости; строительство новых дорог с твёрдым покрытием, а также модернизация и надлежащее содержание уже существующих дорог; создание эффективного мониторинга функционирования системы школьных перевозок; увеличение общих размеров финансирования; улучшение благоустроенности остановочных пунктов; решение проблем с обеспеченностью выполнения технического обслуживания автобусов квалифицированными механиками, водителями.

МИВАРНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ОБУЧАЮЩИХ ПРОГРАММ В МАДИ-ГТУ ПО ФИЗИКЕ

MIVARS TECHNOLOGY DEVELOPMENT OF COMPUTER MODELS OF PROCESS AND TRAINING PROGRAMS IN MADI-STU IN PHYSICS

Г.С.Сергушин - студент, М.Л.Оверчук - аспирант, О.О.Варламов - д.т.н., проф.
МАДИ-ГТУ, ФГУП НИИР, НИИ МИВАР

Abstract. Today's students need to educate advanced information technologies, which in the very near future supplant outdated. Based on the formalism mivar networks of students developed algorithm and program in the physics of a falling body. The prospects of training of students specializing in mathematics basics mivar technologies to solve scientific problems. Mivar approach to teaching information systems differs novelty and obviousness. Senior students after completing the course of discrete mathematics simply apply their knowledge and competence to meet new challenges by describing the various domains in the formalism mivar networks.

Современных студентов надо обучать перспективным информационным технологиям, которые в самом ближайшем времени вытеснят устаревшие. На основе формализма миварных сетей студентами разработаны алгоритм и программа в области физики падающего тела. Показана перспективность миварных технологий для решения научных задач. Миварный подход к созданию обучающих информационных систем отличается новизной и наглядностью. Студентам старших курсов после изучения курса дискретной математики достаточно просто применять полученные знания и компетенции для решения новых задач по описанию различных предметных областей в формализме миварных логико-вычислительных сетей. Это обусловлено тем, что миварные сети обобщают и продукционный подход правил формата "если..., то...", и матрицы, и теорию графов, и вычислительные процедуры. При этом, миварные сети позволяют выполнять эволюционное развитие описаний предметных областей и решения различных сложных задач. В качестве примера приведем результаты работы студентов МАДИ-ГТУ.

Целью проекта является разработка алгоритма и написание программы, способной по заданным данным, найти множество неизвестных, но связанных с ними параметров. При этом, заданы отдельные правила-отношения между различными параметрами-объектами. Например, при равноускоренном движении, зная перемещение тела, его начальную скорость и время в движении, мы можем найти ускорение. Таким образом, при проектировании систем мы избавляемся от дорогостоящих датчиков, в данном случае, акселерометра. Эта задача относится к классу задач логико-вычислительной обработки информации, создания экспертных систем (ЭС), систем поддержки принятия решений или интеллектуальных пакетов прикладных программ (ИППП). На основе формализма миварных сетей разработан алгоритм вычисления физических величин в области физики падающего тела на основе потока входных данных или заданного множества известных параметров. Этот алгоритм реализован в виде программы.

Выводы. Миварные сети являются развитием продукционного подхода и позволяют адекватно описывать различные предметные области. На основе формализма миварных сетей разработан алгоритм вычисления физических величин в области физики падающего тела на основе потока входных данных или заданного множества известных параметров. Алгоритм реализован в виде программы с обширной областью применения: от учебных систем до систем искусственного интеллекта. Студентам достаточно просто применять полученные знания и компетенции для решения задач в формализме миварных логико-вычислительных сетей.

МИВАРНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ - ОСНОВА "УМНЫХ СЕТЕЙ БУДУЩЕГО"

MIVAR INFORMATION INFRASTRUCTURE OF ELECTRIC POWER - THE BASIS OF "SMART ELECTRIC NETWORKS OF THE FUTURE"

А.В.Носов – асп., **О.О.Варламов** - д.т.н., проф., **А.М.Хадиев** - студент
ФГУП НИИР, МАДИ-ГТУ, НИИ МИВАР

Abstract. Mivars technology will create the information infrastructure of the electricity for a wide range of tasks associated with management, staff training, transmission, transformation and adjustment of parameters of electricity, with the creation of active control of electrical network, hardware and Soft for data collection and data analysis, and telecommunications wiring in these processes.

Миварные технологии позволят создать информационную инфраструктуру электроэнергетики для решения широкого круга задач, связанных с управлением, обучением персонала, передачей, трансформацией и регулированием параметров электроэнергии, с созданием активных элементов управления электрической сетью, с аппаратным и программно-алгоритмическим обеспечением системы сбора и анализа данных, а также телекоммуникационной проводкой этих процессов. В Конкурсе русских инноваций (КРИ) в 2010 году наш проект вышел в финал и получил "Диплом финалиста".

Целью инновационного проекта является повышение эффективности электроэнергетики по критериям снижения себестоимости продукции и сокращения производственных затрат за счет совершенствования управления и принятия решений с использованием современных миварных технологий, с учетом, например, специфики энергосбытовой деятельности ЖКХ в России. Решаются три задачи:

- создание систем управления различными объектами электроэнергетики;
- создание современных тренажеров для подготовки персонала в отрасли электроэнергетики;
- разработка на основе миварных технологий алгоритмов обработки информации и интеллектуальной поддержки при принятии управленческих решений для устройств, приборов и технических систем энергосбытовых компаний жилищно-коммунального хозяйства России.

Наши научные результаты и инновационный продукт - это автоматические или автоматизированные системы управления для электроэнергетики, решающие широкий спектр необходимых задач в реальном времени и с требуемой точностью. Миварные технологии позволяют эволюционно наращивать знания (вводить новые факты, данные и правила) и проводить логико-вычислительную обработку в реальном времени свыше 10 000 объектов и правил, что на несколько порядков превышает возможности существующих систем.

Наш продукт обладает принципиально новым качеством и на несколько порядков повышает эффективность обработки информации и управления в электроэнергетике, впервые позволяет решать насущные сложные логико-вычислительные задачи в реальном времени, убрать человеческий фактор и ошибки операторов в многих областях электроэнергетики. Наш продукт в разы повышает конкурентоспособность объектов и компаний электроэнергетики. В настоящее время выбраны области внедрения данной программы, в частности - электроэнергетика, в которой создаем тренажер для системы управления типовой районной подстанцией ОРУ-220 кВ. Разработан прототип в виде программного комплекса "УДАВ" и идет реализация программного комплекса для обработки информации более чем о 10000 параметров предметной области.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ИННОВАЦИОННЫХ ЗАДАЧАХ МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ

THE PERSPECTIVE APPLICATION AREAS OF PHYSICAL-MATHEMATICAL MODELING IN THE INNOVATION PROBLEMS OF FRACTURE MECHANICS

М.А.Бубнов – к.т.н., с.н.с., Ю.Г.Матвиенко – д.т.н., проф.

Учреждение РАН Институт машиноведения им.А.А.Благонравова

Abstract. The physical-mathematical modeling of deformation and fracture processes is applicable in many different areas of the science and engineering. The present works deals with LS-DYNA3D and ANSYS hydrocodes. In the frames of it has been solved some actual innovation problems of mechanical engineering and extreme state mechanics of solids – a rolling contact fatigue problem of rotary axle with angular radial crack, an impact of the asteroid particle with metal construction elements and the pipeline hydraulic and pneumatic tests.

Физико-математическое моделирование процессов деформирования и разрушения находит применение в самых различных областях науки и техники. В настоящей работе рассмотрены некоторые задачи машиностроения и механики предельных состояний материалов и конструкций, которые, по мнению авторов, являются перспективными для создания инновационных технологий защиты от разрушения и безопасного разрушения конструкций.

Для анализа задач механики разрушения в работе использован пакет прикладных программ для высоконелинейного динамического анализа конструкций ANSYS, а также решатель LS-DYNA3D. Данные программы являются одними из самых известных коммерческих продуктов в своём классе, и прошли многолетнюю апробацию на задачах механики деформирования и разрушения, физики взрыва и высокоскоростного удара. Посредством созданной авторами методики моделирования на основе метода конечных элементов и критериев линейной механики разрушения в работе решены следующие задачи: исследование напряженно-деформированного состояния (НДС) вращающегося вала с трещиноподобным дефектом в форме выреза конечного угла раствора; анализ последствий соударения астероидной частицы с упругопластическим металлическим полупространством и элементами конструкции на скоростях от 4 до 80 км/с; анализ нагружения участка трубопровода с трещиной при гидравлических и пневматических испытаниях до разрушения.

В первой задаче получена детальная картина НДС как в теле вала, так и в окрестности вершины трещины, определены характерные возможные направления роста трещины, выработаны рекомендации по поверхностному упрочнению вала с целью защиты от усталостных трещин. Во второй задаче определены размеры кратеров и импульсы, приобретаемые конструкцией при различных скоростях ударяющей астероидной частицы, оценены потери на немеханические виды энергии. При моделировании испытаний участка трубопровода получены значения предельных давлений пневматических и гидравлических испытаний (в долях от номинального рабочего), при которых разрушения не происходит, или происходит безопасное локализованное разрушение типа «течь» (в случае гидравлических испытаний).

Полученные в работе результаты могут быть использованы для создания перспективных инновационных технологий защиты от разрушения или безопасного разрушения в таких отраслях машиностроения и металлообработки, как трубопроводная техника, железнодорожный, автомобильный, водный и воздушный транспорт, обработка металлов давлением, электромашиностроение, двигательная и подшипниковая промышленность. Применение численных методов, позволяющих предсказывать разрушение с высокой точностью, позволит сократить расходы на требуемые экспериментальные тесты.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ ПУЛЬСАЦИОННЫЙ МЕТОД ПРИ НАХОЖДЕНИИ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУЗОПОТОКА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ РАБОТЫ КОНВЕЙЕРА *THE STATISTICAL AND OSCILLATORY METHOD FOR OPTIMUM WORK OF CONVEYOR AT A FIXATION OF FREIGHT FLOW CHARACTERISTICS*

И.Н. Войтюк – аспирант

Санкт-Петербургский государственный горный институт им. Плеханова

Abstract. The opportunity of use inside system of the data about productivity of the conveyor, quality of transport material and about a condition of the conveyor should be stipulated for maintenance of job of the conveyor in the given technological mode both performance of functions of the auto control and internal diagnostics in a control system of job of the tape conveyor.

В общем случае, как видно из рисунка 1, грузопоток конвейера $Q(t)$ можно представить в виде дискретной последовательности импульсов $\varphi_Q(t)$ со случайной длительностью поступления груза и случайными интервалами его отсутствия.

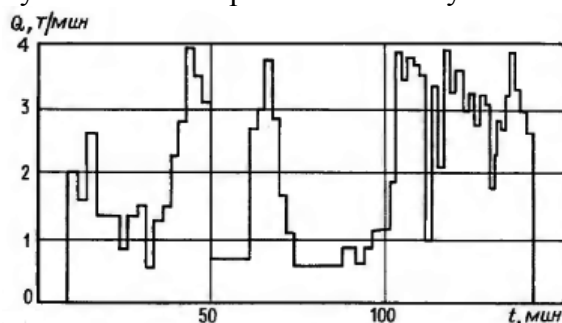


Рис.1. Реализация транспортного грузопотока конвейера

Данная эмпирическая зависимость получена из очистного забоя шахты «Воркутинская». Как видно из рисунка в пределах длительности импульсов грузопоток может быть описан как непрерывный, случайный процесс $Q'(t)$.

Экспериментальные исследования показывают, что непрерывная часть грузопотока имеет распределение, близкое к нормальному, то есть функция плотности распределения описывается выражением:

$$P(Q') = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{Q'}} \exp\left[-\frac{(Q' - M_{Q'})^2}{2\sigma_{Q'}^2}\right]^2$$

Автокорреляционная функция в этом случае равна:

$$R_{Q'}(\tau) = \sigma_{Q'}^2 \exp(-\alpha\tau).$$

При формировании основного грузопотока сложением нескольких вспомогательных (например, при поступлении груза от очистных и проходческих забоев к магистральным транспортным выработкам) данные аналитические характеристики записываются в память микропроцессора, установленном на магистральном конвейере, и сравниваются друг с другом.

Таким образом, при работе магистрального конвейера регистрирующее устройство или микропроцессор измерительной системы автоматически регистрирует показатели производительности от каждого забоя, благодаря чему обеспечивается оптимальный режим работы не только одной конвейерной линии, но и всей транспортной системы в целом.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ЗАПРЕССОВКИ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ЗУБКОВ В КОРПУС ШАРОШКИ БУРОВОГО ДОЛОТА

AUTOMATED SYSTEM FOR SCIENTIFIC RESEARCHES OF THE PROCESS OF SUPERSONIC HARDMETAL PICKS ASSEMBLY INTO DRILLING BIT ROLLING CUTTER SHELL

Д.В. Анкудинов – аспирант, В.А. Папшев – к.т.н., доц., В.Г. Шуваев – к.т.н., доц.
Самарский государственный технический университет

Abstract. The article deals with the efficiency of assembly and press-fit connection forming of guaranteed quality with the use of ultrasonic vibrations and automated computer systems to carry out the scientific research of ultrasonic assembling.

Сложность исследования процессов сборки и оценки качества формируемых соединений обуславливается с одной стороны, множеством воздействующих факторов, большая часть которых носит вероятностный характер, а с другой стороны, отсутствием надежных методов и средств для непосредственной оценки механизмов контактного взаимодействия деталей в процессе сборки. Одним из перспективных методов решения этой проблемы, наряду с использованием эффективных технологий ультразвуковой сборки, является применение вычислительной техники и компьютерных технологий.

Предлагаемая концепция построения виртуального измерительного комплекса позволяет создать на базе персонального компьютера систему сбора и обработки измерительной информации о различных параметрах и физических процессах, происходящих в процессе ультразвуковой запрессовки твердосплавных зубков в корпус шарошки бурового долота. Для построения автоматизированной системы сбора и обработки данных кроме персонального компьютера необходимы датчики физических величин, интерфейсное устройство в виде аналого-цифрового преобразователя и программное обеспечение, позволяющее обрабатывать получаемую информацию, сохранять ее в требуемом виде и соответствующим образом интерпретировать.

Общая схема разработанной системы представлена на рисунке 1.

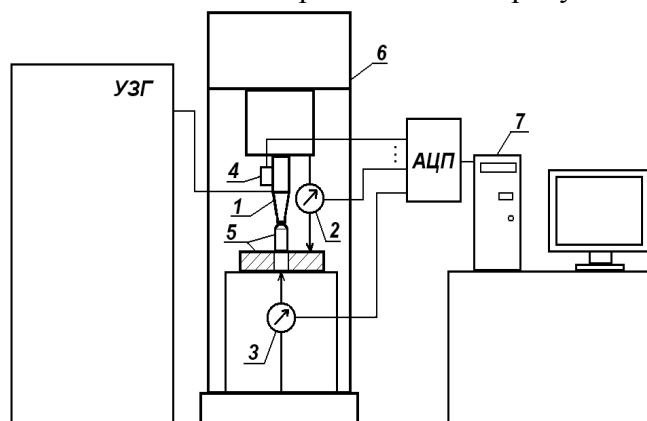


Рис.1. Схема автоматизированной системы научных исследований

Здесь: 1-магнитостриктор с концентратором, 2-датчик перемещения (резистивного типа), 3-датчик усилия (динамометр с резистивным датчиком), 4-вибродатчик типа КВ-10 (KD-35), 5-прессовое соединение, 6-пресс, 7-компьютер, УЗГ - ультразвуковой генератор, АЦП - аналого-цифровой преобразователь (ЛА2USB).

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ
ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ВЕНТИЛЯТОРНОЙ НАГРУЗКОЙ**
*IDENTIFICATION OF MECHANICAL PART
OF ELECTRIC DRIVE WITH FAN LOAD*

А.А.Нестеров – инженер, **А.В.Нестеров** – к.т.н., доц., **С.В.Нестеров** – к.т.н., доц.
Кубанский государственный технологический университет

Abstract. Algorithm of calculation of inertia moment and friction factor of mechanical part of electrical drive with fan load is given. Calculation is based on use of regression analysis of experimental high-speed characteristic of the electric drive at braking in MATHCAD system.

Характерной особенностью электроприводов с вентиляторной нагрузкой является квадратичная зависимость момента сопротивления на валу электродвигателя от угловой скорости. В связи с этим применение традиционных методов идентификации для определения параметров механической части таких электроприводов не представляется возможным.

Свободное движение механической части электропривода с вентиляторной нагрузкой описывается известным дифференциальным уравнением

$$J \frac{d\omega}{dt} + \beta\omega^2 = 0, \quad (1)$$

где J – момент инерции электропривода; ω – угловая скорость электропривода; β – коэффициент трения.

При свободном движении угловая скорость механической части такого электропривода изменяется в соответствии с выражением

$$\omega(t) = \left(\frac{\beta}{J}t + \frac{1}{\omega_0} \right)^{-1}, \quad (2)$$

где ω_0 – значение угловой скорости механической части электропривода в начальный момент ее свободного выбега.

Предлагаемая в докладе методика расчета параметров механической части электропривода (момента инерции J и коэффициента трения β) основана на регрессионном анализе кривой ее свободного выбега $\omega(t)$, полученной экспериментально. При этом для описания экспериментальной кривой свободного выбега механической части электропривода в качестве уравнения регрессии используется выражение (2).

Регрессионное уравнение (2) является нелинейным. Поэтому расчет его параметров J и β осуществляется с помощью функции *genfit* системы Mathcad, предназначенной для определения параметров нелинейных по параметрам регрессионных моделей.

Рассчитанные таким образом значения момента инерции электропривода J и коэффициента трения β обеспечивают минимальную среднеквадратичную погрешность описания выражением (2) экспериментальной кривой свободного выбега его механической части.

Алгоритм расчета параметров механической части электропривода по экспериментальной кривой ее свободного выбега $\omega(t)$ реализован в виде документа Mathcad. Расчет осуществляется по координатам $[t_i; \omega_i]$ ее точек, представленным в файле данных speed.prn.

МЕТОДИКА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТОЧНОСТИ ФАСОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

METHOD ALLOWING TO ENSURE QUALITY OF PARTS CURVE PROFILES

В.В.Марецкая - к.т.н., доцент

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Abstract. The combination of two methods allowing to forecast deviations of a worked curve profile from a rated one and to estimate accuracy characteristics of curve profiles are described.

Обеспечение точности деталей, имеющих фасонные поверхности, является сложной задачей, которая предполагает прогнозирование отклонений реального фасонного профиля детали от номинального заданного профиля и контроль точности с расчетом отдельных показателей – точности размера, формы и расположения фасонной поверхности.

Для прогнозирования точности обработки на этапе технологической подготовки производства необходимо рассмотреть механизмы образования отклонений фасонных поверхностей, вызываемых различными технологическими факторами. Поскольку обработка фасонных поверхностей требует сложной кинематики относительного движения заготовки и инструмента, составляющие силы резания и параметры режима обработки могут меняться при перемещении инструмента вдоль профиля, следовательно, отклонения точек профиля, вызванные одним фактором, будут неравномерны. Кроме того, при прогнозировании показателей точности прецизионных деталей с допусками не более нескольких микрометров, необходимо учитывать технологическое наследование и взаимное влияние показателей.

Для обеспечения точности фасонных поверхностей деталей можно использовать методику трехуровневого моделирования процесса формирования показателей качества и методику расчета показателей точности фасонных профилей на основе принципа гомотетности, заключающемся в том, что подобные фигуры сохраняют форму и отличаются друг от друга только размерами и расположением.

Согласно первой методике процесс формирования показателей качества и возникновение отклонений последовательно представляют структурной моделью, иллюстрирующей причинно-следственные связи при формировании показателей; математической моделью, позволяющей анализировать механизмы возникновения отклонений фасонной поверхности, и выявлять факторы, оказывающие наибольшее влияние, компьютерной моделью, с помощью которой рассчитывают величины отклонений профиля, а в дальнейшем определяют необходимые значения параметров технологической системы.

Рассчитав отклонения реального профиля от теоретического, можно оценить точность фасонной поверхности детали согласно второй методике. Точность размеров реального профиля характеризует коэффициент растяжения усредненного профиля. При этом погрешности размеров реального профиля представляют собой разности размеров реального и номинального профилей. Точность формы отражает среднее квадратическое отклонение реального профиля от усредненного. Точность расположения профиля определяет вектор смещения центра тяжести усредненного профиля относительно центра тяжести номинального профиля и угол поворота усредненного профиля.

Соединение методик позволит прогнозировать отклонения фасонной поверхности детали, обеспечиваемые заданными параметрами технологического процесса изготовления, получать качественную и количественную оценку точности размеров, формы и расположения фасонной поверхности, и анализируя механизмы формирования отклонений, корректировать условия изготовления детали для повышения качества фасонного профиля.

**РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ВАРИАТОРА
КАК СЛОЖНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА**
*DESIGNING OF INFORMATION MODEL OF A COMPLEX
TECHNICAL OBJECT VARIATOR*

О.Г.Мохова - аспирант

Волгоградский государственный технический университет

Abstract. Development of information model variator as complex technical object on the basis of the paradigm of situational control and neural networks.

Поведение и свойства вариатора в автоматической системе не являются суммой свойств отдельных компонент. Задача управления сводится к построению решающего правила. Предлагается для построения решения по управлению использовать парадигму ситуационного управления. В общем случае математическая модель вариатора как сложной технической системы представляется функциональной зависимостью между переменными состояния системы, управляющими воздействиями, наблюдаемыми параметрами системы и внешней среды:

$$Y(t) = F(X(t), U(t), V(t)),$$

где X – вектор текущего состояния модели системы, U – вектор управляющих воздействий, V – вектор внешних воздействий, Y – вектор выходных сигналов модели.

Так как управление должно проводиться в реальном времени, предполагается наличие математического аппарата, позволяющего обрабатывать большой поток сложноструктурированной информации о текущем состоянии технической системы. В качестве машины логического вывода предлагается использовать нейросетевую парадигму. Нейронная сеть (НС) формирует выходной сигнал X_k в соответствии с входным сигналом X_0 по рекуррентной формуле:

$$X_k = f_k(W_{k-1}^T \cdot X_{k-1}) = f_k(W_{k-1}^T \cdot f_{k-1}(W_{k-2}^T \cdot \dots \cdot f_1(W_0^T \cdot X_0) \dots)),$$

где k – число слоев в сети; X_i – выход нейронов i -го слоя; X_0 – вход сети; W_i – матрица весовых коэффициентов между нейронами $(i-1)$ и i слоев; f_i – активационная функция нейронов i -го слоя, $i = \overline{0, k}$, $X_0 = \tilde{X}(t)$, $Y = X_k$.

Предполагая, что множество всех ситуаций можно условно разделить на множество штатных ситуаций S_1 и множество нештатных ситуаций S_2 , необходимо по результатам ограниченного числа измерений принять решение по отнесению текущей ситуации $S(t)$ к одному из выше перечисленных множеств. Решение задачи сводится к построению решающего правила, осуществляющего необходимое распознавание текущей ситуации с вычислением значения функции принадлежности.

Для построения информационной модели вариатора как сложной технической системы, использовалась многоуровневая гибридная НС, состоящая из подсетей различных архитектур. НС используются как средство решения обратной кинематической задачи для многозвенного механизма импульсной механической передачи, когда найти решение геометрическим и численным путями сложно.

Предварительное обучение такой сети сводится к многократному решению прямой задачи о положении механизма. В ходе исследования обучение НС проводилось методом «обучения с учителем» по алгоритму обратного распространения. Также были смоделированы несколько нейронных сетей для решения обратной задачи. В ходе практической работы были проведены несколько теоретических исследований с различными параметрами нейронных сетей, подтвердивших возможность использования нейронных сетей для решения задачи об управлении вариатором.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГРАВИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ

MATHEMATICAL MODELLING OF ENGRAVING MATERIAL PROCESS

Л.П. Ивлева – ассистент

Московский государственный горный университет

Abstract. The technological process of the impact (raster, half-tone) engraving work surface modeling is considered. Models description of reciprocal motion (shots and introduction) of instrument is the basis of. Equalizations, characterizing the oscillating system with one degree of freedom, transitional descriptions of a shake link and dependence, following from energy balance in the system "An indenter (instrument) is a work surface ", are applied.

Для нанесения художественных полутоновых изображений на поверхность материалов применяют технологию гравирования. Изображение (например, черно-белое фото) растривается, т.е. заменяется на дискретное микроштриховое или точечное. Перемещающийся построчно гравировальный инструмент, совершая колебания в вертикальной плоскости за счет электромеханического преобразователя (ЭМП), ударяет о поверхность материала заготовки и образует лунки.

Моделирование процесса ударного гравирования (УГ) базируется на описании возвратно-поступательного движения инструмента (рис.1). Масса m на пружине под действием ускоряющего усилия $F_{\text{Э}} = f$ ударяется о поверхность заготовки, разрушая ее и возвращается назад за счет энергии пружины (однокатушечный преобразователь) или электромагнитной силы возвратной катушки (двухкатушечный).

Возможны следующие варианты математических моделей: первый основан на описании движения механической колебательной системы с одной степенью свободы в теории колебаний; второй – на построении переходной характеристики колебательного звена на базе теории автоматического регулирования; третий – на энергетическом балансе в системе «индентор (гравировальный инструмент) – заготовка», отражающем физический закон распределения энергии в ней. Случаи 1 и 2 во многом схожи и основываются на решении дифференциальных уравнений второго порядка с правой частью и без нее. Случай 3 базируется на методах интегрирования.

Выбор того или иного способа моделирования основывается на задаче, для решения которой оно требуется. Так найти общее время цикла УГ (зазор – внедрение – возврат) можно по всем трем, в то время, как получение аналитических зависимостей времени (прохода зазора и внедрения) от координаты, скоростей от координаты инструмента и точный расчет необходимого для внедрения электромагнитного усилия для заданного технологического зазора, обеспечивающее внедрение инструмента на нужную глубину, целесообразнее проводить на базе энергетической модели.

При моделировании УГ хрупких материалов обычно применяют переходные характеристики, т.к. в момент касания заготовки лунка выкола образуется мгновенно (около 10^{-4} с) и инструмент продолжает движение без сопротивления со стороны материала. Для пластичных материалов существенны силы сопротивления внедрению.

Математическое моделирование УГ выполнялось в пакете MathCAD.

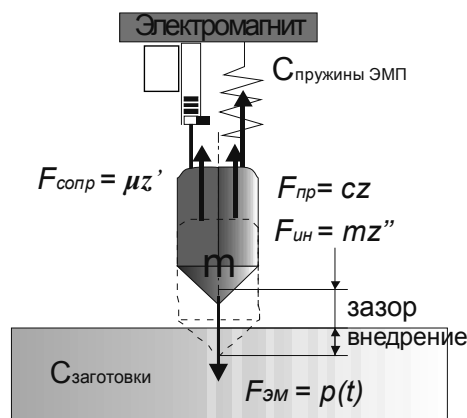


Рис. 1. Схема модели ударного гравирования ($\mu=k$, $p(t)=F(t)$)

**ПРИМЕНЕНИЯ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ
В ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ**
APPLICATIONS OF NUMERICAL METHODS IN THE TOOL TECHNICS

Ю.Е.Петухов - д.т.н., проф., П.В.Домнин - аспирант, А.А.Алисов - аспирант
ГОУ ВПО МГТУ «Станкин»

Abstract. There is a set of ways of profiling in which are applied various graphic, graphoanalytical and analytical methods. Among analytical methods numerical methods are allocated. Numerical method of the decision of a direct and return problem of profiling - a method of the set sections with which help it is possible to conduct research of influence of parameters of the unit of the tool at processing of shaped screw flutes that allows to choose an optimum profile of the tool of the second order at milling.

Статья написана в рамках проведения поисковой НИР в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг.

Специфика проектирования режущих инструментов, предназначенных для обработки фасонных и в том числе винтовых поверхностей, обуславливает необходимость учета и вскрытия многочисленных связей между параметрами конструкции, требованиями к их эксплуатации и производству, рассмотрения большого числа конструктивных и технологических вариантов.

Проектирование режущих инструментов для обработки этих поверхностей и их изготовление является одним из наиболее сложных вопросов инструментального производства.

Существует множество способов профилирования, в которых применяются различные графические, графоаналитические и аналитические методы. Среди аналитических методов существуют численные методы, основанные на представлении исходной поверхности относительно инструментальной в виде совокупности отдельных точек или линий с последующим определением тех из них, координаты которых принадлежат к инструментальной поверхности.

Существует численный метод решения прямой и обратной задачи профилирования - метод заданных сечений, с помощью которого можно провести исследование влияния параметров установки инструмента при обработке винтовых канавок, что позволяет выбрать оптимальный профиль инструмента второго порядка при фрезеровании.

Наиболее оптимальным путем является реализация расчета в виде прикладной программы. Программа обрабатывает исходные данные и выдает результаты в виде таблиц. Таблицы содержат параметры по исследованию межосевого расстояния – m , угла скрещивания – α влияния угла положения точки скрещивания - β и на форму профиля инструмента. На основании этих таблиц строятся профили фрезы, из которых выбирается оптимальный по следующим показателям:

- возможность технологической реализации (непрерывность и отсутствие разрывов);
- равенство углов профиля (Dlt_i) с левой \square_l и правой \square_r стороны (симметричность);
- максимальная длина режущей кромки L_s ;

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ,
УПРОЧНЕННЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ**
*RESEARCH OF PROPERTIES OF A BLANKET OF THE DETAILS
STRENGTHENED BY ELECTROMECHANICAL PROCESSING*

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

Анализ причин разрушения деталей машин показывает, что в подавляющем большинстве случаев разрушение начинается на поверхности, а сопротивление разрушению определяется качеством поверхностного слоя. Качество поверхностного слоя сильно отличается от сердцевины, поэтому для увеличения долговечности деталей в машиностроении повсеместно применяют методы поверхностного упрочнения.

Простым и эффективным методом упрочнения поверхностного слоя деталей является электромеханическая обработка (ЭМО). Создаваемый локальный нагрев облегчает деформирование металла поверхностного слоя и способствует его упрочнению и быстрому охлаждению. Обработка осуществляется на универсальных токарно-винторезных станках, подвергнутых модернизации, хорошо встраивается в технологический поток и не требует высокой квалификации исполнителя.

В работе исследование твердости поверхности, распределение твердости по глубине и зависимость глубины упрочнения от режимов ЭМО проводили на образцах диаметром 30 мм из стали 30ХГСА, 40ХН2МА и из стали 45.

Увеличение плотности тока в пятне контакта приводит к повышению температуры на поверхности, так и по глубине, что способствует увеличению глубины упрочненного слоя. Однако при этом развивается электроэрозионный процесс, ухудшается шероховатость поверхности. Увеличение силы тока вызывает оплавление стали и перенос металла с детали на инструмент.

Таким образом, регулируя режимы ЭМО можно получить упрочненный слой различной формы (рельеф твердости). Изменяя величину подачи или силу тока можно получить чередование упрочненной и не упрочненной поверхности детали, т.е. создать регулярный микрорельеф поверхности.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

MATHEMATICAL MODELLING OF RESIDUAL STRAINS BY ELECTROMECHANICAL TREATMENT OF METALLIC MATERIALS

А.Ю.Иванников – к.т.н., н.с.

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

Abstract. This work presents the method of determining residual strains based on the theorem of unloading with a glance of secondary plastic deformation by electromechanical treatment of metallic materials.

В данной работе представлен подход, позволяющий определять остаточные напряжения в поверхностном слое металлических материалов после электромеханической обработки (ЭМО). Предложенная методика реализована в рамках важного направления современного машиностроения – вычислительные модели технологических систем на основе методов механики деформированного твердого тела. Остаточные напряжения определялись в рамках теоремы о разгрузке. В соответствии с данной теоремой алгоритм вычисления остаточных напряжений выглядит следующим образом: 1) из упругопластического решения определяются активные напряжения нагрузки, возникающие в двухслойном полупространстве в ходе интенсивного температурно-силового контактного нагружения; 2) на основе упругого расчета вычисляются пассивные напряжения при разгрузке, действующие после охлаждения; 3) остаточные напряжения определяются разностью активных и пассивных напряжений.

Использование теоремы о разгрузке усложняется, если упругая разгрузка протекает лишь в некоторых избранных локальных объемах (слоях) материала, тогда как в других областях происходит активное пластическое нагружение. В этом случае методика определения остаточных напряжений выстраивается на основе решения задачи термоупругопластичности в течение всего периода охлаждения тела до температуры среды и сводится к решению двух задач: краевой задачи теплопроводности и задачи упругопластического равновесия. Эти задачи решаются отдельно, так как пренебрежение эффектом связанности вносит несущественные погрешности. Остаточные напряжения вычисляются при вычитании пассивных напряжений из активных напряжений, найденных для предыдущего шага, перед началом разгрузки временного шага. В точках, где в рассматриваемый момент времени произошло вторичное нагружение, при расчете напряжений к полученным активным упругим напряжениям алгебраически прибавляются первичные остаточные напряжения в данной точке, и уже эти суммарные напряжения используются далее для поиска решения в упруго-пластической области, в частности, методом дополнительных деформаций. Следовательно, в случае термоупругопластической деформации тела при ЭМО для определения напряжений в какой-либо момент процесса термического воздействия необходимо последовательно рассмотреть все стадии их формирования от начала обработки. Результирующая величина остаточных напряжений в любом слое может быть получена путем алгебраического сложения всех предыдущих решений с учетом знаков соответствующих напряжений.

Таким образом, в работе представлен реализованный способ, позволяющий определять остаточные напряжения в процессе математического моделирования ЭМО металлических материалов. Также решение данной задачи позволяет назначать эффективные режимы ЭМО для формирования благоприятной величины и знака остаточных напряжений в поверхностном слое.

Работа выполнена при поддержке проекта АВИЦП «Развитие научного потенциала высшей школы» № 2.1.2/1397 и программы «У.М.Н.И.К.»

ВЕТВЛЕНИЕ СТАЦИОНАРНЫХ ДВИЖЕНИЙ И ОТНОСИТЕЛЬНЫХ РАВНОВЕСИЙ ТЕЛА, ПОДВЕШЕННОГО НА СТЕРЖНЕ

BIFURCATION OF STATIONARY MOTIONS AND RELATIVE EQUILIBRIUMS FOR RIGID BODY HANGING ON A ROD

Д.А. Бабури¹ – студ., А.В. Исаков^{2,1} – к.ф.-м.н., доц.

¹ Московский физико-технический институт (Госуниверситет)

² Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН, Москва

Abstract. Bifurcation pictures of stationary motions and relative equilibriums for rigid body hanging on a rod are compared. The general properties and differences are established.

Задача о динамике твердого тела на струнном подвесе появилась из практических приложений, связанных с отработкой функционирования и динамики изделий на стенде со струнным приводом. Стенды с телом на струнном подвесе использовались также на оборонных предприятиях при отработке динамики изделий с авторотацией в набегающем потоке, в том числе спускаемых на парашюте.

В работе рассмотрены стационарные режимы движения тела, подвешенного на стержне, при которых тело и стержень вращаются вокруг неподвижной вертикали с постоянной угловой скоростью как единое целое (в более общей постановке струна заменена невесомым стержнем). В зависимости от типа связей, реализуемых в системе, стационарные режимы представляют собой положения относительного равновесия или стационарные движения. Точка крепления тела к стержню лежит на главной центральной оси инерции тела. Основное внимание уделяется построению картины ветвления стационарных движений, где изменяемым параметром является проекция кинетического момента системы на неподвижную вертикаль. Эта картина ветвления сравнивается с картиной ветвления относительных равновесий, где изменяемым параметром является величина угловой скорости вращения системы. При этом отмечаются точки бифуркации, являющиеся слиянием или пересечением разных ветвей решений. Эти точки указывают на смену характера движения системы, а также на возможную смену устойчивости. Выделяется два различных случая распределения масс тела: случаи, так называемых, вытянутого и сплюснутого тела. Построение картин ветвления выполнено в среде MATLAB с использованием способа [1]. Достоинством способа представления полученных результатов является их наглядность. В случае положений относительного равновесия абсциссой графиков фактически является угловая скорость вращения системы, в случае стационарных движений - проекция кинетического момента на вертикаль. При этом остальные безразмерные параметры системы от этих параметров не зависят.

Установлено, что картины ветвления для движений относительного равновесия и для стационарных движений имеют много общего (одинаковое количество линий конических и тривиальных решений, одинаковое количество точек бифуркации на тривиальных режимах), но при этом могут значительно отличаться.

В случае стационарных движений, так называемого, «сплюснутого тела» при определенных массогабаритных характеристиках системы на линиях конических решений появляются до двух внутренних точек бифуркации, которых не было в случае относительных равновесий. При этом соответствующие движения достигаются и в системе со струнным подвесом. Появление новых внутренних точек бифуркации в случае стационарных движений, по-видимому, является универсальным свойством линий конических решений для сплюснутого тела (в случае вытянутого тела такого не происходит).

Литература

1. Исаков А.В. Ветвление стационарных режимов тела, подвешенного на стержне// Сб. тр. конф. «Проблемы машиноведения», 70-лет ИМАШ. – М.: ИМАШ РАН, 2008. – С. 259–263

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ПОСТРОЕНИЯ КРАТЧАЙШИХ ПУТЕЙ В ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЯХ БОЛЬШОЙ РАЗМЕРНОСТИ

RESEARCH OF SHORTEST PATH ALGORITHMS FOR HUGE TRANSPORT NETWORKS

Якухов А.А.¹ — студент, Валуев А.М.^{1,2} — проф., д. ф.-м. н.

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

²Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН

Abstract. The paper concerns the problem of a commutation table creation for a transport network applying data base functionality. Using the proposed modifications of basic shortest path algorithms, we achieve acceleration of some computational operations, clear interpretation of intermediate data and more efficient model controlling. Particular problems of computational complexity of these modifications are studied.

В работе исследуется вычислительная трудоёмкость построения таблицы коммутации для узлов транспортной сети типа «каждый в каждый». Рассматривается общий вид транспортной сети в графовом представлении, где вершиной графа считается особая точка (источник, сток или точка соединения двух дорог), а рёбром — участок дороги без развязок с заданной длиной.

В работе используются следующие свойства задачи, методов ее решения и их программной реализации:

1. Любая часть оптимального пути тоже оптимальна.
2. Объектное построение программы позволяет вносить изменения в структуру модели и базы данных для модификации алгоритмов и детализации модели транспортной сети.
3. Трудоёмкость базового алгоритма маршрутизации [1] при его рациональной реализации составляет $O(N^2 \cdot \ln N + N \cdot M)$, где N — количество узлов, а M — количество ребер.
4. Трудоёмкость операций добавления и удаления вершины в базе данных о структуре транспортной сети — константа, а трудоёмкость перестроения таблицы коммутации — порядка N .
5. Для операции добавления и удаления ребра трудоёмкости реорганизации таблиц составляют $O(N)$ и $O(N^2)$ соответственно для отслеживания объездов и внесения данных о субоптимальных маршрутах в базу данных.

С помощью модификаций базового алгоритма построения оптимального маршрута, реализованных с использованием функциональности реляционных СУБД, можно пошагово наблюдать за процессом построения таблицы коммутации, более гибко модифицировать и контролировать структуру транспортной сети и фильтровать данные по запросам. В связи с дешевизной и высокой скоростью доступа к данным «жесткой» памяти, такая модификация выглядит самодостаточной и позволяет проводить сравнительный качественный и пошаговый анализ вычислительной трудоёмкости при расчётах транспортных сетей с количеством вершин более 1000 и количеством рёбер порядка 8000. В базе данных без потери вычислительной мощности могут содержаться дополнительные данные по субоптимальным маршрутам, объездам и дополнительные технические данные по вершинам и рёбрам для последующих детализаций модели и алгоритмов.

Также за счёт накопленных при построении начальной таблицы данных можно исследовать задачи по модификации базовой сети и перестроению таблицы коммутации.

Литература

1. Филлипс Д., Гарсиа-Диас А. Методы анализа сетей. — М.: Мир, 1984 — 496 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕРМОХАЛИННЫХ ПАРАМЕТРОВ ВОД ЧЕРНОГО МОРЯ

AUTOMATING THE PROCESS OF DIAGNOSING AND FORECASTING OF THERMOHALINE PARAMETERS OF BLACK SEA WATERS

В.В. Фомин¹ – студент, А.А. Соловьев^{2,1} – к.ф.-м.н. доц.

¹Московский физико-технический институт (Госуниверситет)

²Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН, Москва

Abstract. Computation of thermohaline parameters for diagnosing and forecasting is difficult and laborious process. For this problem it has been proposed and implemented an entirely automated process based on the general and local models of the Black Sea using POM (Princeton Ocean Model).

Модели, на которых основаны программы расчета термохалинных параметров морских вод, довольно трудоемки и требует много времени на ручной ввод, обработку, расчет, получение и сохранение готовых результатов. Предложенная модель расчета диагноза и прогноза термохалинных морских вод Черного моря основана на общепринятой модели POM (Princeton Ocean Model). Данный пакет позволяет получать результаты как по реальным данным, то есть диагноз, так и производить прогноз поведения термохалинных параметров. Для данной программы была создана автоматизированная система, которая включает в себя полный цикл работы программ:

1. Скачивание необходимых данных с ftp-сервера;
2. Загрузка полученных данных в программу расчета Общерегionalной модели Черного моря;
3. Загрузка результатов Общерегionalной модели и данных с ftp-сервера в расчет региональной модели Черного моря (в данном случае Российской акватории Черного моря);
4. Запуск программы Grads с необходимыми параметрами для визуализации полученных от расчетов результатов;
5. Создание xml файлов в автоматическом режиме для упрощения доступа к результатам;
6. Передача и хранение итоговых результатов на сервере.

Результатами работы программы являются бинарные файлы по термохалинным параметрам (температура, соленость, скорость течений), xml файлы, графические файлы, распределенные по дням и по уровням моря - рис. 1.

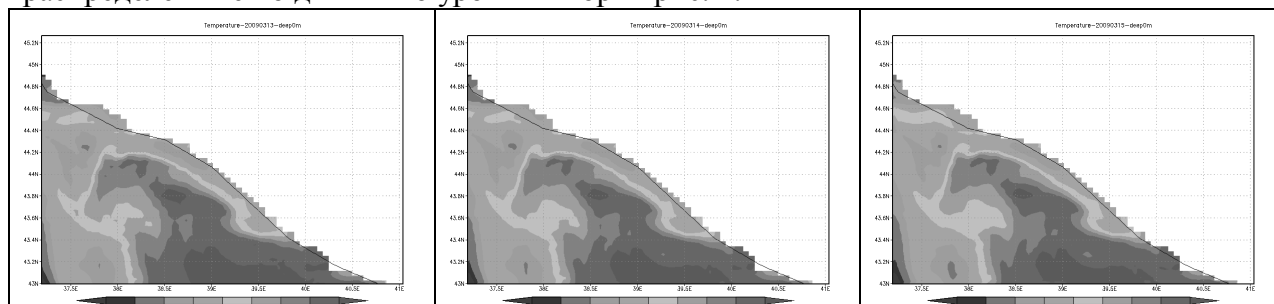


Рис. 1. Изменение температуры с 12.03.2009 по 15.03.2010 на поверхности Черного моря с прогнозом.

**ОБ ОПТИМАЛЬНОМ ПРЕСЛЕДОВАНИИ ЛИДЕРА
НА БЕЗОПАСНОЙ ДИСТАНЦИИ**
*ABOUT OPTIMUM PROSECUTION OF LEADER
ON A SAFE DISTANCE*

К.К. Глухарев^{1,2} – д.т.н., проф., **Н.М. Улюков**¹ – асп.

¹Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН, Москва

²Московский физико-технический институт (Госуниверситет)

Abstract. The paper concerns the problem of optimum prosecution of leader with keeping a safe distance between two particles. The extreme equations are provided and their solution is considered.

В однородном канале рассматривается движение двух частиц. Одна частица – лидер, ее движение задано. Вторая частица – преследователь – стремится поддерживать безопасную дистанцию [1]. Рассматривается вопрос о минимизации отклонений преследователя от безопасной дистанции.

Вводятся соответствующие числовые величины: $s^*(t)$ – путь, пройденный лидером к моменту времени t , отсчитываемый от начального сечения S_0 однородного канала; $s(t)$ – аналогичная характеристика преследователя; $\Delta(t) = s^*(t) - s(t)$ – дистанция между частицами; $\delta(t)$ – отклонение от безопасной дистанции, задаваемой функцией $\varphi(\dot{s}^*)$, $\delta(t) = \Delta(t) - \varphi(\dot{s}^*(t))$.

В классе неубывающих кусочно-линейных функций также вводится уравнение движения преследователя

$$\dot{s} = v, v \in V(t) = \{\dot{s}(t_-), \dot{s}^*(t)\},$$

где v – управление, которое в каждый момент времени может принимать значение либо скорости лидера, либо сохранить собственную скорость.

Ставится следующая экстремальная задача:

$$\int_{t'}^{t''} |\delta(\xi)| d\xi \rightarrow \min_{v \in V(t)} \quad (A)$$

$$\dot{s} = v, v \in V(t) = \{\dot{s}(t_-), \dot{s}^*(t)\},$$

где t' и t'' – соседние моменты времени точек скачков скорости лидера, $t \in [t', t'']$.

Показывается, что задача (A) имеет следующее решение:

$$v^*(t) = \begin{cases} \max V(t), & \Delta(t) > \varphi(\dot{s}(t)), \\ \dot{s}^*(t) & , \Delta(t) = \varphi(\dot{s}(t)), \\ \min V(t), & \Delta(t) < \varphi(\dot{s}(t)), \end{cases}$$

$$t \in [t', t''].$$

Продолжение решения задачи (A) строится аналогичным образом.

Литература

1. Глухарев К.К., Улюков Н.М. - Об одной модели однородного потока автомобилей. Вывод уравнений и их интегрирование. // Проблемы машиностроения и надежности машин - № 4 – 2008, с. 29-38.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПЕНТАГРАММНЫЕ СТРОИ И МУЗЫКАЛЬНАЯ ГАРМОНИЯ

GENETIC PENTAGRAM SCALES AND MUSICAL HARMONY

И.В. Степанян¹ – к.т.н., доцент, А.А. Кобляков² – профессор, декан
С.В. Петухов³ – д.ф.-м.н., г.н.с.

¹ Московский государственный горный университет

² Московская государственная консерватория

³ Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН

Abstract. Pentagram musical scales and some results of their comparative analysis relative to Pythagorean musical scale are presented.

Биоинформатика изучает системы передачи генетической информации, включая их матричные формы представления. В докладе анализируются кронекеровские семейства генетических матриц $[C A; U G]^{(K)}$, где C, A, U, G (цитозин, гуанин, урацил, гуанин) – азотистые основания генетического кода, (K) – кронекеровская степень. Комплементарная пара азотистых оснований A-U соединена двумя водородными связями, а пара C-G – тремя водородными связями. Подстановка данных числовых значений каждой буквы в символьные матрицы $[C A; U G]^{(K)}$ трансформирует их в числовые генетические матрицы, имеющие вид метрических тензоров: $[3 2; 2 3]^{(K)}$. Извлечение из них квадратного корня порождает кронекеровское семейство «золотых» матриц $[f f^{-1}; f^{-1} f]^{(K)}$, все компоненты которых равны золотому сечению $f = (1+5^{0.5})/2 = 1,618\dots$ в той или иной целой степени.

Изучение этой открытой связи генетического кода с золотым сечением выявило сопряжение семейства «квинтовых» геноматриц $[3 2; 2 3]^{(K)}$ с пифагоровым музыкальным строем. Последний строится на геометрической прогрессии с коэффициентом квинты $3/2$ и сведении ее членов в один октавный интервал. Рассмотрение семейства «золотых» геноматриц $[f f^{-1}; f^{-1} f]^{(K)}$ и связанной с ним геометрической прогрессии с коэффициентом f^2 показало, что тот же пифагоров алгоритм сведения членов прогрессии в одну октаву приводит к семейству особых математических строев. Последние названы пентаграммными строями (или строями золотого вурфа), поскольку та же самая геометрическая прогрессия с коэффициентом f^2 реализуется в семействе пентаграмм, вписанных друг в друга. Последовательность пентаграммных строев тесно связана с числами Фибоначчи. В докладе представляются данные сравнительного анализа математических особенностей пифагорова строя и пентаграммных строев, а также материалы о значении пентаграммных строев для теории музыкальной гармонии.

Литература

1. Петухов С.В. Матричная генетика, алгебры генетического кода, помехоустойчивость. - М., РХД, 2008.

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В МАШИНОСТРОЕНИИ *ON A METHOD OF MODELING ARCHITECTURE OF IT SYSTEMS IN MECHANICAL ENGINEERING*

С.В. Сорокин¹ – аспирант, В.К. Исаев^{2,1} – д.ф.-м.н., проф.

¹Московский физико-технический институт (Госунiversитет)

²Центральный аэрогидродинамический институт им. Н.Е. Жуковского, г. Жуковский

Abstract. The methodical and theoretical basis for creation of the computer aided weight control (CAWC) system is concerned. The system analysis and formalization of the subject area for all the stages of the life cycle of complex products of aircraft, spaceships and machinery engineering were provided.

Задачей весового контроля является создание условий для выполнения весовой программы, прогнозирования окончательного веса изделия и выяснения необходимости принятия мер по облегчению конструкции и/или повышению ее надежности.

Объектом исследования является автоматизированная система весового контроля (АСВК). Изучение объекта производится в ключе разработки эффективных современных программных средств управления информационными потоками, возникающими в жизненном цикле крупномасштабных изделий в машиностроении. Предметом исследования являются методы проектирования архитектуры, создания функциональной, информационной и программно-вычислительной модели.

Для достижения поставленной цели в работе поставлены и решаются следующие задачи:

- формализация предметной области;
- разработка математической модели, вычислительных алгоритмов и архитектуры АСВК;
- разработка предложений по техническим решениям АСВК.

В качестве основного подхода по достижению заявленной цели используется системный анализ архитектуры. В настоящей работе проводится формализация различных аспектов архитектуры, выделяются основные шаблоны проектирования. Производится последовательный анализ процессов предметной области, структуры системы, анализ альтернатив.

В работе продемонстрирован метод системного анализа и проектирования методической базы (стандартов, бизнес-процессов) на примере построения автоматизированной системы весового контроля. Проводится формализация различных аспектов архитектуры, выделяются основные паттерны проектирования, обеспечивающие реализацию всех функциональных требований, предъявляемых к АСВК.

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АССИМИЛЯЦИИ СПУТНИКОВЫХ
ДАННЫХ О ТЕМПЕРАТУРЕ ПОВЕРХНОСТИ МОРЯ
В ЧИСЛЕННЫХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ**
*DEVELOPMENT OF DATA ASSIMILATION ALGORITHM TO USE SATELLITE
DATA CONCERNING SEA SURFACE TEMPERATURE IN NUMERICAL HY-
DRODYNAMIC MODELS*

В.И. Свирин¹ – студ., **А.А. Соловьев**^{2,1} – к.ф.-м.н., доц.
¹Московский физико-технический институт (Госуниверситет)
²Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН, Москва

Abstract. The paper concerns application of optimal filtration methods to the problem of assimilation of satellite data on sea surface temperature in numerical hydrodynamic models. An algorithm for data assimilation based on the above methods is being developed.

Данные наблюдений за морскими акваториями носят нерегулярный по времени и пространству характер. В задаче ассимиляции данных вероятностными методами это приводит к необходимости учета нестационарного и неоднородного характера корреляционных функций ошибок гидродинамического прогноза, следовательно, необходимо применение методов оптимальной фильтрации. В случае усвоения данных SST (Sea Surface Temperature), поступающих с дискретностью в одни сутки, возможно применение линейных алгоритмов фильтрации. Т. е., если уравнения для математического ожидания и корреляционной функции P поля $X(r, t)$ имеют вид: $E\{X_i(r, t)\} = L_r E\{X(r, t)\}$; $P_r(r, r_1, t) = L_r P(r, r_1, t) + L_{r_1} P(r, r_1, t) + C(r, r_1, t)$, то в момент t_m (поступления данных измерений поля $X(r, t)$) за счет усвоения этих данных условное математическое ожидание $E^{\wedge}\{X_i(r, t)\}$ и условная корреляционная функция $P(r, r_1, t)$ выражаются:

$$E^{\wedge}\{X(r, t_m)\} = E\{X(r, t_m)\} + \sum_{k=1}^N g_k(r, t_m) [Z(r_k, t_m) - Z^{\wedge}(r_k, t_m)]; \quad P^{\wedge}(r, r_1, t_m) = P(r, r_1, t_m) - \sum_{k=1}^N g_k(r, t_m) P(r_k, r_1, t_m)$$

$$g_k(r, t_m) = \sum_{l=1}^N P(r, r_l, t_m) \cdot \|P(r_k, r_l, t_m)\|^{-1}, \quad j = \overline{1, N}, \quad \text{где } Z(r_k, t_m) \text{ - измерения поля } X(r, t) \text{ в точке } r_k, \text{ а}$$

N – число измерений в момент времени t_m . Решение задачи фильтрации строится в приближении прогноза дисперсий ошибок $\sigma^2(r, t)$ с последующим «восстановлением» корреляционных функций на основе соотношения: $P(r, r_1, t) = \sigma(r, t)\sigma(r_1, t)Q(r, r_1)$ (*), где $Q(r, r_1)$ – некоторая типичная нормированная корреляционная функция. Вид $Q(r, r_1)$ для поля SST может быть получен из анализа данных SST. Уравнение для прогноза дисперсий ошибок моделирования температуры поверхности моря можно получить из уравнения $\frac{\partial T}{\partial t} + U \frac{\partial T}{\partial x} + V \frac{\partial T}{\partial y} + W \frac{\partial T}{\partial z} = 0$, вводя представления: $U = \bar{U} + U'$; $V = \bar{V} + V'$; $T = \bar{T} + T'$; $W = \bar{W} + W'$, осредняя его и вычитая осредненное из исходного, далее предполагая, что пульсации компонент скорости течений и температуры не коррелируют, и определяя корреляционную функцию ошибок моделирования температуры как $P_T(r, r_1) = \overline{T'(r) T'(r_1)}$, получим уравнение эволюции корреляционной функции ошибок прогноза температуры поверхности моря:

$$\frac{\partial P_T}{\partial t} + \bar{U} \frac{\partial P_T}{\partial x} + \bar{V} \frac{\partial P_T}{\partial y} + \bar{W} \frac{\partial P_T}{\partial z} = 0$$

С учетом (*) получим уравнение эволюции дисперсий ошибок:

$$\frac{\partial \sigma_T^2}{\partial t} + \bar{U} \frac{\partial \sigma_T^2}{\partial x} + \bar{V} \frac{\partial \sigma_T^2}{\partial y} + \bar{W} \frac{\partial \sigma_T^2}{\partial z} = 0$$

Разработанный алгоритм основан на комбинации вышеприведенного метода восстановления корреляционных функций ошибок и метода оптимальной интерполяции.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ КРУПНОУЗЛОВОЙ СБОРКИ МЕТОДОМ АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ ЗАТРАТ *TIME STUDY OF SKD ASSEMBLY*

Л.Е.Кулигин¹ - аспирант

¹ Московский Физико-Технический Институт (государственный университет)

Abstract. This paper concerns the problems of time study for SKD assembly. The procedures of statistical treatment of results and calculation of time cost for non-unique items manufacturing are proposed.

Рассматриваются слабо автоматизированные производственные процессы крупноузловой сборки, использующие ручной труд с применением механизмов и длительностью трудовых приемов более 10 секунд. Процесс интерпретируется как дискретный процесс на множестве состояний $S=(s_1, \dots, s_N)$, где s_i – конкретный трудовой прием, не являющийся марковским в силу отсутствия свойства последействия. Формально он представляется в виде графа $G(S)$, вершинами которого являются трудовые приемы, а множество ребер представляет собой булево множество $\{G(S)_{ij} : 0 \leq i, j \leq N\}$, где $G(S)_{ij}=1$ для разрешенных переходов от приема s_i к приему s_j и $G(S)_{ij}=0$ для запрещенных переходов. Продолжительность выполнения трудового приема и частота переходов между ними представляют собой положительные дискретно-непрерывные случайные величины. Предполагается, что степень корреляции между продолжительностями нахождения в последовательных состояниях низка. Проверка статистических гипотез на экспериментальных данных подтверждает, что ошибки измерения имеют гауссово распределение; появление полимодальных распределений связано либо с неточным выделением трудовых приемов, либо их неправильной дискретизацией. Сформулирована методика измерения длительности трудовых приемов методом хронометража с помощью программы собственной разработки [1,2] для промышленного портативного компьютера (PDA) и алгоритм статистической обработки измерений, реализованный в виде набора хранимых процедур на языке структурированных запросов SQL. Данные измерений и рассчитанные статистические характеристики трудовых приемов, в т.ч. доверительный интервал оценки длительности, хранятся в таблицах реляционной базы данных.

По имеющимся статистическим характеристикам длительности выполнения трудовых приемов рассчитываются соответствующие характеристики производственных операций и доля затрат рабочего времени. В случае сборки уникальных изделий (например, персональных компьютеров на заказ) становится возможным оценить временные затраты, зная состав изделия. Результаты используются в качестве аналитических данных для сокращения непроизводительных затрат и повышения производительности труда, для нормирования труда и расчета KPI. Использование полученной информации позволило принять управленческие решения, статистически значимо повысившие производительность труда на исследуемых участках на 20-30%.

Литература

1. Заявка на государственную регистрацию программы для ЭВМ Управление вероятностными социально-экономическими системами // Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам РФ – 2008 – 29 января, №2008610271 /автор Кулигин Л.Е.
2. Валуев А.М., Кулигин Л.Е. Разработка и использование программно-аппаратного комплекса для измерения характеристик выполнения механизированных операций в управлении логистической системой // Горный информационно-аналитический бюллетень – 2009 — № 0B2 – С. 80-88 — ISSN 0236-1493.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ И ГЕНОМАТРИЧНЫЕ ОПЕРАТОРЫ

GENETIC ALGORITHMS AND GENOMATRIX OPERATORS

Д.Ш. Катанов¹ – студент, С.В. Петухов^{2,1} – д.ф.-м.н., г.н.с.

¹Московский физико-технический институт

²Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН

Abstract. Phenomenological properties of the genetic code in its matrix forms of presentations are presented together with connections between matrix genetics and genetic algorithms.

Наличие ДНК выявило единство молекулярных основ генетического кодирования у живых организмов. Достижения молекулярной генетики привели к новому определению самой жизни: «Жизнь есть партнерство между генами и математикой» (Stewart, 1999). Какая же математика состоит с генетическим кодом в партнерских отношениях?

Одним из развиваемых подходов к решению этого вопроса является изучение матричных форм представления ансамблей молекулярных элементов генетического кода, кратко именуемое матричной генетикой [1, 2]. Имеется много предпосылок для особого внимания к матричным представлениям генетического кода. Например, генетическое кодирование обладает высокой помехоустойчивостью, а современные помехоустойчивые коды базируются во многом на операциях с матрицами; информация в компьютерах хранится в виде матриц, и пр. Исследования по матричной генетике имеют целью развитие операционных математических моделей следующих биологических феноменов: помехоустойчивости генетического кодирования; наследуемости иерархий циклических процессов и систем, характерных для живых организмов; синхронности наследуемых циклических процессов; сжатости наследуемой информации и др.

В докладе представлены результаты исследования семейства генетических матриц типа $[C A; U G]^{(K)}$ в связи с вырожденностью генетического кода, где C, A, U, G - азотистые основания генетического кода (цитозин, аденин, урацил и гуанин), которые обычно интерпретируются как буквы генетического алфавита; (K) – кронекеровская степень. Особое внимание уделяется случаю $K=3$, при котором генетическая (8x8)-матрица содержит все 64 генетических триплета в упорядоченной последовательности. Феноменологические особенности вырожденности генетического кода определяют деление этого множества 64 триплетов на два равных подмножества, которые неожиданно расположены симметрическим образом в матрицах типа $[C A; U G]^{(3)}$. При этом обнаруживаются связи генетического кода с ортогональной системой функций Радемахера, специальным семейством матриц Адамара и ортогональными системами функций Уолша, известными в теории помехоустойчивого кодирования, спектрального анализа и пр. Демонстрируются содержательные математические свойства возникающих мозаичных геноматриц: инвариантность их связей с названными функциями Радемахера и Уолша при широком множестве перестановок генетических элементов в геноматрицах, кардинально меняющих их мозаичный облик; образование циклических групп матриц при возведении нормированных матриц в степени («генетические циферблаты») и др.

Обсуждается применимость этих результатов к развитию так называемых генетических алгоритмов, интенсивно используемых в последние десятилетия в различных областях науки и техники.

Литература

1. Петухов С.В. Матричная генетика, алгебры генетического кода, помехоустойчивость. - М., РХД, 2008.
2. Петухов С.В., Катанов Д.Ш. Введение в математическую биофизику. Элементы биоинформатики и биоинформационных технологий. – Учебно-методическое пособие МФТИ, 2009.

К АЛГОРИТМУ ПОСТРОЕНИЯ ПЛОТНОЙ УПАКОВКИ ЗЕЛЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ В СВЕТОФОРНОМ ПЕРИОДЕ ON TRAFFIC LIGHT'S PERIOD GREEN INTERVALS PACKAGE GENERATION ALGORITHM

И.Н. Калинин¹ – студ., К.К. Глухарев^{2,1} – д.т.н., проф.

¹Московский физико-технический институт (Госуниверситет)

²Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН, Москва

Abstract. The paper concerns generation of so-called tight package of green intervals in traffic light's period. It is a special case in traffic light configuration on a particular crossroad that achieves maximal flow through the crossroad (in terms of flow utilisation).

Рассматривается задача конфигурирования светофоров на перекрестке для максимизации суммарного потока через этот перекресток. Максимальный поток определяется как стационарный режим работы перекрестка, обеспечивающий максимальный поток в каждом входе и выходе перекрестка. При этом транспортный поток определяется как поток событий прохода частиц через сечение (k, l) - канала:

$F_{(k,l)}^-(t, m) = \{t_{(k,l)i}^- : t_{(k,l)i}^- \leq t, t_{(k,l)i+1}^- - t_{(k,l)i}^- = \Delta t^*, t_{(k,l)i}^- \in \tau_{(k,l)}^-(m), \tau_{(k,l)}^-(m) \in T(m)\}$, (Δt^* - интервал между частицами в режиме максимального потока).

Описываются **кластеры** – группы частиц, движущихся с равными скоростями и интервалами по отдельному каналу.

Определяется **плотная упаковка**: совокупность зеленых отрезков $\{\tau_{(k,l)}\}$ называется плотно упакованной в светофорном периоде T , если выполнено условие:

$$\bigcup_{l=1, \overline{L}} \tau_{(k,l)} = T, \tau_{k,l} \cap \tau_{k,m} = \emptyset, l \neq m, k, l = \overline{1, L}.$$

Для построения плотной упаковки вводятся объекты – сдвиги интервалов $\eta_{k,l}$, описывающие корректирующие сдвиги начал зеленых отрезков для k, l в светофорном интервале.

Построение плотной упаковки требуется для организации безшовной работы сумматоров перекрестка, т.е. стационарного периодического режима работы сумматора, преобразующего разрозненные (некластеризованные) в момент входа в каналы потока образуют на выходе из сумматора максимальный поток. При этом в каналах возникают очереди ожидающих частиц, которые при «открытии» соответствующего светофора выходят из сумматора как кластеры, движущиеся в режиме максимальной интенсивности потока.

Ставится задача плотной упаковки зеленых интервалов входов сумматора и оптимизации этой плотной упаковки относительно суммы сдвигов.

Доказывается **лемма о плотной упаковке**:

Пусть выполнено $\sum_{k=1}^L |\tau_{k,l}^-(0)| = |T(0)|$, $k, l = \overline{1, L}$, тогда найдется совокупность сдвигов $\{\eta_{k,l}\}, \eta_l, (k, l) = \overline{1, L}$, при которых выполняется условие плотной упаковки.

Приводится алгоритм, позволяющий определить эти сдвиги и построить плотную упаковку.

Литература

1. Глухарев К.К., Калинин И.Н. Модель прохождения потока частиц через узлы транспортной сети // Труды конференции МИКМУС-2009.
2. Глухарев К.К., Улюков Н.М. - Об одной модели однопольного потока автомобилей. Вывод уравнений и их интегрирование // Проблемы машиностроения и надежности машин - № 4 – 2008.

О МАКСИМАЛЬНЫХ ПРИРАЩЕНИЯХ ПОТОКОВ В КОММУТАТОРЕ НА СВЕТОФОРНОМ ПЕРИОДЕ

ON TRAFFIC FLOW MAXIMAL GAIN DURING TRAFFIC LIGHT PERIOD

И.Н. Калинин¹ – студ., К.К. Глухарев^{2,1} – д.т.н., проф.

¹Московский физико-технический институт (Госунiversитет)

²Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН, Москва

Abstract. The paper concerns flow behavior inside a traffic-light controlled crossroad. It states theoretical limit to the flow changes during traffic light period thus defining some critical characteristics for the traffic commutator altogether.

Рассматривается процесс прохождения транспортного потока через коммутатор и исследуется возможность максимизации этого потока. Поток представляется в виде потока частиц, проходящих заданное сечение в соответствии с моделью [2].

Рассматривается перекресток, представимый в виде двудольного графа [1] на своих особых точках, с долями K и L - входов и выходов в перекресток, то есть не содержащий внутренних пересечений траекторий.

Движение частиц организуется по схеме согласования на выходах [3].

Строится согласованная плотная упаковка [3] зеленых интервалов на выходах в сумматоры, обеспечивающая максимальный поток на каждом выходе. Формулируется и доказывается достаточное условие достижения теоретического предела приращений потока в рамках рассматриваемой модели движения в виде следующей теоремы:

Теорема (о максимальных приращениях потоков на светофорном периоде): Пусть выполнены следующие условия:

- действует постулат сохранения частиц при их прохождении особых точек,
- зеленые отрезки плотно упакованы в $T(m), m \in N$,
- светофорные функции $U_{k,l}(t)$ в концевых сечениях (k,l) -каналов T -периодичны,
- в делителях выполнены целочисленные равенства:

$$n = \sum_{l=1}^L n_{k,l}, \quad n = \frac{|T|}{\Delta t^*} = \left\lfloor \frac{|T|}{\Delta t^*} \right\rfloor, \quad n_{k,l} = \frac{|\tau_{k,l}|}{\Delta t^*} = \left\lfloor \frac{|\tau_{k,l}|}{\Delta t^*} \right\rfloor, \quad k, l = \overline{1, L}, \quad n, n_{k,l} \in N$$

где $n, n_{k,l}$ - число накопленных и вошедших в канал частиц соответственно,

- матрица $\left\| \frac{n_{k,l}}{n} \right\|, k, l = \overline{1, L}$ двояко-стохастична,
- высота клиньев очереди [2] в каждом канале не превышает длину канала.

Тогда $n = \sum_{k=1}^L n_{k,l}, k, l = \overline{1, L}$, то есть достигается приращение, соответствующее максимальному потоку.

Литература

1. Глухарев К.К., Маркин И.В. О представлении дорожной сети дольным графом // Труды 50-й научной конференции МФТИ, Аэрофизика и космические исследования. – 2007. – Т. 2 – С. 101-103.
2. Глухарев К.К., Улюков Н.М. - Об одной модели однорядного потока автомобилей. Вывод уравнений и их интегрирование // Проблемы машиностроения и надежности машин - № 4 – 2008.
3. Глухарев К.К., Калинин И.Н. – К алгоритму построения плотной упаковки зеленых интервалов в светофорном периоде (публикуется в настоящем сборнике).

МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОСТАБИЛИЗАЦИИ КАРДИОЦИКЛА MODELING OF THE CARDIO-VASCULAR RATE STABILIZATION

П.Г. Евгений¹ – студ., В.В. Смолянинов² – д.ф.-м.н.

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

²Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Москва

Abstract. This article presents a brief review of researches of the uncontrolled human cardio-vascular system. The main attention is paid to the process of stabilization of the pressure and flow rates after applying different kinds of disturbances.

Рассматривается однокамерная модель кровеносного сосуда (аорты), учитывающая основные вязко-упругие свойства «однокамерной» гемодинамики [1]. На основе данной модели строится общая восьмикомпартментная модель сердечнососудистой системы человека (СССЧ), где камеры соответствуют следующим участкам СССЧ: 1 – левый желудочек, 2 – аорта, 3 – артерии, 4 – вены, 5 – вены, 6 – правый желудочек, 7 – легочные артерии, 8 – легочные вены [2].

Каждая камера описывается следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} \frac{du_i}{dt} = f_{i-1} - f_i \\ u_i = c_i p_i \\ r_i f_i = (p_i - p_{i+1}) H(p_i - p_{i+1}) \end{cases}$$

где u – «активный» объем камеры, p – давление в камере, c – коэффициент податливости, а обратная величина $a \equiv c^{-1}$ – коэффициент объемной упругости; r – сопротивление выходной трубки, H – функция Хэвисайда.

Проводится численная оценка параметров СССЧ, величины которых должны удовлетворять следующим критериям: 1) они должны разумно соответствовать известным экспериментальным величинам; 2) полное множество параметров должно обеспечивать приближенное воспроизведение свойств реальной циркуляции.

Рассматривается графический пример релаксационных колебаний, с использованием конкретных физиологических данных. При этом источником крови служит входной поток $f_0(t)$ – заданная функция времени, которая во время систолы имеет синусоидальную форму, а диастолы – равна нулю. Написанная в среде MATLAB программа позволяет получить графики давлений, потоков и рабочих объемов внутри всех восьми камер. Рассмотрены случаи таких возмущений, как изменение ударного объема сердца, длительности систолы и диастолы.

Вывод 1. Из полученных графиков видно, что полученные модельные параметры в целом обеспечивают стабильность циклических изменений давлений, потоков и рабочих объемов в камерах лишь с незначительными сдвигами от заданных начальных значений.

Вывод 2. Предложенная модель обладает свойством *автостабилизации* релаксационных колебаний; устойчивое равновесное состояние резервуара определяется как параметрами русла $\{c, r\}$, так и параметрами импульсного потока $\{F_0, T_1, T\}$.

Литература

1. Frank O. Die Grundform des Arteriellen Pulses; 1e Abhandlung: Mathematische Analyse. / Z. Biol., 1899
2. Beneken J.E.W. A Mathematical Approach to Cardio-Vascular Function: the Uncontrolled Human System. / Netherlands, Utrecht, Institute of Medical Physics, 1965

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИАГНОСТИКИ И ПРОГНОЗА ХАРАКТЕРИСТИК МОРСКИХ ВОД НА WEB-РЕСУРСАХ *DIAGNOSTICS AND PROGNOSIS RESULTS PRESENTATION ON WEB-RESOURCES FOR SEA WATER CHARACTERISTICS*

Е.В. Гуленко¹ - студ., Исаков А.В.^{2,1} - к.ф.-м.н., доц.

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

²Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Москва

Abstract. Html-form was elaborated for seeking data on temperature, salinity and flows for Black sea for given depth, region and date of measuring. The form is destined to provide intuitively clear process of searching these data via the specialized web-resource. Presently the html-form is implemented and used in practice.

Подобно диагнозу и прогнозу атмосферных явлений актуальна практическая задача непрерывного контроля состояния морских течений. Так ежедневно специалистами проводятся численные расчеты по диагнозу и прогнозу гидрофизических полей в Российском секторе акватории Черного моря. При этом расчеты выполняются на основе региональной гидродинамической модели и крупномасштабной модели Черного моря с использованием данных атмосферного прогноза и данных спутниковых измерений характеристик течений на поверхности моря. Результаты расчета ежедневно размещаются на сервере, и в них нуждаются пользователи специализированного web-ресурса, которые хотят по запросу получить требуемую информацию.

По результатам расчета моделей данные по каждой стране попадают в строго заданную папку на сервере и укладываются в папку по дате. Визуализированные данные (иллюстрации) раскладываются по папкам, соответствующим своему типу данных.

В работе выполнена разработка html-формы поиска на сервере данных о температуре, солености и течениях Черного моря в зависимости от региона, требуемой даты и глубины морских вод. Форма служит для простоты и доступности поиска данных через web-ресурс, что позволяет пользователям сайта в режиме реального времени получать информацию как в виде цифровых данных, так и в виде визуализированных данных. Разработанная html-форма содержит следующие поля: наименование страны, тип данных, дата, глубина, вид данных.

Исходя из заданных условий задачи, поиск данных на сервере осуществляется по конечному количеству критериев. При обработке запроса форма обращается в соответствующую папку страны на запрошенную дату и проверяет наличие папки.

Поиск данных реализован на языке программирования PHP. Пользователь может получить данные в виде визуализированных данных или в виде полномасштабной визуализации одного из типа данных. Последнее реализовано с применением библиотеки jQuery JavaScript. В настоящее время разработка нашла свое практическое применение на специализированном сайте www.black.oceanography.ru

**АРХИТЕКТУРА ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА ДЛЯ РЕШЕНИЯ
ЗАДАЧИ ДИНАМИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РЕСУРСОВ**
*ARCHITECTURE OF A SOFTWARE PACKAGE FOR SOLVING THE PROBLEM
OF DYNAMIC SHARING OF PRODUCTION RESOURCES*

А.И. Голенковский¹ – аспирант, **А.М. Валуев**^{1,2} – проф., д.ф.-м. н.

¹Институт машиноведения им. А. А. Благонравова РАН, Москва

²Московский физико-технический институт (государственный университет)

Abstract. The paper presents some technological solutions for software architecture for the problem of dynamic sharing of production resources. The solution uses the “carcass way” to build a program which means that we have a fixed “carcass” of core modules and an array of replaceable classes for different cases of our problem.

В докладе описываются технологические решения при разработке архитектуры программного пакета для решения задачи динамического распределения производственных ресурсов. Решение задачи динамического распределения ресурсов представляет значительную алгоритмическую сложность, при этом процесс решения разбивается на несколько этапов, в каждом из которых требуется проверять различные типы ограничений и производить обработку данных. При разработке архитектуры пакета ставилось целью не вычленение отдельных модулей единичной программы, а формирование набора классов, охватывающего («покрывающего») данную предметную область. Покрывание области означает, что для любой ставящейся там частного случая задачи может быть построена решающая ее программа, представляющая собой надлежащим образом организованное подмножество классов из сформированного набора. При этом был использован так называемый «каркасный подход», при котором любая формируемая из классов пакета версия программы включает два основных компонента. Первый, постоянный компонент — каркас, не меняющийся от версии к версии и несущий в себе гнезда для размещения сменных классов. Второй, переменный компонент — содержимое гнезд каркаса.

В описываемый пакет вошли «каркасные модули», обеспечивающие взаимодействие сменных классов, передачу управления, а так же управление потоками исполнения вычислений. Данные модули объединены в подсистему «ядро». Набор сменных классов, для размещения в «гнездах» представляет из себя библиотеку алгоритмов для различных вычислений на разных этапах решения задачи динамического распределения ресурсов, а так же методы для подготовки, передачи и возврата данных для этих алгоритмов.

При использовании такого подхода обеспечивается масштабируемость пакета, а так же его адаптируемость к другим сходным задачам (при возникновении различных дополнительных условий и ограничений).

Литература

1. Кормен Т., Лейзерсон Ч. Алгоритмы, построение и анализ – 2-е изд.. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2010.
2. Горбунов-Посадов М.М. Расширяемые программы. —М.: ООО «Полиптих», 1999.

О РЕАЛИЗУЕМОСТИ ТРАНСПОРТНОГО СПРОСА НА ПРИМЕРЕ СЕТЕЙ БЕЗ ЛЕВЫХ ПОВОРОТОВ *ON REALIZABILITY OF TRANSPORT DEMAND FOR THE CASE OF NETS WITHOUT LEFT TURNINGS*

К.В. Гинзбургский – асп., Пшеничников В.М. – к.ф.-м.н.
Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН, Москва

Abstract. The paper concerns the traffic load problem. Relation between the matrix of transport demand and traffic load is studied.

В работе формулируются две взаимно обратные задачи.

- Первая (прямая задача) - нахождение загрузки сети при заданной матрице транспортного спроса (матрице корреспонденций).
- Вторая (обратная задача) – нахождение транспортного спроса, отвечающего заданной транспортной загрузке сети.

Каждому отрезку магистральной сети сопоставим положительный целочисленный индекс i , интенсивность потока транспортных единиц на отрезке i будем обозначать q_i . Маршрутом между парой Р-зон будем называть множество $W_j = \{i\}_j$, т.е. множество индексов магистральных отрезков, образующих данный маршрут. Будем подразумевать, что для любой пары Р-зон существует единственный оптимальный маршрут, определена стратегия выбора этого оптимального маршрута. Введем интенсивность w_j потока транспортных единиц следующих по маршруту W_j . Интенсивности w_j образуют вектор размерности P^2 . Возможно представление в виде матрицы размером $P \times P$, где P – число Р-зон в сети - матрицы транспортного спроса (матрицы корреспонденций). Интенсивность потока на магистральном отрезке определяется компонентами транспортного спроса:

$$q_i = \sum_j A_{ij} w_j; \quad A_{ij} = \begin{cases} 1, & i \in W_j \\ 0, & i \notin W_j \end{cases} \quad (1)$$

В матричном виде:

$$\bar{q} = A\bar{w} \quad (2)$$

Систему линейных уравнений (2) можно решать либо относительно q (прямая задача), либо относительно w (обратная задача). В литературе, например в [1], рассматривается один из возможных подходов к решению прямой задачи.

Обратная задача практически не исследована. Система (2) является недоопределенной. В случае сети без левых поворотов (см. [3]), размерность матрицы A составляет $4P \times P^2$. Кроме того, матрица A сильно разрежена и существует условие неотрицательности решения. Применение стандартных алгоритмов (см. [2]) затруднительно.

Решение обратной задачи весьма интересно, так как управление транспортным спросом позволит добиться приемлемой загрузки существующей транспортной сети.

Литература

1. Швецов В.И., Алиев А.С. Математическое моделирование загрузки транспортных сетей. М.: УРСС, 2003.
2. Алберт А. Регрессия, псевдоинверсия и рекуррентное оценивание. Пер. с англ. М.:Наука, 1977.
3. Гинзбургский К.В., Глухарев К.К. К оценке распределения маршрутов в сети. Труды 52-й научной конференции МФТИ. М., 2009.

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРУЕМОГО
СОСТОЯНИЯ ЛЕДЯНЫХ МАССИВОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЦИКЛОНА**
*RESEARCH OF STRESSES AND DEFORMATIONS OF SEA ICE
UNDER VORTEX WIND FIELD ACTION*

Д.Ю. Бражников¹ – студ., А.В. Марченко² – проф., д.ф.-м.н.

¹Московский физико-технический институт (Госунiversитет)

²Университетский центр на Свальбарде (UNIS), Норвегия

Abstract. In this work a one-dimensional elastic-plastic model of sea ice behavior under vortex wind field has been introduced and studied. The model uses the same field equations as the general two-dimensional model alongside with Coulomb-Mohr rheology instead of standard tear-drop yield curve. With its implementation in Matlab an analysis of sea ice behavior under different wind actions was performed. These results were compared with satellite data of sea ice drift of a storm occurring in April of 2007 in Laptev Sea.

Рассматривается модель, основанная на уравнениях МСС, для описания динамического поведения морского льда под действием осесимметричного ветрового поля. Данная задача представляет собой плоскую осесимметричную задачу МСС. Основные составляющие модели:

1. Уравнения равновесия Коши:

$$\begin{cases} 0 = \tau_{ax}(u, v) + \tau_x(u - u_g, v - v_g) + \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial y} + mf_c(v - v_g), \\ 0 = \tau_{ay}(u, v) + \tau_y(u - u_g, v - v_g) + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yy}}{\partial y} - mf_c(u - u_g) \end{cases}$$

2. Модели внешнего воздействия:

$$\vec{\tau}_a = \rho_a C_a |\vec{V}_a| \vec{V}_a \quad - \text{сила воздействия ветра на лед, где } \rho_a - \text{плотности воздуха, } C_a -$$

коэффициент вязкости для ветра, \vec{V}_a - скорости течений и ветра.

3. Условие Кулона-Мора перехода из упругого состояния в пластическое:

$$|\tau_n| = \sigma_n \operatorname{tg} \rho + k \quad , \text{ где } \rho - \text{угол внутреннего трения, } k - \text{коэффициент сцепления, } \tau_n -$$

касательное напряжение, σ_n - нормальное напряжение.

Морской лед начинает вращаться, при этом образуются зоны пластического течения. При квазистатическом равновесии в центре области образуется упругое ядро, чье поведение задается законом Гука и уравнениями равновесия. При достижении предела текучести лед переходит в пластическое состояние, которое задается ассоциативным законом пластического течения.

Наибольший интерес представляют зоны пластического течения, где система уравнений, описывающая поведение льда, является гиперболической и потому обладает двумя характеристическими направлениями. Для получения решения и построения характеристик была написана вычислительная модель в среде MatLab. С помощью реализованной программы проведен анализ поведения морского льда при различных соотношениях между внешними воздействиями.

В конце работы полученные результаты сравниваются со спутниковыми данными по дрейфу морского льда. Для этого рассматривается циклон, действовавший над морем Лаптевых, в апреле 2007 года, и сравниваются результаты модели со статистическими данными.

СЕКЦИЯ 9

**Методы и средства
диагностики технических
систем**

**ОПЫТ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ
СОВМЕСТИМОСТИ КОРАБЕЛЬНЫХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ
СРЕДСТВ В УСЛОВИЯХ СТЕНДОВ
ПРЕДПРИЯТИЙ-РАЗРАБОТЧИКОВ**
*EXPERIENCE OF THE ESTIMATION OF PARAMETERS
OF ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF SHIP RADIO-ELECTRONIC
FACILITIES IN THE CONDITIONS OF STANDS
OF THE ENTERPRISES-DEVELOPERS*

П.В.Блинков - инженер
ФГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова»

Abstract. In the report experience of an estimation of parameters interference emissions and interference immunities of ship radio-electronic facilities and feature of experimental definition of their parameters of electromagnetic compatibility in the conditions of electromagnetic environment of stands of the enterprises-developers is considered.

Проблема электромагнитной совместимости (ЭМС) в современном кораблестроении заключается в обеспечении эффективной работы радиоэлектронных средств (РЭС) в условиях реальной электромагнитной помеховой обстановки.

Для обеспечения ЭМС на кораблях, в ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова была разработана концепция, предусматривающая выполнение работ в течение всего их жизненного цикла. Важным этапом этих работ является проведения испытаний по параметрам электромагнитной совместимости корабельных радиоэлектронных средств в условиях стендов предприятий-разработчиков, совмещенных с их испытаниями по прямому назначению.

Целью испытаний является контроль эффективности мероприятий по обеспечению ЭМС, реализованных разработчиками комплексов РЭС, в условиях, максимально приближенных к условиям реальной эксплуатации на корабле.

В докладе рассмотрен опыт оценки параметров помехоактивности и помехоустойчивости корабельных радиоэлектронных средств и особенности экспериментального определения параметров электромагнитной совместимости РЭС в условиях электромагнитной обстановки стендов предприятий-разработчиков. При этом применение узкополосного спектрального анализа позволило определить спектральный состав и уровни электромагнитных помех и учесть их при анализе результатов испытаний. Данный метод позволяет исключить использование дорогостоящих испытательных стендов, необходимость транспортировки сложных корабельных комплексов на них, и в отличие от типовых испытаний позволяет испытывать не отдельные приборы, а комплексы аппаратуры в целом, с кабельными трассами имитирующими кабельные трассы в корабельных условия. Полученные результаты позволяют выявить и дать рекомендации для устранения возможных дефектов конструкции до монтажно-наладочных работ на корабле. Проведение данных испытаний позволило определить параметры электромагнитной совместимости в широком диапазоне частот с высоким временным и частотным разрешением, при совмещении их с испытаниями по прямому назначению на стенде общей сдачи, без использования специализированных стендов, безэховых и экранирующих камер.

Сокращение сроков проведения испытаний, повышение точности измерений обеспечивает выполнение требований по ЭМС, а сами испытания максимально приближаются к натурным испытаниям.

Опыт проведения указанных работ подтверждает необходимость проведения испытаний по параметрам ЭМС разрабатываемых комплексов корабельного оборудования на стендах предприятий-изготовителей до их поставки на корабль.

**НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ЭФФЕКТА
ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ**
*NEW FACILITIES ON REALIZATION OF HYDRAULIC
TRANSFORMATION EFFECT*

А.Н.Брысин - к.т.н., научный сотрудник, **А.Е.Шохин** – научный сотрудник
Учреждение РАН Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН

Abstract. This scientific effort describes variants of constructive decisions and innovative method on experimental researches of the vibration isolation systems with hydroinertial transformers. Electrical analogy of the type “voltage transformer” at the analytical calculations for description of the hydroinertial transformation effect is used.

Проблема создания систем с улучшенными динамическими характеристиками тесно связана с решением задачи виброзащиты узлов от агрегатов, имеющих уровень виброактивности, превышающий технические требования. Известно, что создание пассивных систем виброзащиты ограничено по эффективности. Как правило, пассивные системы не могут понижать передачу внешних воздействий более чем на 6 дБ. При этом достижение даже такой эффективности имеет свои ограничения. Применение поглощающих покрытий позволяет изолировать от акустических воздействий большую часть технологического оборудования, но их эффективность не позволяет снижать вибрации на низких частотах.

Длительное время сотрудниками ИМАШ РАН ведутся работы по созданию систем виброзащиты для различных отраслей промышленности. Одним из направлений является создание систем виброзащиты с инерционными преобразователями (СВИП). Настоящая работа посвящена вариантам конструктивных решений, а также оригинальным подходам, которые использованы при проведении экспериментальных исследований со СВИП. Предлагается улучшенная методика таких исследований. Представлены экспериментальные результаты для различных вариантов компоновки виброзащитных устройств. Впервые в аналитических расчетах был применен подход описания эффекта гидропреобразования не как «черного» и «серого» ящиков или четырехполюсника с фиксированными параметрами, а как электрической аналогии «трансформатор напряжения». Предложены модели СВИП как «трансформаторов напряжения» и «трансформаторов тока». Анализ моделей проведен с учетом известных исследований радиотехнических фильтров. Предложен алгоритм предварительной оценки влияния нелинейностей для СВИП с обечайкой. Показаны особенности СВИП с поршневым действием. Дан анализ возможностей применения этих подходов при создании систем виброзащиты. Полученные результаты могут быть использованы при решении задач создания систем виброзащиты объектов тяжелого машиностроения.

**АВТОМАТИЗАЦИЯ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ДВИГАТЕЛЕЙ
БЕСКОНТАКТНЫХ МОМЕНТНЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ
КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ «NATIONAL INSTRUMENTS»**
*BENCH TESTS AUTOMATION OF ELECTRIC ENGINES BY THE USE
OF EQUIPMENT FROM «NATIONAL INSTRUMENTS»*

Н.Г. Волков – бакалавр, **А.Н. Стариков** – ассистент,
Владимирский государственный университет им. братьев Столетовых

Abstract. Measuring of the kinematical relation in dynamic processes of electric engines is a difficult task. Proposed software and equipment permit to receive and research the experimental data more correctly.

В докладе объектом исследований является комплекс параметров двигателей серии ДБМ (двигатель бесконтактный моментный).

Для определения характеристик движения ДБМ в общем виде необходимо рассмотреть:

$$A = F \left(\begin{array}{l} \text{конструкция РВМ, материал, смазка,} \\ \text{технологический фактор, люфт, осевая нагрузка,} \\ \text{инерционно – жесткостные параметры} \end{array} \right) \quad (1)$$

« A » - носит название динамическое кинематическое передаточное отношение. « A » отражает истинную картину, происходящих процессов. Однако его определение аналитическим способом представляется сложной задачей. В работе ставится задача – определить « A », как функцию (1).

В качестве информационного датчика использовался угловой датчик положения ЛИР-158А-2-Н-002500-05-ПИ-5, и датчик линейного положения ЛИР-7-1-0120-02(0)-05-ПИ-0.1-3-2.0-В (РС10ТВ). Обработка результатов и представление выполнена с помощью оборудования National Instruments.

При выборе определяющих характеристик для получения параметра S_X , имеется возможность снимать отношения координат, скоростей, ускорений. У всех способов имеются проблемные места: нулевые точки значений.

Для решения данной проблемы в работе были применены программные способы обработки. Дифференцирование не является лучшим способом решения проблемы в данном случае, так как постоянно происходит обнуление по координате. Измерение неустойчивости кинематической передаточной функции (КПФ) в данном случае является проблематичным. Она фиктивно принимает нулевые значения, хотя на самом деле это не так. Её необходимо брать непосредственно из координаты, иницируя новую точку отсчёта при каждой смене направления движения.

Таким образом, имеется реальная возможность фиксировать весьма малые значения неустойчивости КПФ в течение длительного времени наблюдения. При этом значения получаются реальные, соответствующие данному моменту, т.е. детерминированные, а не усреднённые за некоторое количество циклов. Были разработаны специальные виртуальные приборы, обрабатывающие данную функцию.

**МАГНИТНОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ
МЕТАЛЛА ПАРОВЫХ КОТЛОВ**
MAGNETIC DIAGNOSTICS OF METAL FOR STEAM CAULDRONS

Д.В. Прядченко – аспирант, В.В. Мирошников – д.т.н.
Восточно-украинский национальный университет им. В.Даля

Abstract. It is discussed a practical application of the magnetic or coercitive method for diagnostics of the metal elements of steam cauldrons. There is a correlation of relationship between physical-mechanical and magnetic characteristics of the metal.

Во время технического диагностирования парового котла проверке подлежат наиболее характерные места повреждения барабанов: поверхности трубных гнёзд, внутренние поверхности штуцеров, контрольные участки внутренней поверхности барабана, внутренние поверхности обоих днищ и лазовых отверстий, наружные поверхности днищ, продольные и поперечные сварные швы, сварные швы, крепящие внутривибарабанные устройства. Это сложно и длительно, и выполняется методами классической дефектоскопии.

Опыт технического диагностирования металлоконструкций многих типов, в том числе и котельных установок, в разных отраслях промышленности свидетельствует, что магнитная характеристика металла и коэрцитивная сила (H_c) являются эффективным параметром контроля накопления повреждённости на микроуровне (т. е. в ещё бездефектном для дефектоскопии состоянии металла). Для металлоконструкции, работающей в режиме малоциклового усталости (МЦУ), величина H_c возрастает в 2-3 раза – от H_{c_0} до H_c^B , пока металл проходит путь от нового в состоянии поставки до состояния начала интенсивного дефектообразования. Зоны, в которых происходит такое накопление усталостных повреждений, логически предопределены и потому легко обнаруживаются. Количественно степень повреждённости контролируется быстро и легко по величине $H_{c_{текущ}}$, а точнее, по степени продвинутости измеренного значения $H_{c_{текущ}}$ от исходной величины H_{c_0} к предельному значению H_c^B . Оценка не зависит от того, какой эксперт и каким прибором проводил измерения. Величины H_{c_0} и H_c^B - характерные константы для каждой марки стали, определяемые в процессе стендовых испытаний, а в режиме МЦУ работает абсолютное большинство оборудования, контролируемое органами Госгортехнадзора.

Результаты технического диагностирования паровых котлов показали высокую корреляцию коэрцитивной силы $H_{c_{текущ}}$ и физико-механических свойств сталей для элементов котла. Магнитный (коэрцитиметрический) метод диагностики показал высокую степень выявления зон концентрации напряжений и усталостных повреждений.

УЛУЧШЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ШПИНДЕЛЬНОГО УЗЛА ШЛИФОВАЛЬНОГО СТАНКА НА ОСНОВЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ

IMPROVEMENT OF SPINDLE OF THE GRINDING MACHINE TOOL ON THE BASIS OF DIAGNOSIS AND MODELING

Ф.С.Сабилов – д.т.н., Д.Н.Сулов – аспирант
ГОУ ВПО МГТУ «Станкин»

Abstract. The article discusses about mathematical modeling of the grinding machine tool. Influence on dynamic characteristics spindle drive unit of such factors, as availability of the central aperture in a spindle, an arrangement of pillars, rigidity of bearings.

Настоящая работа посвящена математическому моделированию шпиндельного узла (ШУ) шлифовального станка с ЧПУ, что обусловлено возникновением вибраций при эксплуатации оборудования, как на рабочих режимах, так и на холостом ходу, которые отрицательно сказываются на точности обрабатываемой детали. Экспериментальные частотные характеристики шпиндельного узла были получены при диагностировании шпиндельного узла путем импульсного воздействия динамометрическим молотком и измерения реакции на это воздействие. Использовалась также информация о частотном составе вибраций при холостом ходе на различных частотах вращения шпинделя.

Одной из программ, позволяющей моделировать шпиндельные узлы, является SpinDyna_FE, разработанная в МГТУ «Станкин» и предназначенная для автоматизированного расчета статических и динамических характеристик шпиндельных узлов металло-режущих станков на основе метода конечных элементов. Изменения в конструкции шпиндельного узла (рис. 1.), такие как положение передней и задней опор качения, жесткостные характеристики опор, наличие сквозного отверстия в шпинделе и другие, оценивались по частотным характеристикам. Так сближение подшипников передней опоры сопровождается уменьшением амплитуды колебаний и незначительным увеличением собственной частоты, сближение подшипников задней опоры существенного влияния на частотные характеристики не оказывает, увеличение диаметра осевого отверстия шпинделя приводит к незначительному увеличению собственной частоты шпиндельного узла.

Динамические характеристики улучшенной модели представлены на рис. 2. Из графика видно, что удалось избавиться от одной из трёх резонансных частот, увеличить частоту максимального пика колебаний и снизить его амплитуду. Эти изменения положительным образом сказываются на жесткости шпиндельного узла, приводящие к её увеличению.

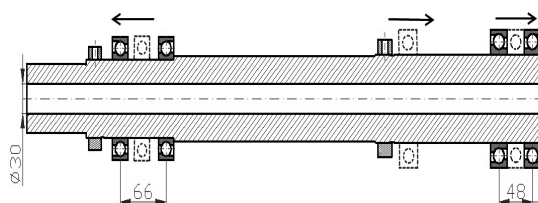


Рис. 1. Исходная модель шпинделя (пунктирная линия) и улучшенная модель (основная линия)

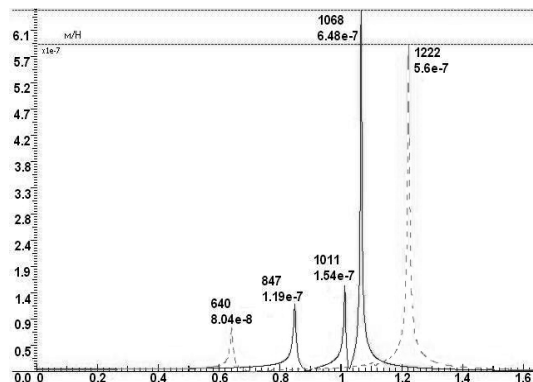


Рис.2. АЧХ исходной (основная линия) и улучшенной моделей (пунктирная линия)

ВИБРАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА ТВ-7М

VIBRATION TESTING OF TB-7M SCREW-CUTTING LATHE

А.Ю. Машков - бакалавр техники и технологии

Московский Государственный Технологический Университет “СТАНКИН”

Экспериментальные исследования проводились на токарно-винторезном станке ТВ-7М. Для измерений использовался прибор Диамех и соответствующее программное обеспечение. Акселерометры были установлены в плоскости резания на корпусе шпиндельной бабки, в районе передней опоры и на резцедержательной головке за резцом. Измерения производились на всем частотном диапазоне вращения шпинделя на 60об/мин; 105об/мин; 185об/мин; 315об/мин; 555об/мин и 975об/мин, на холостом ходу и при обработке стальной заготовки с глубиной резания $t=1,2$ мм и подачей $S=0,12$ мм/об. Производилось измерение виброперемещений, виброскорости и виброускорения. Из рассмотрения экспериментального материала было установлено, что наибольшую информацию дают записи виброперемещений. Записи виброскорости и виброускорений показали, что их записи более сглаженные, а пиковые значения имеют меньший фазовый угол, в дальнейшем рассмотрении данные параметры не участвовали.

У шпинделей станков внутренняя дорожка вращается, а внешняя остается неподвижной. Если дефект находится на внутренней дорожке, он постоянно перемещается вместе с ней и поэтому не всегда находится в зоне нагрузки, а временами далеко уходит от того места, где расположен датчик вибрации. Энергия вибрации передается от внутренней дорожки к датчику через тела качения, сепаратор, внешнюю дорожку и корпус подшипника. Этот путь распространения вибрации гораздо хуже с точки зрения потери энергии. Добавим к этому, что дефект перемещается и часто находится вне зоны нагрузки, где удары значительно ослабевают. К тому же необходимо быть уверенным, что выборки сигналов, по которым производится усреднение, достаточно длинные и охватывают, по крайней мере, один полный оборот шпинделя. В противном случае, может оказаться так, что в выборки не будут попадать самые мощные участки сигнала, когда дефект внутренней дорожки проходит зону нагрузки.

Если в спектре вибрации наблюдаются характерные частоты, как для внутренней, так и для внешней дорожки, и обе они имеют одинаковую амплитуду, то более развитый дефект будет у внутренней дорожки. Если обнаружены дефекты на обеих дорожках, то это говорит о том, что дефекты имеются также на телах качения. Они могут не всегда проявляться на соответствующих частотах, но могут вызвать появление боковых полос у частот, характерных для дефектов дорожек. Если все указывает на повреждение нескольких элементов подшипника, это должно рассматриваться как аварийный случай, поскольку дефекты элементов качения легко могут вызвать повреждения сепаратора, что приведет к полному разрушению подшипника.

Исследования проводились с помощью методики прямого спектра. Проблемы подшипников качения проявляются на высоких частотах, где амплитуды колебаний, как правило, малы и поэтому они могут быть не замечены при неудачном выборе шкалы измерения амплитуды. Одним из способов избежать этого является выбор в качестве измеряемой величины виброускорения, но при снятии ускорений усиливаются пики по мере возрастания частоты, так что различать составляющие на высоких частотах становится значительно проще. Однако при этом понижается амплитуда составляющих на низких частотах, что может привести к тому, что очевидные признаки перекосов, дисбаланса и других основополагающих причин появления дефектов подшипников качения могут быть не замечены. В спектре должны быть ясно различимы все важные пики, поэтому лучше всего использовать спектр виброскорости. Если же необходимо рассмотреть низкочастотные колебания, то следует пользоваться спектром виброперемещений.

ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМЫ ВИБРОИЗОЛЯЦИИ МЕХАНИЗМОВ НА ОСНОВЕ ВИБРОИЗОЛЯТОРОВ С ВНУТРЕННИМИ ИНЕРЦИОННЫМИ ТРАНСФОРМАТОРАМИ

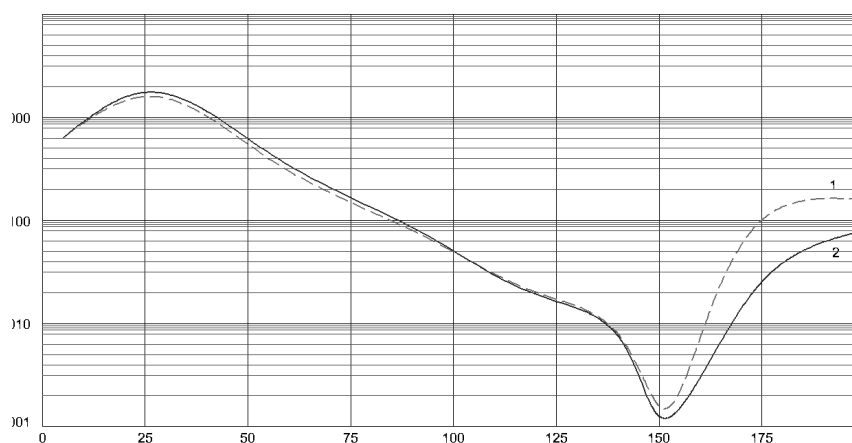
TESTING OF THE SYSTEM VIBRATION CONTROL MECHANISMS BASED ON SHOCK ABSORBERS WITH INTERNAL INERTIA TRANSFORMERS

О.О.Мугин - к.т.н.

Учреждение РАН Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН

Abstract. Consider an object test - shock absorbers with the transformation of the movement of the inertial elements. An experimental study of stiffness characteristics of the shock absorbers. Showing its static and dynamic characteristics. Shows the effects of the dynamic behavior of structures under white noise excitation. The technical solutions for setting it up to the required frequency.

Рассмотрен объект испытаний - виброизолятор с преобразованием движения инерционных элементов. Представлены результаты экспериментального исследования жесткостных характеристик данного виброизолятора. Приведены его статические и динамические характеристики. Показаны эффекты динамического поведения конструкций при возбуждении белым шумом. Приведены технические решения по его настройке на необходимую частоту. Измерения динамических характеристик виброизолятора на экспериментальном вибростенде, который позволяет производить измерения различных вибрационных характеристик процесса, в том числе комплексной жесткости и механического импеданса.



На рисунке представлена частотная зависимость коэффициента передачи для виброизолятора (гидропоры) с использованием инерционности и демпфирования (при настройке виброизолятора на частоту 130 Гц). Анализируя экспериментальные кривые, представленные на рис. 6 можно увидеть, что опытный образец гидропоры настроен на частоту 130 Гц. Данные настройки виброизолятора обеспечивают усиление эффекта виброизоляции в полосе частот 120-175 Гц. В ходе динамических испытаний опытного образца виброизолятора на вибростенде были получены экспериментальные статические и динамические характеристики виброизолятора, которые подтверждают ожидаемый эффект виброизоляции при использовании гидропор в системах виброизоляции машин и инженерно-строительных сооружениях. Применение данного типа виброизоляторов в автомобиле и судостроении, направленных на снижение вибрации, передаваемой силовыми агрегатами на корпус и в окружающую среду.

ОБЗОР ПЛАНЕТАРНО – ЦЕВОЧНЫХ РЕДУКТОРОВ И ИХ МЕСТО В СОВРЕМЕННОЙ МЕХАНИКЕ

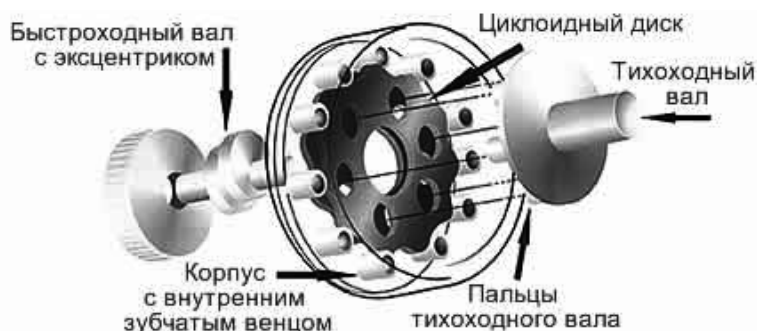
OVERVIEW PLANETANO-TSEVOCHNYH REDUCERS AND THEIR PLACE IN THE MODERN MECHANICS

А.В.Синев - д.т.н., проф., О.О.Мугин - к.т.н., О.Г.Мугин – аспирант
Учреждение РАН Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН

Abstract. The report covers the types of planetary gear tsevochnyh, their structure, advantages and disadvantages. Perspective and purpose.

В настоящее время планетарно-цевочные редукторы используют главным образом в робототехнике, станкостроении, химическом машиностроении, приводах грузоподъемных машин, цепных конвейеров, поворотных столов, радиолокаторов, экскаваторов, бурового оборудования. Известны так же прецизионные передачи для точного позиционирования и мультипликаторы с цевочным зацеплением. Перспективно применение таких передач для транспортного машиностроения. К достоинствам планетарно-цевочных передач относят: Компактность при высокой нагрузочной способности. Широкий диапазон передаточных чисел в одной ступени (3...191). Высокую надежность и повышенный ресурс (до 50 000ч). Высокий КПД (0,8 – 0,97). Малый момент инерции. Плавность хода и низкий уровень шума. Минимальные требования к техническому обслуживанию. К недостаткам можно отнести более высокую стоимость планетарно-цевочной передачи по сравнению со стоимостью передач других типов, обусловленную повышенными требованиями к точности изготовления деталей и большими нагрузками подшипников сателлитов.

Главными компонентами планетарно-цевочной передачи являются быстроходный вал с эксцентриками, внутренний фланцевый тихоходный вал, циклоидальные диски и корпус редуктора. Данная передача имеет множество контактных точек, обеспечивающих одновременное распределение рабочей нагрузки примерно на половину всех зубьев, поэтому она может выдерживать мгновенную пиковую ударную нагрузку, которая в 5 раз превышает расчётный крутящий момент. Работа редуктора основывается на оригинально простом принципе. Вращающийся эксцентрик прокатывает циклоидальные диски по внутренней периферии стационарного зубчатого венца. Результирующее действие оказывается подобным действию перекачивания диска по внутреннему зубчатому венцу. Циклоидальный диск движется по часовой стрелке в корпусе зубчатого венца и при этом медленно вращается вокруг своей оси против часовой стрелки. В этой системе циклоидальный профиль диска постепенно входит в зацепление с роликами неподвижного внутреннего зубчатого венца, чтобы произвести



обратное вращение на малой скорости. За каждый полный оборот быстроходного вала циклоидальный диск поворачивается на один шаг циклоидального зубчатого зацепления в противоположном направлении. Конструкции планетарно-цевочных редукторов обладают существенными технико-эксплуатационными преимуществами и, по прогнозам, в ближайшие 10 лет получат самое широкое применение в оборудовании большинства энергоёмких и ответственных производств, поскольку по показателям надёжности, долговечности и компактности они во много раз превосходят другие известные образцы редукторов как российского, так и зарубежного производства.

**МЕТОДОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАНКОВ НА БАЗЕ
УНИФИЦИРОВАННЫХ МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ**
*METHODOLOGY OF DESIGNING MACHINE-TOOLS ON BASE
OF UNIFIED MECHATRONICS MODULES*

Б.М. Рывкин – магистр
ГОУ ВПО МГТУ «Станкин»

Abstract. In this article author handle a problem of increasing efficiency of production of machines-tools, at the expense of conception turning machines are like set of unified mechatronics 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.

Основными мехатронными модулями современных станков являются:

- мотор-шпиндели (для заготовки);
- мотор-шпиндели (для инструмента);
- тяговые устройства приводов подач с ШВП;
- револьверные головки;
- механизмы смены инструмента для вспомогательных шпинделей;
- защитные устройства (в том числе для сверхскоростной обработки).

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 (обрабатываемые 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. 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 трехмерные модели мехатронных модулей. Проведены статические и динамические расчеты на жесткость.

АЛГОРИТМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОАГРЕГАТОВ В СТАЦИОНАРНОЙ СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА

ALGORITHMS OF DETECTION TECHNICAL STATE OF HYDRO-ELECTRIC GENERATORS IN STATIONARY MONITORING SYSTEM

А.А. Астапенко – инженер 2-й категории, **А.И. Астапенко** – к.т.н., директор ООО «Предприятие «Энергомашконтроль»

Abstract. Row of questions of using new approach to technical states of difficult mechanical systems recognition in process of stationary monitoring systems of hydroelectric generators exploitation are considered in this report.

В последнее время при разработке и внедрении автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) на гидроэлектростанциях все шире используются в составе этих систем подсистемы контроля и диагностики (ПКИД). Основным методом диагностирования в этих подсистемах является вибрационная диагностика. Учитывая особенности функционирования гидроагрегата как объекта диагностирования, связанные с низкочастотным характером возбуждения вибрации в его узлах, разработчики АСУТП особое внимание уделяют аппаратной части ПКИД. Входящие в ее состав датчики вибрации и измерительные блоки должны соответствовать требованиям, предъявляемым к низкочастотным измерениям. В то же время вопросам методического и технологического обеспечения процедур вибродиагностирования в ПКИД уделяется недостаточное внимание. Закладываемые и используемые алгоритмы диагностирования, основываются на простейших операциях измерения общего уровня вибрации, уровня вибрации на отдельных (обычно первой и второй) гармониках оборотной частоты, фазового угла указанных частотных составляющих. Алгоритмы диагностирования представляют собой, как правило, процедуры сравнения вышеуказанных уровней вибрации с предельными состояниями, соответствующими сигналам предупредительной и аварийной сигнализации. Все это ограничивает информативность и достоверность реализуемых диагностических процедур в стационарных системах мониторинга. Таким образом, разработка и развитие вопросов методического и технологического обеспечения процедур диагностирования в ПКИД представляет собой актуальную задачу. Наиболее важным в этом направлении является использование новых подходов к применению теории распознавания образов в задачах вибродиагностирования технического состояния узлов гидроагрегатов. В докладе рассматриваются некоторые результаты применения нового подхода к определению диагностических признаков распознаваемых технических состояний. Предлагается использовать для диагностики состояния узлов гидроагрегатов сложные диагностические признаки, представляющие собой комбинацию детерминированных признаков с элементами вероятности, а также логических и структурных признаков. Рассматриваются алгоритмы распознавания целого ряда наиболее характерных дефектов технического состояния с использованием предлагаемых сложных диагностических признаков. К таким дефектам относятся механический дисбаланс ротора гидрогенератора и рабочего колеса гидротурбины, гидравлический небаланс рабочего колеса, различные погрешности линии вала гидроагрегата, отклонения зазоров в направляющих подшипниках от монтажных величин, неравномерность воздушного зазора гидрогенератора и т.д. Использование предлагаемых комбинаций диагностических признаков существенно повышает информативность и достоверность результатов диагностирования. По результатам диагностирования разработаны и предложены конкретные мероприятия по устранению выявленных отклонений от допустимого технического состояния. Приведены практические примеры реализации предложенных мероприятий.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ПРЕЦИЗИОННЫХ ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ В ЦЕХОВЫХ УСЛОВИЯХ

PRACTICAL APPLICATION OF VIBROACOUSTIC DIAGNOSTICS OF PRECISION GRINDING MACHINES IN PRODUCTION CONDITIONS

А.А. Астапенко – аспирант, А.И. Астапенко – к.т.н., Ю.П. Сердобинцев – д.т.н., проф.
Волгоградский государственный технический университет

Abstract. Row of questions of practical application of vibroacoustic diagnostics of precision grinding machines in production conditions is considered in this report. Some results of vibration inspection of high-precision machines SWäIGL 200HG grinding stocks are adduced there.

Одним из наиболее эффективных видов технической диагностики станочного оборудования является виброакустическая диагностика, основанная на анализе вибрационных и акустических сигналов, отражающих динамические процессы, протекающие в системе станок–приспособление–инструмент–деталь. Методы виброакустической диагностики, базирующиеся на принципах безразборности, оперативности и универсальности, позволяют успешно решать задачи контроля технического состояния станков в цеховых условиях благодаря огромной информационной емкости виброакустических процессов, сопровождающих технологические процессы обработки на металлорежущих станках.

В докладе рассмотрены некоторые результаты виброакустической диагностики шлифовальных бабок высокоточных внутришлифовальных станков модели SWäIGL 200HG, предназначенных для шлифования цилиндрических и конических отверстий наружных колец подшипников качения. Исследуемые станки эксплуатируются на ряде подшипниковых заводов. Контрольные точки измерения вибрации были выбраны с учетом конструктивных особенностей данной модели станка, анализа его кинематической схемы и предварительных сведений о характере и величине возникающих динамических нагрузок. Эти точки были расположены на приводном электродвигателе и шлифовальной бабке станка.

Технология вибродиагностирования включала в себя измерение общего уровня виброскорости в контрольных точках, а также проведение спектрального анализа вибрационных процессов с выделением наиболее значимых составляющих спектра. Обследование станков было проведено с помощью комплекта виброизмерительной аппаратуры фирмы «Brüel & Kjær».

В результате обследования было установлено, что спектральный состав вибрации шлифовальных бабок значительно отличается от наблюдаемого на приводных электродвигателях. На шлифовальную бабку передаются, преимущественно, низкочастотные колебания от электродвигателей.

В связи с этим был сделан вывод, что одним из основных направлений снижения виброактивности шлифовальных бабок станков модели SWäIGL 200HG, влияющей на точность обработки на станках, является устранение источников колебаний, прежде всего низкочастотных, приводных электродвигателей. По результатам диагностирования выявлены основные дефекты технического состояния электродвигателей, приводящие к возбуждению вибрации. В первую очередь, это дисбаланс роторов и дефекты подшипниковых узлов электродвигателей. Основными мероприятиями по снижению вибрации приводных электродвигателей шлифовальных бабок станков модели SWäIGL 200HG являются балансировка роторов электродвигателей и организация периодического контроля технического состояния подшипников ротора со своевременным устранением выявленных дефектов. Разработана методика балансировки роторов приводных электродвигателей шлифовальных станков.

**ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРИВОДА ГЛАВНОГО
ДВИЖЕНИЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ**
*DIAGNOSTIC MODEL OF MAIN MOVEMENT DRIVE
OF PRECISION GRINDING MACHINES*

А.А. Астапенко – аспирант, А.И. Астапенко – к.т.н., Ю.П. Сердобинцев – д.т.н., проф.
Волгоградский государственный технический университет

Abstract. Integrated diagnostic model of main movement drive of precision grinding machines for decision major tasks of diagnostics technical state of machine tools is considered in this report.

Основными объектами диагностирования в разработанной модели являются следующие элементы привода главного движения: приводные электродвигатели, подшипниковые опоры, зубчатые и ременные передачи. К основным причинам возбуждения вибрации электродвигателей относятся дисбаланс вращающегося ротора, дефекты обмоток статора и ротора, дефекты подшипников, неравномерный воздушный зазор между статором и ротором, асимметрия питающего тока, дисбаланс охлаждающего вентилятора.

Повреждения подшипников в цеховых условиях разделяются на следующие группы: разрушения от усталости материала, повреждения от повышенного износа, разрушения, вызванные изменением зазоров и посадок между деталями подшипников и посадочными местами шпинделей, повреждения из-за недостаточности или прекращения подачи смазки. К основным частотам возбуждения колебаний при работе подшипников относятся следующие: частота вращения шпинделя, частота вращения сепаратора, частота вращения тел качения, частота мелькания тел качения по наружному кольцу, частота мелькания тел качения по внутреннему кольцу.

Слабым узлом шлифовальных бабок ряда моделей прецизионных шлифовальных станков являются подшипники скольжения. Повышенный зазор при неплотной посадке подшипников скольжения в станке вызывает возбуждение полигармонических колебаний с частотами, кратными половине частоты вращения шпинделя.

К числу основных дефектов зубчатых передач механизмов прецизионных шлифовальных станков относятся следующие дефекты: распределенный износ зубьев абразивного характера, локальное выкрашивание участков контактируемых поверхностей зубьев, трещина и поломка зубьев зубчатых колец, нарушение режима смазки передачи.

Большое влияние на точность вращения шпинделей шлифовального круга и изделия также оказывает техническое состояние ременной передачи от электродвигателя к соответствующей бабке. Дисбаланс шкивов ременной передачи ведет к биению шпинделей и снижению точности обработки на станках.

Связь между параметрами технического состояния и диагностическими признаками устанавливается с помощью диагностической модели привода главного движения станка. На основании рассмотрения конструкции и технологического назначения привода, выбора параметров технического состояния и диагностических признаков, разработана обобщенная диагностическая модель привода главного движения, предназначенная для решения основных задач диагностирования технического состояния прецизионных шлифовальных станков.

На основе разработанной диагностической модели произведены расчеты основных информационно-диагностических частот для привода главного движения высокоточного внутришлифовального станка модели SWäIGL 200HG, эксплуатирующихся на ряде подшипниковых заводов. Данные расчета диагностической модели использованы при компьютерном моделировании расчетных реализаций вибрационных сигналов и их спектров для наиболее вероятных дефектов узлов внутришлифовального станка модели SWäIGL 200HG.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ КВАРЦЕВОГО ГЕНЕРАТОРА

QUARTZ OSCILLATOR NONLINEAR DYNAMICS INVESTIGATION

Е.А. Коровайцева – асс., А.М. Гуськов – д.т.н., проф.

Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана, Москва

Abstract. The results of quartz resonator and quartz oscillator dynamics simulation in COMSOL Multiphysics are given in this report.

Для аналитического решения задачи о колебаниях пластин из пьезоэлектрических материалов, в частности, кварца, разработано несколько теорий, основанных на аппроксимации двумерных уравнений, получаемых разложением выбранных величин в ряд [1]. Для составления электрической схемы генератора, содержащего кварцевую пластину как основной элемент кварцевого резонатора, необходимо рассчитать параметры эквивалентной электрической схемы резонатора [1]. Методика аналитического определения параметров автоколебаний кварцевого генератора изложена в [2].

В настоящей работе определен спектр собственных частот трехмерных колебаний и параметры напряженно-деформированного состояния квадратной кварцевой пластины SC-среза. Проанализирован частотный отклик пластины под действием гармонически изменяющегося напряжения. Кварцевый резонатор с рассматриваемой пластиной включен в трехточечную схему генератора (рис.1). Нелинейным элементом цепи является транзистор.

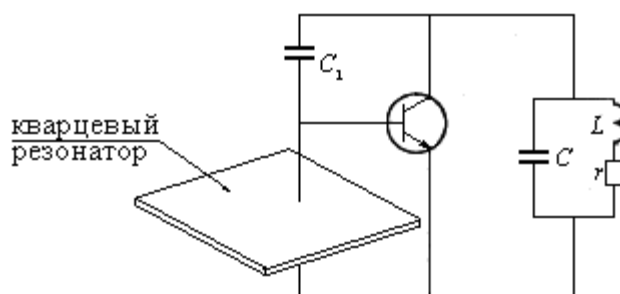


Рис.1.

Данная задача представляет собой связанную задачу электродинамики и механики пьезоэлектрической сплошной среды. Проведенный расчет позволяет получить картину изменения во времени напряжений, перемещений и электрических полей в кварцевой пластине. Разработанная модель также дает возможность рассчитать параметры автоколебаний в любом элементе цепи генератора.

Работа выполнена при поддержке целевой программы “Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2010 годы)” № 2.1.2/5277 и гранта РФФИ № 10-08-00640-а.

Литература

1. Зеленка И. Пьезоэлектрические резонаторы на объемных и поверхностных акустических волнах. – М.: Мир. 1990. – 584 с.
2. Малахов А.Н. Флуктуации в автоколебательных системах. М.: «Наука», Главн. ред. физ. - мат. лит. 1967. – 662 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА УДАРНО-ВРАЩАТЕЛЬНОГО ГРАВИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ СРЕДСТВАМИ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

RESEARCH OF THE IMPACT ROTATORY ENGRAVING PROCESS BY VIBROACOUSTIC DIAGNOSTICS AIDS

Л.П. Ивлева – ассистент

Московский государственный горный университет

Abstract. Research of the impact-rotatory engraving by means of vibroacoustics makes it possible to conduct the correction of the mathematical simulation of process and to investigate a state of engravers tool. Diagnostic findings can serve as a basis for processing conditions setting.

При ударно-вращательном гравировании (УВГ) инструмент (усеченный конусный гравер), совершая одновременно вращательное и возвратно-поступательное движение (удары о поверхность заготовки), перемещается построчно и набивает лунки на ней. Они создают полутоновое изображение, основанное на принципах растривания. В отличие от обычного ударно (растрового) гравирования (УГ) обеспечивается повышение качества получаемых лунок за счет срезания выплыва, образующегося при обработке пластичных материалом ударом, и дополнительного скола – при обработке хрупких материалов. Это позволяет соблюсти соответствие оптических плотностей оригинала и изображения.

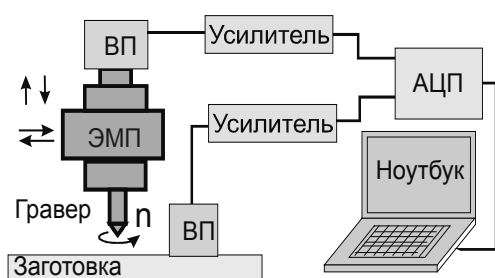


Рис.1

Схема стенда для исследования УВГ

Исследовать процесс УГ и УВГ целесообразно с помощью стенда (рис.1.), который включает в себя следующие компоненты: гравировальный станок с программируемым контроллером, компьютером и компрессором для реализации УВГ; комплект из двух вибропреобразователей с усилителями (один акселерометр размещается на электромеханическом преобразователе, к якорю которого и прикреплен усеченный конусный гравер; второй – на заготовке), аналого-

цифровой преобразователь (АЦП) и ноутбук с программным обеспечением для регистрации и обработки сигналов.

На станке-стенде возможно проведение измерений виброускорения гравировального инструмента, фиксация момента его удара о заготовку. Это необходимо для проверки математической модели гравирования, в которой инструмент представлен колебательной системой с одной степенью свободы, характеризующейся приведенной массой, суммарной жесткостью и коэффициентом демпфирования.

В ходе измерений записываются осциллограммы и на их основе получают графики скорости и перемещения инструмента. По ним возможно откорректировать выбор режимных параметров УВГ: 1) максимум скорости гравера должен быть в момент касания о заготовку, его получают выставлением технологического зазора и подбором адекватного электромагнитного усилия; 2) не должно быть провисания якоря электромеханического преобразователя, выражающегося в свободных затухающих колебаниях после его возврата в исходное положение. Его уменьшают, варьируя частоту ударов и величину технологического зазора между острием гравера и поверхностью заготовки.

Кроме уточнения математической модели УВГ, необходимой для назначения режимных параметров процесса, виброакустические исследования позволяют отслеживать состояние режущего инструмента. Диагностика износа гравера данным методом весьма эффективна и не требует конструкторской доработки гравировально-фрезерного станка.

**САМОСИНХРОНИЗАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ВИБРАЦИИ,
КАК ПРИЧИНА ВОЗНИКНОВЕНИЯ НИЗКОЧАСТОТНЫХ БИЕНИЙ**
*SELF-SYNCHRONIZATION OF VIBRATING SOURCES IS THE REASON
OF OCCURRENCE LOW-FREQUENCY PALPATIONS*

А.Н. Осмехин – аспирант, Б.А. Гордеев – д.т.н., профессор
Нижегородский филиал Института машиноведения им. А.А. Благонравова РАН

Abstract. In given article the principal causes causing low-frequency fluctuations of building designs are considered and ways and devices for their decrease are offered. Results of the researches spent in testing laboratory and the Nizhniy Novgorod branch IMASH the Russian Academy of Sciences are resulted. Various methods of decrease in vibration and as consequence elimination of low-frequency fluctuations are considered.

Не подверженное действию внешних сил тело, вращающееся с постоянной угловой скоростью ω вокруг одной из своих главных центральных осей инерции, находится в состоянии динамического равновесия, характеризующегося равенством нулю главных вектора и момента неуравновешенных сил.

$$\sum F_i = w^2 \sum m_i r_i = w^2 \sum D_i = w^2 D_i = w^2 m_p e_{cn} = 0$$
$$\sum M_i = \sum z_i \times F_i = w^2 \sum m_i r_i \times z_i = w^2 \sum D_i \times z_i = w^2 M_D = 0$$

Известны виды неуравновешенности: статическая неуравновешенность, моментная неуравновешенность, динамическая неуравновешенность. В любом из вариантов неуравновешенности ротора при его вращении возникают дополнительные перегрузки в подшипниках, являющиеся причиной возникновения вибраций, передающихся на опоры. В задачах взаимодействия источника возбуждений с линейной одномассовой системой кроме уравнений колебаний необходимо рассматривать уравнения, которые описывали бы динамику источника возбуждения. Уравнение движения можно представить в виде:

$$m\ddot{x} + (c_1 + c_0)x = \varepsilon(c_1 r \sin \varphi - k\dot{x})$$

Уравнение, описывающее динамику источника возбуждения, т.е. вращение ротора двигателя:

$$I\ddot{\varphi} = \varepsilon[L(\dot{\varphi}) - H(\dot{\varphi}) + c_1 r(x - r \sin \varphi) \cos \varphi]$$

Уравнение $L(\Omega) - S(\Omega) = 0$ - является уравнением динамического равновесия моментов, действующих на вал двигателя.

Функция $S(\Omega)$ характеризует момент сил сопротивления вращению вала двигателя.

Балансировка быстро вращающихся роторов влияет на долговечность их опор, а так же определяет надежность. Колебания ротора на подвижных виброопорах зависят не только от величины дисбаланса, но и от неравномерных сил привода силового агрегата.

Эффект синхронизации приводит к тому, что многие силовые агрегаты устанавливаемые на одном и том же основании взаимодействуют друг с другом вследствие чего, появляются дополнительные источники вибрации с близкими частотами.

При дальнейшей работе в нелинейных режимах эти источники взаимодействуют друг с другом порождая низкочастотные колебания.

Одним из путей снижения действия вибрации является изолирование её источников друг от друга. Виброизолирующие устройства должны обладать широкой полосой настройки на различные режимы. Экспериментально установлено, что наиболее полно удовлетворяют данным требованиям гидравлические виброопоры с управляемыми магнито-реологическими трансформаторами.

**ПРИМЕНЕНИЕ В СИНХРОНИЗИРУЮЩИХСЯ МЕХАНИЧЕСКИХ
СИСТЕМАХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ВИБРООПОР И ИХ
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ**

*APPLICATION AND ECONOMIC EFFICIENCY OF HYDRAULIC
VIBRATORY BEARINGS IN SYNCHRONIZED MECHANICAL SYSTEMS*

А.Б.Гордеев - ст. преподаватель

Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета

Abstract. The transient rotation of the asynchronous electric motor is studied under external loading generated by a vibrating field.

В нелинейных системах явления синхронизации и захватывания частоты при переходных режимах работы, могут приводить к разрушению силовых агрегатов. Эти процессы усугубляются влиянием внешних вибрационных полей, которые могут приводить к значительному затягиванию времени переходных процессов в энергоемком виброактивном оборудовании. Возрастание времени переходных процессов, в свою очередь, приводит к увеличению энергопотребления и дополнительному росту виброактивности энергоемкого оборудования, появлению низкочастотных составляющих спектра вызывающих снижение ресурса работы силовых агрегатов и способствующих разрушению инженерных конструкций за пределами источников вибрации.

Одним из видов переходного режима работы электродвигателя является синхронизация частоты вращения ротора внешними источниками вибрации во время разгона из состояния покоя до номинальной угловой скорости вращения ротора. Режим синхронизации электродвигателей обуславливается действием на них внешних вибрационных полей. Причем частота внешнего вибросигнала не совпадает с номинальной частотой вращения ротора электродвигателя.

Предварительные экспериментальные исследования вибрационных полей проводились на электровозе ВЛ 80С № 1473, когда все силовое оборудование крепилось на штатных опорах. Затем все испытуемое оборудование устанавливалось на гидроопорах. Испытания проводились в тех режимах, как при предварительных исследованиях.

Целесообразно все испытанные силовые агрегаты электровозов установить на гидроопоры, что обеспечит увеличение их ресурса минимум на 10-15%, и снизит негативное воздействие вибрации на обслуживающий персонал и повысит экономичность работы вспомогательного электрооборудования.

Работа выполняется при частичной финансовой поддержке Гранта РФФИ № 08-08-970557-Р_Поволжье.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ
В НАГРУЖЕННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ
МЕТОДОМ АКУСТОУПРУГОСТИ**
*EVALUATION OF MECHANICAL STRESSES IN LOADED OBJECTS
BY A METHOD OF ACOUSTOELASTICITY*

С.В.Казачек - инж.¹, А.В.Камышев - к.т.н., нач.отд.проч.², Н.Е. Никитина - д.т.н., г.н.с.¹

¹ Нижегородский филиал Института машиноведения им. А.А. Благодирова РАН,

² ООО Инженерная фирма «ИНКОТЕС»

Abstract. Opportunities of the nondestructive ultrasonic method for evaluation of stresses are shown by an example of measuring of non-design axial stresses in technological pipelines. The results of application of acoustoelasticity effect realized in device IN-5101A are given for carrying out direct measurements of mechanical stresses «in situ» in pipelines of the main equipment of compressive stations. Features of application of the acoustoelasticity method for measuring stresses in working objects are considered.

Экспериментальные исследования выполнены с помощью метода акустоупругости, обладающего следующими преимуществами 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.

В ходе работы по выявлению возможностей метода акустоупругости в области определения напряжений уже нагруженных конструкций мы рассмотрели несколько подходов (способов), работоспособность которых подтвердили на реальных объектах в полевых условиях. Практически закрепились три из них, а именно:

1. Измерение начальных акустических параметров (собственной акустической анизотропии материала) на образцах исследуемого материала без нагрузки. Является наиболее удобным и надежным способом, за счет малого количества точек измерений на объекте контроля.

2. Определение начальных акустических параметров непосредственно на объекте контроля в разгруженных (ненагруженных) точках, выбранных с помощью расчета аналитическим или численным методом.

3. Определение разницы механических напряжений в двух точках нагруженной конструкции. Наибольшая эффективность определения напряженного состояния достигается совместно с расчетными методами.

Эксперименты проведены на трубопроводных обвязках газоперекачивающих станций с использованием портативного прибора ИН-5101А, разработанного фирмой «ИНКОТЕС». Выявлено неплохое соответствие результатов определения напряжений в трубопроводах ультразвуковым методом и расчетом методом конечных элементов, по результатам геодезических измерений.

Результаты экспериментов позволяют надеяться на успешное внедрение ультразвукового метода определения механических напряжений в практику неразрушающего контроля нагруженных объектов.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (код проекта 10-08-01108).

ПРОВЕРКА ГЕОМЕТРИИ ФАКЕЛА РАСПЫЛА ФОРСУНКИ ДЛЯ БЕНЗИНОВОГО ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

GEOMETRIC TEST OF INJECTOR FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE

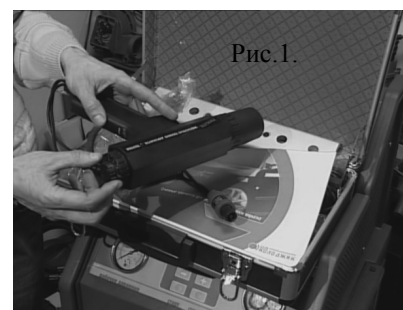
А.А.Гудожников – к.т.н., доц., А.П.Федин – к.т.н., доц., Н.М.Зотов – к.т.н., доц.
Волгоградский государственный технический университет

Abstract. Method of the geometric test of injector for internal combustion engine is suggested.

В настоящее время достаточно большой процент обращений клиентов на СТО связан с дефектами и отказами в работе топливной системы. Основная причина - качество топлива на АЗС. При работе двигателя на топливе даже хорошего качества система впрыска, в том числе и форсунки, постепенно загрязняется. Главной причиной является неизбежное присутствие тяжелых фракций в составе бензина. Наиболее интенсивно накопление отложений происходит сразу после остановки двигателя. В это время температура корпуса форсунки возрастает за счет нагрева от горячего двигателя, а охлаждающее действие потока бензина отсутствует. Легкие фракции бензина в рабочей зоне форсунки испаряются, а тяжелые накапливаются в виде лаковых и трудно смываемых смолистых отложений, уменьшающих сечение калиброванного канала. Не случайно многие официальные дилеры уже давно рекомендуют проведение профилактических работ по обслуживанию топливных систем при проведении плановых ТО. Зачастую клиенты обращаются на СТО внепланово, после "неудачной" заправки.

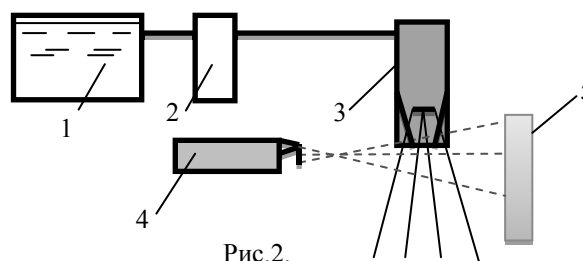
В настоящее время все современные бензиновые автомобили оснащаются электронными системами впрыска топлива с электронными форсунками. Форсунки являются основным элементом в топливной системе, поэтому от неё зависит вся работа двигателя в целом. Для проверки работы бензиновых форсунок ведущими мировыми производителями диагностического оборудования производятся специальные установки для диагностики и комплексного обслуживания. Наиболее широкое распространение получили установки BOSCH(Германия), LAUNCH(Китай). По функциональным особенностям эти стенды абсолютно идентичны.

Форсунки тестируются по следующим параметрам: 1)производительность; 2)герметичность; 3)проверка геометрии факела распыла. Последний способ относится к так называемому телевизионному способу проверки, что позволяет лучше простой подсветки визуализировать факел распыла-это один из основополагающих тестов, т.кон позволяет определить в каком состоянии находится калибровочное отверстие форсунки(деформировано оно или нет). Производители установок предлагают данный метод опционально и крайне не дешево в виде специального стробоскопа (рис.1).



Предлагаемый метод позволяет доработать (при сравнительно низких затратах) установку и более лучше визуализировать факел распыла. Особенность метода заключается в применении специального экрана и добавлении красителя в проверочную жидкость.

Экспериментальные исследования проводились с помощью стенда, структурная схема которого приведена на рис.2. Согласно схеме, рабочая жидкость из контейнера 1 с помощью нагнетателя 2 с электрическим приводом под давлением поступает на исследуемую форсунку 3, которая создает факел распыла определенной геометрии. Для визуализации факела распыла используется источник света 4 и специальный экран 5.



ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРОПОВЕДЕНИЯ КОНСТРУКТИВНО-ПОДОБНОЙ МОДЕЛИ ЛОПАСТИ ВОЗДУШНОГО ВИНТА САМОЛЕТА ИЛ-112В
THE INVESTIGATION OF VIBRATION BEHAVIOR OF THE AIRCRAFT IL-112V PROPELLER VANE MODEL

А.М. Кокуров – студент

Московский государственный технический университет «МАМИ»

Abstract. The paper describes method and results of experimental and calculated investigations of self-resonant frequency and mode shapes of the new generation military and transport aircraft IL-112V propeller vane.

В ближайшей перспективе на смену выводимого из эксплуатации военно-транспортного самолета АН-12 должен прийти турбовинтовой аппарат ИЛ-112В. Применительно к нему в ОАО «НПП «Аэросила» завершаются работы по созданию опытного образца многолопастного флюгерно-реверсивного воздушного винта-вентилятора АВ-112, рис.1. Его конструкция отличается большим числом широкохордных лопастей с новым аэродинамическим профилем, что должно обеспечить высокий КПД в широком диапазоне скоростей полета. В докладе рассмотрены методические подходы и приведены результаты экспериментальных и расчетных исследований собственных (резонансных) частот и форм колебаний конструктивно-подобной (уменьшенной) модели одиночной лопасти винта данного типа.

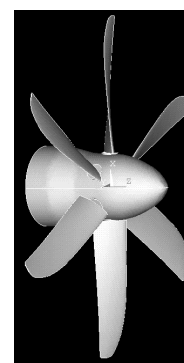


Рисунок 1.
Винт-вентилятор АВ-

Экспериментальные исследования осуществлялись с использованием высокоточных бесконтактных методов голографической виброметрии [1] на специальном стенде ИМАШ РАН. На предварительном этапе выполнялись методические и наладочные работы с определением виброхарактеристик упрощенного (тестового) образца – консольно-зашемленной прямоугольной пластины [2]. Для нагружения применялся пьезоэлектрический возбудитель (типа вибратора Дж. Маркса). Отмечено, что расхождение между опытными и расчетными (МКЭ, ANSYS) значениями собственных частот здесь не превышало 3%.

Испытания модели лопасти проводились в частотном диапазоне 0,1÷35 кГц. На рис. 2 приводятся некоторые типичные голографические картины полос (визуализирующие поля амплитуд резонансных колебаний) в сопоставлении с данными численного МКЭ-анализа. Полученные результаты предполагается использовать в дальнейшем для корректировки (валидации) расчетной схемы модели винта на этапе подготовки к ее испытаниям в аэродинамической трубе ФГУП ЦАГИ.

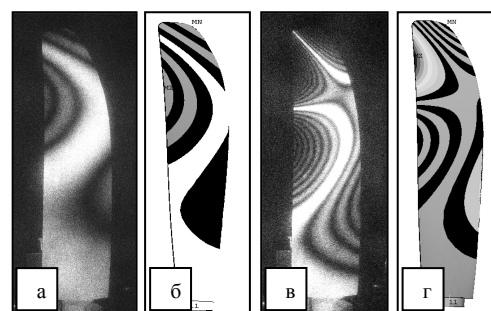


Рисунок 2.

Интерферограммы усреднения по времени (а, в) и соответствующие расчетные поля амплитуд (б, г) резонансных колебаний модели лопасти

Литература

1. Апальков А.А., Одинцев И.Н., Смотров А.В. Определение основных динамических характеристик конструкций с использованием голографической интерферометрии / Колебания, прочность и ресурс авиационных конструкций и сооружений // Труды ЦАГИ. – 2001. – С.162-164.
2. Кокуров А.В., Одинцев И.Н. Определение виброхарактеристик элементов конструкции голографическим методом // Тезисы докладов МИКМУС-2009. – ИМАШ РАН. – 2009. – С.208.

СЕКЦИЯ 10

Студенческая секция

О ЗАВИСИМОСТИ АУТОГЕЗИИ НАНОСИСТЕМ ОТ ДИСПЕРСНОСТИ

ABOUT DEPENDENCE OF AUTOHESION NANOSYSTEMS FROM DISPERSION

П.Ю. Бегов – студент, Д.В. Арепьев – студент, А.Л. Суменков – к.т.н., доц.
Новомосковский институт (филиал) РХТУ им. Д.И. Менделеева,
Новомосковск

Abstract. Influence of the medium-sized particles inside nanosystem (aluminum oxide) on the autohesion is investigated.

Наноматериалы и нанотехнологии все более широко используются в новых производствах разных отраслей промышленности: машиностроения, химической, строительной и т.д. К наносистемам относятся и ультрадисперсные порошки (УДП), т.е. порошки с размерами частиц менее 0,1 мкм. Они обладают особенными свойствами: более низкими температурами плавления и спекания, наличием неравновесных фаз, изменены и другие физические и химические свойства. При переработке наносистем осуществляются различные механические процессы. Однако информации об исследовании транспортирования, уплотнения, дозирования, прессования ультрадисперсных порошков, а также об их структурно-механических характеристиках (СМХ), определяющих качество проведения этих процессов, в научно-технической литературе не обнаружено.

Аутогезия (слипаемость) и коэффициенты внутреннего и внешнего трения являются важнейшими структурно-механическими характеристиками порошков. Т.к. структурно-механические характеристики УДП «отвечают» за качество проведения многих процессов с участием порошков, а сами СМХ очень чувствительны к весьма незначительным изменениям параметров окружающей атмосферы (температуры, влажности, давления) и существенно зависят от гранулометрического и фазового состава порошков, то имеется возможность получать ультрадисперсные порошки с заранее заданными структурно-механическими характеристиками. Это, в свою очередь, даст возможность оптимизировать процессы переработки порошков.

В настоящей работе исследовалась зависимость аутогезионной прочности наносистем от их дисперсности.

Объектами исследования являлись ультрадисперсные порошки (наносистемы) оксида алюминия со средним размером частиц от 0,03 до 1 мкм и порошки алюминия с величиной удельной поверхности от 0,2 до 0,5 м²/г. Порошки оксида алюминия были получены плазмохимическим способом и имели сферическую форму частиц, порошки алюминия – при газовой классификации исходных порошков, они также имели сферическую форму частиц. Дисперсный состав определяли по методу БЭТ и на основе электронно-микроскопических фотографий.

Аутогезионная прочность (прочность при разрыве) определялась по методу отрыва пластины со слоем порошка от порошкового тела по известной методике. В состав силоизмерителя входили тензометрическая рамка, измеритель деформаций, пишущий прибор.

В результате проведенных исследований выяснено, что аутогезия (слипаемость) всех порошков возрастает с уменьшением среднего размера частиц. Резкое увеличение прочности при разрыве у наносистем со средним размером частиц менее 0,1 мкм можно, по-видимому, объяснить увеличением доли поверхностной энергии и числа некомпенсированных связей на поверхности.

**ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ
ДВУХЭТАЖНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ ПУТЕМ
ВВЕДЕНИЯ В КОНСТРУКЦИЮ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ
ЭВАКУАЦИОННЫХ ВЫХОДОВ**
*THE ESTIMATION OF THE POSSIBILITY OF THE INCREASE
OF THE DOUBLE-DECK CARRIAGE'S SAFETY BY THE INTRODUCTION
OF THE EXTRA EMERGENCY EXITS IN THE STRUCTURE*

В.А.Лебедев – студент
Брянский государственный технический университет

Abstract. Emergency exits in the roof structure of the double-deck carriage were done for the raising the standards of safety in the time of the passengers' transportation using railway transport. The analysis of the resistance of the body double-deck carriage with the emergency exits on the roof was done.

При крушении пассажирских поездов зачастую происходит опрокидывание вагонов на боковую стену. Опыт расследования последствий таких катастроф показал, что при опрокидывании кузова вагона на бок часть аварийных выходов блокируются, а доступ к остальным выходам осложнен, они расположены на противоположной боковой стене, занявшей потолочное положение.

В связи с этим предложен вариант несущей конструкции кузова двухэтажного вагона производства ОАО «ТВЗ» модели 61-4465, предусматривающий прямоугольные отверстия в крыше над коридором второго этажа для обеспечения эвакуации пассажиров вагона лежащего на боковой стене.

Поскольку предложенные усовершенствования затрагивают несущую конструкцию кузова, произведен анализ его прочности методом конечных элементов. Для этого разработана пластинчатая конечно-элементная модель кузова вагона, состоящая из 190 тыс. элементов, соединенных 180 тыс. узлами, обладает 1100×10^3 степенями свободы. Сравнив результаты, полученные экспериментальным и расчетным путем, можно сделать вывод об адекватности конечно-элементной модели.

В конечно-элементную модель были внесены изменения, в соответствии с предложенными в работе усовершенствованиями кузова, в крыше над коридором предусмотрены три прямоугольных отверстия размерами 600×730 мм, находящиеся на расстоянии 6970 мм, 12960 мм, 20630 мм от концевой балки тормозного конца вагона. Расположение люков целесообразно по длине в связи с уменьшением времени эвакуации и ширине – минимального изменения внутреннего оборудования вагона. В местах расположения аварийных люков дополнительно введены усиления.

В работе произведен анализ напряженно-деформированного состояния кузова вагона с вырезами от нагрузок, рекомендуемых нормативными документами на проектирование вагонов. Сравнение результатов показало, что напряжения в конструкции кузова с вырезами для люков практически не отличаются от исходного варианта.

Дополнительно выполнен расчет прочности кузова вагона с установленными крышками люков от нагрузок действующих на кузов вагона при его опрокидывании на бок. Предложенный вариант изменения несущей конструкции кузова не значительно влияет на его напряженно-деформированное состояние, из чего можно сделать вывод о применимости подобного варианта изменения в конструкциях вагонов производства ОАО «ТВЗ».

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА *COMPUTING MODEL OF ECONOMICAL MANUFACTURING*

М.В.Архипов - асп., В.Г.Зиненко - к.э.н., проф.,

Е.Б.Иванов - студент, С.С.Король - студент

Московский Государственный Индустриальный Университет (ГОУ МГИУ)

Abstract. Toyota's management philosophy has evolved from the company's origins and has been reflected in the terms "Lean Manufacturing" and Just In Time Production, which it was instrumental in developing.⁴¹ Toyota's managerial values and business methods are known collectively as the Toyota Way.

В практике мировых компаний все большее распространение получает концепция развития производства, такая как Философия «Lean», то есть концепция бережливого производства. Сущность этой концепции сводится к вовлечению в процесс оптимизации бизнеса каждого сотрудника и максимальной ориентацией на потребителя. «Lean» является прикладной формой нелинейного менеджмента, основанного на неуклонном стремлении к устранению всех видов потерь и использующего принципы самоорганизации, эволюции и адаптации, охватывая не только само предприятие, но и его коллектив, поставщиков и всё общество в целом.

В конце 2007 г. был дан старт производству на заводе Тойота Мотор, который занимается только крупно узловым сборкой нескольких моделей автомобиля. На примере данного предприятия рассматривалась задача применения японского опыта производства и предложения по адаптации его на российском предприятии, на основе исследования технологических операций сборки. В рамках технологического процесса сборки контролировалось исполнение технологических операций точно в срок, а предложения по оценке базировались на коррекции вспомогательного времени.

Объектом исследования служат процессы операций сборочного производства легковых автомобилей на российском заводе Тойота Мотор. Производственный цикл сборочного процесса представляет собой общую продолжительность комплекса координированных во времени простых процессов, входящих в сложный процесс изготовления изделия или его партий. Процесс сборки делится на 4 этапа: начальная сборка (Trim); установка подвески и двигателя (Under body); окончательная сборка (Final) и тесты.

Исследования полученной модели позволили сделать следующие выводы: - оптимизация издержек может производиться за счет сокращения непроизводительных затрат; - повысить эффективность управления производством возможно за счет контроля производственного процесса во времени; - предварительное имитационное моделирование позволяет определить возможности предприятия по увеличению выпуска продукции, выявить диспропорции в загрузке оборудования и ликвидировать их, обеспечить пропорциональность производственных процессов.

Литература

1. Архипов М.В., Мустафин Д.А., Зиненко В.Г. Методология антикризисного управления предприятием на основе концепции «Философии Лин» // Сборник тезисов докладов «Молодые ученые – промышленности, науке и профессиональному образованию: проблемы и новые решения / КФ МГИУ. – М., 2009
2. Джеффри Лайкер, Дэвид Майер. Практика ДАО Toyota: Руководство по внедрению принципов менеджмента Toyota / Пер. с англ. – 3-е изд. – М.: Альпина Бизнес Брукс, 2008

АВТОМАТИЗАЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИ ВУЗАХ

AUTOMATION OF SMALL ORGANIZATIONS ACTIVITIES AT HIGH SCHOOLS

М.В.Архипов – асп., О.Н.Герасина - д.э.н., проф.,

С.С.Девочкина – студент, И.А.Фомин - студент

Московский Государственный Индустриальный Университет (ГОУ МГИУ)

Abstract. For small business owners, weighing the pros and cons of automation can be a daunting task. But consultants contend that it is an issue that should not be put off. "Failure to take a strategic look at where the organization wants to go and then capitalizing on the new technologies available will hand death-dealing advantages to competitors - traditional and unexpected ones."

Для координации работы малых предприятий, помощи в управлении деятельностью по инновационным разработкам, необходима информационная поддержка. Одним из перспективных программных продуктов может считаться система менеджмента инновационных проектов (СМИП). В функции данной автоматизированной системы заложен механизм управления инновационными проектами, куда входит планирование и управление ходом работ по созданию инноваций, экономическая оценка инвестиций и денежных потоков по проекту, а также разработка модели риска принятия решений. В настоящее время работа комплекса включает методику по преобразованию входной информации цифрово-аналитического характера, в схемно-графические модели которые дают возможность наглядного контроля и управления инновационным проектом на протяжении отдельных стадий жизненного цикла.

Программно-методический комплекс включает следующие модули:

- модуль метода функционально-стоимостного анализа;
- модуль сетевого планирования;
- модуль оперативно-календарного планирования;
- модуль расчета себестоимости.

Программно-методический комплекс (СМИП) создается в Московском государственном Индустриальном Университете, специалистами в области автоматизации и экономики производственных процессов. В большинстве случаев инновационные и инициативные проекты поддерживаются малым творческим коллективом, в состав которого могут и не входить экономисты. Поэтому возникает необходимость в программе, которая относительно проста и понятна.

Литература

1. Зыков А.А. Основы теории графов, - М.: Наука, 1987. – 384 с.
2. Архипов М.В., Герасина О.Н., Силов А.А., Алгоритм построения компьютерной сетевой модели планирования инновационных проектов //Сбор. тезисов докладов 4-й региональной научно-практич. студ. конф. /КФ МГИУ. – М.: 2008, с.11

ОБОСНОВАНИЕ НЕСУЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ КУЗОВА ПАССАЖИРСКОГО ВАГОНА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ С ОДНОСЛОЙНОЙ ОБШИВКОЙ

THE SUBSTANTIATION OF THE FRAMING OF THE NEW GENERATION CAR BODY OF PASSENGER TRAIN WITH A SINGLE-LAYER CASING

С.Г. Шорохов - студент

ГОУ ВПО «Брянский государственный технический университет»

Abstract. The substantiation of the framing of the new generation car body of the passenger coach with a straight single-layer casing of the pier and over window's strake, which is stiffened the stringers, was executed.

Выполнено обоснование варианта сварной несущей конструкции кузова пассажирского вагона нового поколения. Отличительной особенностью предлагаемого варианта является замена двухслойной обшивки боковых стен в межконных простенках и надоконном поясе на однослойную обшивку, подкрепленную стрингерами.

Несущие конструкции существующих пассажирских вагонов нового поколения производства ОАО «Тверской вагоностроительный завод» в межконных простенках и надоконном поясе имеют двухслойную обшивку, сформированную из гладкого наружного и внутреннего гофрированного листов, соединенных между собой точечной сваркой.

Применение в конструкции боковой стены двухслойной обшивки связано с необходимостью изготовления ее листов из дорогостоящей нержавеющей стали. Также наличие двухслойной обшивки приводит к значительному усложнению технологии сборки боковой стены и монтажа теплоизоляционного слоя.

В работе предложен вариант несущей конструкции кузова пассажирского вагона, в котором в межконных простенках и надоконном поясе применена обшивка из гладких стальных листов толщиной 1,5 мм, устойчивость которых обеспечивается установкой продольных стрингеров.

Обоснование количества устанавливаемых стрингеров и характеристик их поперечного сечения выполнено на основе анализа напряженно-деформированного состояния кузова вагона.

Оценка несущей способности конструкции кузова пассажирского вагона с различными вариантами подкрепления гладкой обшивки производилась на основе метода конечных элементов.

В среде промышленного программного комплекса Siemens PLM Software Femap 10.0 с решателем NX Nastran 7.0 были разработаны детализированные пластинчато-стержневые конечноэлементные расчетные схемы несущей конструкции кузова вагона.

Особенностью расчетных схем является моделирование элементов подкрепляющего набора стержневыми конечными элементами. Листы гладких участков обшивки боковых и торцевых стен, а также настила пола, моделировались пластинчатыми конечными элементами, имеющими изотропные характеристики материала. Гофрированные участки настила пола смоделированы пластинчатыми элементами с ортотропной моделью материала.

Оценка адекватности разработанных конечноэлементных моделей производилась путем сопоставления результатов расчетов с данными натурных стендовых испытаний, проведенных ЗАО НО «Тверской институт вагоностроения».

Нагружение модели осуществлялось сочетанием усилий, предусмотренных нормативной документацией на проектирование пассажирских вагонов.

На основе анализа напряженно-деформированного состояния и массы рассматриваемых конструктивных исполнений металлоконструкции кузова вагона определен наиболее рациональный вариант.

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ
АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ ПРИ НЕИСПРАВНОСТИ
КОЛЕСНЫХ ПАР ВАГОНОВ**

*THE DEVELOPING OF THE METHODOLOGY OF THE EVALUATION
OF THE RISK OF THE ORIGIN OF AN ACCIDENT BECAUSE
OF A DEFECT OF CARRIAGE WHEEL PAIRS*

С.Г. Шорохов - студент

ГОУ ВПО «Брянский государственный технический университет»

Abstract. The methodology of the evaluation of the risk of the origin of an accident because of a defect of passenger carriages' wheel pairs on the ground of the construction of an event tree and mathematic simulation of the carriage's movement was developed.

Важную роль в обеспечении безопасности движения поездов играет техническое состояние ходовых частей вагонов, в частности, колесных пар. При восприятии эксплуатационных нагрузок, действующих на вагоны, колесные пары получают повреждения, имеющие различный физический характер, что способствует риску возникновения аварий. Своевременное обнаружение и устранение дефектов ходовых частей снижает вероятность наступления аварийной ситуации. При этом основной объем работ по обнаружению неисправностей проводится на пунктах технического обслуживания, от работы которых во многом зависит безопасность движения поездов.

При разработке методики оценки риска возникновения аварийной ситуации проведен анализ неисправностей колесных пар на основе построения «дерева событий» для случая схода вагона с рельсов при ошибке обслуживающего персонала. Расчет риска возникновения аварии проведен в соответствии с требованиями вероятностного анализа безопасности.

При построении «дерева событий» были рассмотрены следующие неисправности:

- расстояние между внутренними гранями колес не соответствует установленным нормам;
- разность расстояний между внутренними гранями колес более допускаемых размеров;
- разность расстояний между внутренними гранями колес и торцами оси более допускаемых размеров;
- разница диаметров колес по кругу катания более допускаемых размеров;
- ослабление ступиц колес на оси;
- сдвиг ступиц колес на оси.

Анализ конечных состояний для каждого из видов отказа осуществлялся на основе моделирования движения пассажирского вагона с указанной неисправностью колесной пары по реальным неровностям пути в скоростном интервале 20-200 км/ч. Для этого была разработана твердотельная динамическая модель пассажирского вагона на тележках безлюлочного типа, представляющая собой систему абсолютно твердых тел, связанных между собой шарнирами, упруго-диссипативными и контактными силовыми элементами. Особенностью модели является возможность учета рассматриваемых неисправностей.

Проведены многовариантные расчеты, позволившие оценить влияние указанных неисправностей на риск возникновения аварийной ситуации, связанной со сходом вагона с рельсов. На основе результатов расчетов и учета возможности ошибки оператора при проведении технического осмотра определено влияние неисправностей колесных пар пассажирских вагонов на тележках безлюлочного типа на риск возникновения аварийной ситуации. Предложенная методика оценки риска аварии пассажирского вагона вследствие неисправности колесных пар реализована в виде программной процедуры пакета Microsoft Excel.

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ НАГРУЖЕННОСТИ
НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ВАГОНОВ-ПЛАТФОРМЫ
ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ДЛИННОМЕРНЫХ ГРУЗОВ**
*DEVELOPMENT OF THE METHOD OF THE INVESTIGATION
OF THE STRESS LOADING OF FLAT CARS' BEARING ELEMENTS
FOR THE TRANSPORTATION LONG GOODS*

Ю.А.Чиграй – студент

Брянский государственный технический университет

Abstract. The method of the estimation of the resistance of the flat cars' bearing elements on the base of the qualified mathematical modeling of the interaction of the goods with the flat cars' constructions is developed.

При оценке усилий взаимодействия длинномерных грузов с несущими конструкциями вагона традиционно используются приближенные аналитические зависимости, приведенные в нормативной документации на проектирование грузовых вагонов. Зависимости для определения усилий, действующих от груза на пол, стойки и торцевые стены вагонов получены исходя из перевозки сыпучего груза, в то время как при перевозке длинномерных грузов, таких как лес в хлыстах, рельсы, трубы большого диаметра и т.д. распределение усилий значительно отличается от распределения при перевозке сыпучих грузов. Также распределение усилий взаимодействия зависит от формы поперечного сечения единиц груза, коэффициента трения единиц груза между собой и с элементами несущей конструкции вагона, способа крепления и т.д.

Предложенная методика оценки прочности несущих конструкций вагонов-платформ при перевозке длинномерных грузов основывается на твердотельном математическом моделировании условий взаимодействия единиц груза между собой и с элементами несущей конструкции вагонов. Апробация методики выполнена на примере вагона-платформы для перевозки леса в хлыстах.

При разработке методики были приняты следующие ограничения:

- бревна являются идеальными цилиндрами и имеют поверхность с постоянным коэффициентом трения;
- загрузка кузова бревнами симметричная;
- бревна и рама вагона являются абсолютно твердыми телами и позволяют учитывать упругие свойства только в точках контакта.

В качестве инструмента для исследования принят программный комплекс моделирования динамики систем тел «Универсальный механизм».

Для оценки распределения усилий, действующих от бревен на несущие конструкции вагона-платформы, разработана математическая модель взаимодействия «бревен» с элементами несущей конструкции вагона, которая представляет собой кузов в виде абсолютно твердого тела с реальными инерциальными характеристиками и 52 бревна, представленных абсолютно твердыми цилиндрами длиной 24 м и диаметром 400 мм. Описание взаимодействия элементов рамы с «бревнами» осуществляется путем введения специальных контактных сил типа «окружность – плоскость». Взаимодействие твердотельных моделей «бревен» между собой моделируется введением попарных сил типа «сфера-сфера», входящих в стандартный набор программного комплекса «Универсальный механизм». Вводимые контактные элементы позволяют учитывать коэффициенты трения в пятнах контакта и контактную жесткость взаимодействующих тел.

В результате моделирования получены эпюры статических усилий, действующих на стойки кузова от распора перевозимого груза. Сопоставление полученных результатов моделирования с использованием предложенной уточненной модели и результатов статических расчетов по нормативной документации показало, что предложенная модель позволяет более адекватно описывать взаимодействие длинномерного груза с несущими элементами вагона-платформы.

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ АНАЛИЗА ДИНАМИЧЕСКОЙ
НАГРУЖЕННОСТИ НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ВАГОНА-
ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ДЛИННОМЕРНЫХ ГРУЗОВ**
*DEVELOPMENT OF THE METHOD OF THE ANALYSIS OF THE DYNAMIC
STRESS LOADING OF FLAT CARS' BEARING ELEMENTS
FOR THE TRANSPORTATION LONG GOODS*

О.В.Попова – студент
Брянский государственный технический университет

Abstract. The method of the estimation of the dynamic stress loading of the flat cars for the transportation long goods on the base of mathematical modeling of their movement is developed.

При оценке динамической нагруженности грузовых вагонов значительное влияние оказывает адекватное описание усилий взаимодействия груза с несущей конструкцией кузова. Уточнение динамических усилий особо актуально для длиннобазных вагонов-платформ, поскольку в их конструкции единственным несущим элементом является пространственная сварная рама, в балках которой действуют напряжения близкие к допускаемым. Также уточнение динамической нагруженности несущих конструкций рам вагонов-платформ позволит более точно оценивать их усталостную долговечность и ресурс.

Среди длиннобазных вагонов-платформ наиболее распространенными являются вагоны для перевозки длинномерных грузов (леса, труб большого диаметра, рельсов и др.) В связи с этим в работе предложена методика уточненной оценки динамической нагруженности сварных несущих конструкций вагонов-платформ для перевозки длинномерных грузов с учетом взаимодействия груза с элементами вагона. В основу методики положено моделирование движения вагона-платформы по реальным неровностям пути в скоростном интервале от 20 км/ч до конструкционной скорости. Для этого разрабатываются твердотельные динамические модели вагона или сцепа из вагонов, в которых кузов вагона и основные несущие элементы ходовых частей представлены в виде абсолютно твердых тел, связанных между собой упругими, диссипативными и контактными элементами, а также вращательными и поступательными шарнирами. Перевозимый груз моделируется системой абсолютно твердых тел, связанных силовыми контактными элементами между собой и с элементами несущей конструкции кузова. При моделировании груза учитываются его геометрические особенности, коэффициенты трения поверхностей единиц груза между собой и поверхностями элементов конструкции кузова, а также соответствующие контактные жесткости. Указанные модели позволяют описывать реальное взаимодействие железнодорожного экипажа с рельсовым полотном с учетом его микронеровностей при движении вагона в кривых участках пути и по стрелочным переводам.

Предложенная методика апробирована на примере вагона-платформы для перевозки леса в хлыстах. На основе моделирования движения вагона-платформы определены осциллограммы временных зависимостей динамических усилий, действующих на стойки в процессе движения по прямому участку пути, в кривой и по стрелочному переводу в скоростном интервале 20-120 км/ч.

Осциллограммы временных зависимостей динамических усилий позволят более точно оценить прочность и усталостную долговечность сварной несущей конструкции рамы вагона-платформы для перевозки леса в хлыстах.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОРГАНИЗАЦИИ
И УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ**
*THE USAGE OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN SOLUTION
OF TRAFFIC STREAMS ORGANIZATION AND CONTROL PROBLEMS*

М.А. Самсонов – студент, **В.А. Папшев** – к.т.н., доцент
Самарский государственный технический университет

Abstract. This paper deals with questions of IT usage for traffic streams estimation when modeling the traffic at regulated junctions.

Продолжающийся неуклонный рост уровня автомобилизации неизбежно приводит к перегруженности улично-дорожной сети в городах нашей страны. При этом наиболее актуальным является состояние регулируемых пересечений. Зачастую регулируемые перекрестки уже не способны обеспечивать требуемую пропускную способность. С другой стороны, постоянно развивающиеся информационные технологии являются эффективным средством оценки оптимальности регулируемых пересечений, а также служат основой создания методик проектирования эффективно функционирующих пересечений. Известно, что оптимальная организация и управление транспортными потоками обеспечиваются выбором наилучшего их варианта для конкретной ситуации по некоторому критерию. Вместе с тем, формализация установленных зависимостей между различными факторами для обеспечения возможности решения задач организации и безопасности движения с использованием вычислительных средств предусматривает применение системного анализа. При этом, очевидно, что процесс управления дорожным движением должен быть представлен как большая система, состояние которой определяется множеством связанных между собой факторов. На рисунке 1 представлен фрагмент построенной модели оценки транспортных потоков на регулируемом пересечении г Самары.

Таким образом, при проведении необходимых организационных мероприятий в местах регулируемых пересечений, использование информационных технологий и математического моделирования позволяет решать актуальные транспортные проблемы, связанные с повышением безопасности и эффективности транспортных потоков.

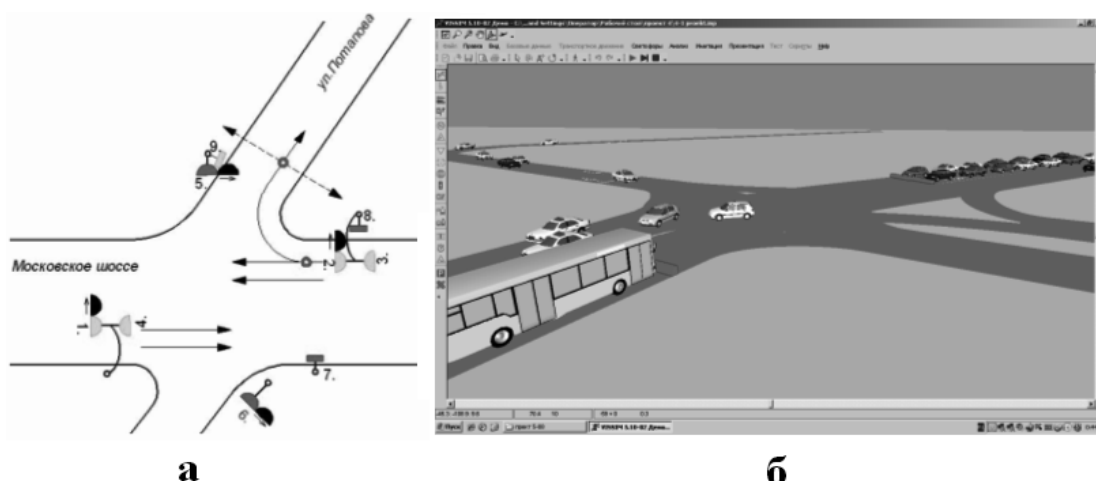


Рисунок 1. Фрагмент модели транспортного потока на регулируемом пересечении ул. Московское шоссе и ул. Потапова г. Самары

Здесь: а – схема разделения потоков, б – фрагмент модели визуализации транспортного потока

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ РЕЗЬБЫ

ULTRASONIC TOOL FOR THREAD CUTTING

И.И. Баев – студент, В.А. Папшев – к.т.н., доцент, В.Г. Шуваев – к.т.н., доцент
Самарский государственный технический университет

Abstract. The proposed ultrasonic tool permits to extend application domain and raise effectiveness of ultrasonic effect in hole thread cutting of products made of different materials.

Предлагаемый ультразвуковой инструмент предназначен для решения задачи расширения области применения и повышения эффективности ультразвукового воздействия при нарезании резьбы в отверстиях изделий из различных материалов с применением смазочно-охлаждающих жидкостей.

На рис.1 показан ультразвуковой инструмент, который работает следующим образом. Во время работы электрические колебания ультразвуковой частоты излучателя 2 преобразуются с помощью пьезопреобразователей 3 в упругие механические колебания. Ввиду того, что излучатель выполнен в виде конуса с пазами, значительно увеличивается ультразвуковое воздействие, за счет наклонных кольцевых пазов возникают крутильные колебания, которые в совокупности с продольными колебаниями усиливают воздействие на метчик. В смазочно-охлаждающей жидкости, проникшей в зазор между метчиком 8 и заготовкой (на рисунке не показана), возникают высокие мгновенные давления. Происходит образование и колебание газовых пузырьков, ударных волн, вызывающих макро- и микропотоки смазочно-охлаждающей жидкости, что позволяет смазочно-охлаждающей жидкости глубже проникать в отверстие обрабатываемой заготовки. При этом происходит снижение коэффициента трения между контактирующими в процессе резания объектами, улучшаются условия работы метчика, облегчается выход стружки, уменьшается температура в зоне резания.

Таким образом, предлагаемый ультразвуковой инструмент позволяет расширить область применения и повысить эффективность ультразвукового воздействия.

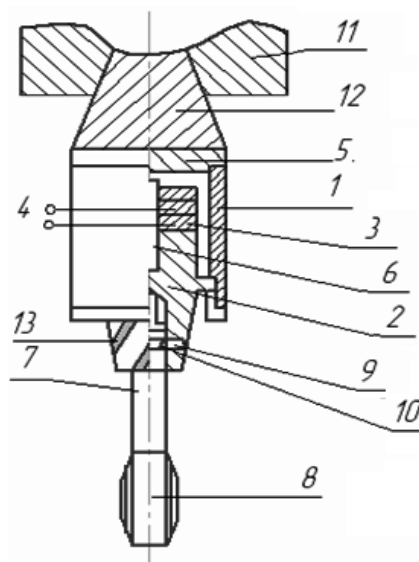


Рис.1. Ультразвуковой инструмент для нарезания резьбы

Здесь: 1- корпус, 2- излучатель ультразвуковых колебаний, 3- пьезопреобразователь, 4- источник питания, 5- крышка, 6- шпилька, 7- глухое отверстие, 8- метчик, 9- крепежный элемент, 10- отверстие для крепления метчика, 11- патрон станка, 12- конус Морзе, 13- наклонные пазы.

**МОДИФИЦИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ СКОРОСТИ РОСТА
ТРЕЩИНЫ В СТАНДАРТНОМ МЕТАЛЛИЧЕСКОМ ОБРАЗЦЕ**
*THE IMPROVED MODEL OF CRACK GROWTH RATE ESTIMATION
FOR STANDARD METALLIC SAMPLE*

О.М. Акмуллина - инженер
ФГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова»

Abstract. The crack growth rate curve is the basic fatigue property in any fatigue life prediction method based on fatigue crack propagation (FCP) theory. In this work author has developed an improved crack growth rate model, which could explain more fatigue phenomena observed in fatigue tests.

Для морских конструкций, подверженных действию циклических нагрузок в процессе эксплуатации, наиболее опасным является усталостное разрушение. Рост усталостных трещин происходит на фоне упругих деформаций, для которых справедливы критерии линейной механики разрушения. Существует много зависимостей оценки скорости роста трещины, большинство из которых практически следуют из формулы П. Париса (1), которая основана на том, что все явления в вершине трещины, а также и скорость роста трещины dl/dN зависят от коэффициента интенсивности напряжений K . Следует отметить, что формула Париса описывает линейный участок полной диаграммы усталостного разрушения.

$$dl/dN = A\Delta K^n \quad (1)$$

В теории усталостного роста трещины, кривые скорости роста трещины являются фундаментальным свойством материала для металлических конструкций, подверженных усталостному нагружению. С целью более полного описания явления усталости предлагается модифицированная модель кривой скорости роста трещины. Полученное выражение для скорости роста трещины может быть записано следующим образом:

$$dl/dN = \frac{A[K_{\max} \cdot (1 - f_{op}) - \Delta K_{effih}]^m}{1 - (K_{\max} / K_c)^n} \quad (2)$$

Модифицированная модель применима для анализа стандартных стальных и алюминиевых образцов при испытаниях на нормальный отрыв в условиях циклического нагружения.

Затраты на проведение экспериментов в значительной степени будут снижены, если принять модифицированную модель роста, так как требуется только одна кривая скорости роста трещины для прогнозирования усталостной долговечности конструкции.

Расширенная верификация данной методики обеспечивает основу для дальнейшего использования предложенной модели в расчетах усталостной долговечности.

РАСЧЁТ КОМПОЗИТНОГО ГИДРОАККУМУЛЯТОРА

ANALYSIS OF A COMPOSITE HYDRAULIC ACCUMULATOR

С.А. Гавренков – студент, бакалавр техники и технологии
ГОУ МГИУ (Московский государственный индустриальный университет)

Abstract. The modeling, calculations and stress analysis of composite hydropneumatic accumulator are discussed. It is an integral multi-layered shell structure consisting of a cylindrical vessel, two hemispherical heads, and vent of the same diameter with metal pipes. Winding algorithm of composite laminate cylindrical vessel and spherical head with steel nozzle and stress analysis using finite element method are presented.

Гидроаккумуляторы широко применяются в гидравлических системах. Они предназначены для поддержания постоянного давления в системе водоснабжения, предохраняя насос от частого включения, что способствует увеличению ресурса насоса, снижает вероятность появления гидроударов в системе, при отключении напряжения в сети выдает свой запас воды.

Гидроаккумуляторы чаще всего изготавливаются из высокопрочных углеродистых и легированных сталей, обладающих необходимыми прочностными характеристиками при рабочих температурах. Но в последнее время для их изготовления начали широко применять современные композиционные материалы. Обладая высокими удельными характеристиками, способностью к направленному изменению эксплуатационных характеристик, в лучших образцах эти весьма перспективные материалы во многих технических изделиях вытесняют высокопрочные стали и лёгкие сплавы.

В данной работе рассматриваются вопросы расчета и моделирования композитного пневмогидроаккумулятора как составной многослойной оболочечной конструкции, состоящей из цилиндрического корпуса, двух полусферических днищ, имеющих полюсные отверстия одинакового диаметра с металлическими патрубками. Благодаря наибольшей энергоёмкости при малых габаритах такие гидроаккумуляторы получили широкое распространение.

Композитная многослойная оболочка изготавливается методом непрерывной намотки: для цилиндрического корпуса рассматривается спирально-перекрестная намотка, для сферических днищ — зонная плоскостная намотка. Для определения геометрических и структурных характеристик получаемых многослойных оболочек выполнено математическое моделирование процесса намотки оболочки лентой из одномерноармированного композиционного материала на оправку.

Расчёт пневмогидроаккумулятора включает определение его общего (конструктивного) объёма, давления зарядки газом и расчёт на прочность его корпуса. В работе рассмотрены процессы сжатия и расширения газа в пневмогидроаккумуляторе и произведён анализ напряжённого состояния корпуса.

На основе анализа выбираются рациональные параметры намотки гидроаккумулятора с металлическим патрубком при решении конкретной задачи.

За счет применения композитной оболочки переменной толщины удалось существенно изменить величину и характер напряжений в оболочке вблизи патрубка.

**БЕСКОНТАКТНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ПОЛЕЙ СКОРОСТИ
В ТУРБУЛЕНТНОМ ФАКЕЛЕ МЕТОДОМ
PARTICLE IMAGE VELOCIMETRY
NON-INTRUSIVE MEASUREMENT OF VELOCITY FIELDS
IN A TURBULENT FLAME BY PARTICLE IMAGE VELOCIMETRY**

Т.А.Винокурова - студент, **В.М.Дулин** - к.ф.-м.н., м.н.с., **Ю.С.Козорезов**
Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН

Abstract. Particle Image Velocimetry (PIV) has become common optical method for measurement of velocity fields in flow of liquid or gas. It allows to measure instantaneous velocity fields in a certain plain of the flow. The present work is dedicated to the investigation of flame-flow structure by PIV method in a lifted turbulent flame under periodical forcing.

Турбулентные струйные реагирующие течения широко распространены в различных технических приложениях: сжигание попутного газа, камеры сгорания, ракетные и газотурбинные двигатели и т.п. Многообразие приложений порождает большой интерес к изучению реагирующих струйных течений в различных конфигурациях. Данная работа направлена на использование современного оптического метода измерения PIV для измерения пространственных распределений мгновенной скорости в потоке с целью анализа структуры пламени и его взаимодействия с крупномасштабными вихревыми структурами. Для анализа средней структуры фронта пламени и интенсивности турбулентного горения использовалась интенсифицированная камера, оснащенная оптическим фильтром для регистрации хемиллюминесценции радикала CH^* . С помощью PIV показана возможность повышения интенсивности горения в турбулентном факеле при одновременном использовании интенсивной закрутки и периодического возмущения. Также показано, что активное управление сильно закрученным поднятым пламенем может быть использовано для подавления прецессии вихревого ядра.

На рис. 1 (б) и (в) представлены фотография и измеренные распределения средней скорости и концентрации CH^* радикала поднятого пламени. На фотографии видно как естественное свечение пламени, так и яркие трассерные частицы (время экспозиции 100 мс), освещаемые лазерным "ножом" в течение 10 нс. Распределение радикала CH^* характеризует интенсивность турбулентного горения.

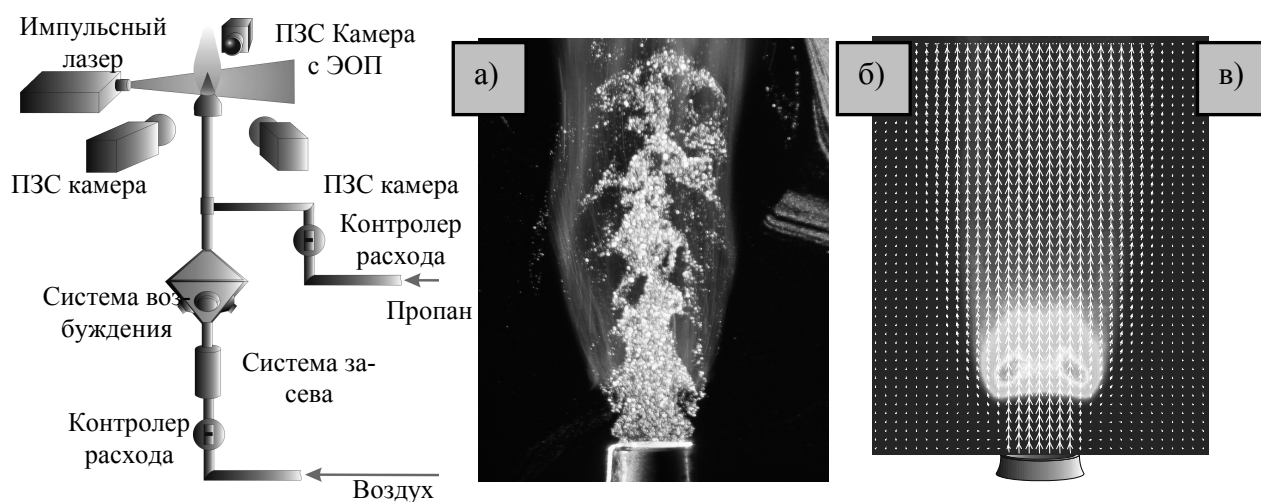


Рис.1 (а) схема экспериментальной установки. (б), (в) Фотография и измеренные распределения средней скорости и концентрации CH^* радикала поднятого пламени $\Phi = 2,5$; $Re_{\text{воздух}} = 4 \cdot 100$ под внешним периодическим воздействием с частотой 300Гц.

**ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕФОРМИРОВАНИЯ
И РАЗРУШЕНИЯ МОДЕЛИ ДВОЙНОГО БОРТА СУДОВОГО
КОРПУСА ПРИ ВНЕДРЕНИИ ПОЛУСФЕРИЧЕСКОГО ШТАМПА**
*DEFORMATION AND FAILURE NUMERICAL ANALYSIS FOR SHIP HULL
DOUBLE SIDE DURING HEMISPHERICAL INDENTER PENETRATION*

Е.Г. Василик - инженер
ФГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова»

Abstract. Nonlinear finite element method can greatly help in analyzing ship collision problem. In the work a numerical analysis of deformation and failure for hull double side during indenter penetration was done. The results of simulation were analyzed and compared.

Представлены результаты расчёта деформирования и разрушения модели двойного борта судна навалочного типа при внедрении штампа методом конечных элементов. Расчёты выполнены с применением программного комплекса LS-DYNA.

Рассмотрена модель перекрытия двойного борта с шестью рамными шпангоутами и шестью стрингерами. В расчетной модели бортового перекрытия использовались оболочные конечные элементы (КЭ) Shell 163. Сетка неравномерная, в области контакта перекрытия со штампом произведено сгущение стеки. Скорость внедрения штампа 0.1 м/с.

Для моделирования нелинейных физических свойств материала перекрытия использована модель Купера-Саймондса. Разрушение конструкции рассматривалось как процесс последовательного исключения КЭ из расчета перекрытия по мере достижения интенсивности относительных деформаций в области КЭ предельно допустимой величины. В задаче контакта штампа с обшивкой учитывалось трение. Анализ деформирования перекрытия выполнен при внедрении штампа радиусом 50 мм и 200 мм.

В расчете определялись: усилие взаимодействия штампа с перекрытием и энергия деформирования, а также характер разрушения перекрытия. Построены зависимости расчетных параметров от величины проникновения штампа в бортовое перекрытие. Представлена зависимость характера разрушения перекрытия от радиуса штампа.

ВИБРОУСТОЙЧИВОСТЬ СТАНКОВ С ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ КИНЕМАТИКОЙ И СПОСОБЫ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ

VIBROSTABILITY OF PARALLEL KINEMATICS MACHINE-TOOLS AND METHODS OF ITS INCREASING

О.В.Пась – студент

Московский государственный университет приборостроения и информатики

Abstract. Described current state of research area, which focused on analysis of the dynamics of parallel kinematics machine-tools, extracted some aspects of the dynamic behavior of these mechanisms and also examined vibration control methods.

Станки, в несущих системах которых применяются механизмы параллельной структуры, являются перспективным направлением развития технологического оборудования. Такие механизмы компактны, мало весят и при этом обладают высокой жесткостью, что обусловлено работой телескопического устройства на растяжение-сжатие и равномерным распределением усилий по всей структуре. Таким образом, станки с параллельной кинематикой оптимально подходят для скоростной обработки деталей с высокой точностью.

Однако, как показали экспериментальные исследования, статическая жесткость несущих систем на основе механизмов параллельной структуры зачастую оказывается относительно низкой, а легковесность конструкции делает станок чувствительным к механическим колебаниям. В итоге виброустойчивость станков с параллельной кинематикой на некоторых режимах обработки оказывается недостаточной, что проявляется в наличии вибрационного следа на обрабатываемой поверхности [1].

Можно выделить следующие особенности динамики несущих систем на основе механизмов параллельной структуры:

- динамическое поведение механизма с параллельной структурой (собственные частоты, форма колебаний и т.д.) сильно зависит от геометрических параметров механизма и, как следствие, от положения подвижной платформы в рабочей зоне;
- возникновение вибрационного следа обусловлено не только наличием колебаний от инерционных сил платформы, но и автоколебаниями с различной частотой и амплитудой, возникающих в процессе резания;
- наблюдается взаимовлияние координат: силы, действующие вдоль движения платформы, могут вызывать колебательные движения в поперечном направлении;
- величина динамической податливости практически не зависит от положения платформы в пространстве.

Повышение виброустойчивости станков с параллельной кинематикой за счет ужесточения конструкции несущей системы нежелательно, т.к. подобные модификации могут свести на нет основные преимущества данных механизмов: малые силы инерции и высокие достижимые величины скорости и ускорения [2].

Поэтому наиболее широкое распространение получили методы повышения виброустойчивости станков с параллельной кинематикой за счет установки демпфирующих устройств, при этом чаще всего активного действия.

Литература

1. Мерзляков А.А., Серков Н.А., и Сироткин Р.О. Экспериментальные исследования динамической податливости станка с параллельной кинематикой // Проблемы машиностроения и надежности машин. — 2008. — №1
2. A. Ast, S. Braun, P. Eberhard, и U. Heisel. An adaptronic approach to active vibration control of machine tools with parallel kinematics // Production Engineering. — 2008. — V. 3, N. 6. — P. 207-215.

**РАЗРАБОТКА УЧЕБНОГО СТЕНДА И КОМПЛЕКСА
ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПЛК «FATEK»**
*DEVELOPMENT OF THE EDUCATIONAL STAND AND A COMPLEX OF
PRACTICAL EXERCISES FOR STUDYING PLC “FATEK”*

А.В.Афанасьев – магистрант, бакалавр, **Н.А.Маковецкий** - студент, бакалавр
МГТУ «СТАНКИН»

Abstract. In this work author developed educational stand, methodical recommendations for composition labs and laboratory practical how example of their using. The sequence of creating laboratory practical was represented. The recommendations were developed for the visual design of the practical exercises. The basic structure of a demonstration stand was implemented at the base of the controller Fatek.

Целью работы были поставлены разработка требований для создания учебно-демонстрационных стендов и создание методических пособий для проведения лабораторных работ на базе аппаратного обеспечения программируемых логических контроллеров (ПЛК)². Для реализации цели был проведен анализ существующих на сегодняшний день лабораторных курсов в данной области по таким параметрам, как наличие лабораторного стенда, индивидуальные и групповые занятия, персональные задания, контроль усвоенных знаний и возможность модификации практикума.

В результате разработанные рекомендации учитывают все достоинства и недостатки изученных примеров. Методическое пособие создано таким образом, чтобы представить изучаемый материал с максимальной эффективностью. При разработке материала лабораторных работ формируется «база знаний», которая включает в себя все необходимые документы, в том числе об программно-аппаратных средствах демонстрационных стендов.

В соответствии с составленными требованиями к оборудованию был создан учебно-демонстрационный стенд на основе аппаратного обеспечения ПЛК Fatek. На базе этого стенда могут проводиться лабораторные работы по изучению структуры и принципу функционирования ПЛК, основ программирования ПЛК, решению задач управления техническими процессами и др.

Выявлено, что для создания лабораторного практикума необходимы следующие этапы, выполняемые итерационно: 1. Определение места в учебном курсе; 2. Изучение аппаратного обеспечения; 3. Построение структуры и содержания практикума; 4. Оформление учебных материалов; 5. Проверка; 6. Модификация и развитие.

На базе разработанных рекомендаций создан комплекс практических упражнений «Основы программирования логических контроллеров Fatek», состоящий из трех лабораторных работ для изучения ПЛК Fatek. В каждой лабораторной работе присутствует три части: теоретическая, общая практическая и индивидуальная. Объем каждой части соответствует указанным в методических рекомендациях требованиям.

Для грамотного оформления методических рекомендаций с целью повышения эффективности излагаемого материала предлагается использование созданного на основе нормативных документов и педагогической литературы комплекса визуальных эффектов. Визуальные примеры оформления включают в себя: визуальное выделение текста, использование графики и таблиц, составление списка употребляемых терминов и т.п.

Рассмотренные выше рекомендации представляют не только теоретический и прикладной, но и учебно-методический интерес, так как позволяют наглядно разъяснить студентам основные принципы функционирования ПЛК и направления их использования на основе решения технологических задач в рамках лабораторных работ.

² Работа выполнена по договору № 02.120.11.2733-МК гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК-2733.2010.8.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ ДЛЯ ШТУЦЕРНЫХ
УЗЛОВ СОСУДОВ И АППАРАТОВ, РАБОТАЮЩИХ ПОД
ДАВЛЕНИЕМ**
LIMIT LOAD DETERMINATION FOR PRESSURE VESSELS AND VEHICLES

Н.В. Вожова, В.Н. Скопинский

ОАО «ВНИИНЕФТЕМАШ», Москва
ГОУ МГИУ, Москва

Штуцерные узлы (патрубки) широко применяются в сосудах и аппаратах, работающих под внутренним избыточным давлением. В процессе эксплуатации конструкций различного назначения такие узлы являются весьма напряженными и потому относятся к категории наиболее ответственных в прочностном отношении. Как показали исследования, применение российской нормативной базы для обоснования статической прочности штуцерных узлов с использованием категорий упругих напряжений может приводить к существенно различающимся результатам. Более совершенным подходом для оценки прочности рассматриваемых узлов является применение методов нелинейного анализа и определение предельной нагрузки с использованием адекватных способов и критериев.

Определение предельной пластической нагрузки выполняется с использованием кривой «давление–деформационный параметр», характеризующей процесс нагружения и деформирования конструктивного соединения. Предельная нагрузка определяется графически с применением различных способов. Проведен анализ выбора деформационного параметра и особенностей построения кривой для рассматриваемых соединений оболочек, которые характеризуются существенно неоднородным напряженным состоянием.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Матвиенко Ю.Г. Прочность, живучесть и безопасность в задачах машиноведения	4
Бирюков В.П. Лазерные системы и технологии в науке и производстве	5

СЕКЦИЯ 1

Голубева К.В., Гордеев Б.А. Повышение качества поверочных работ в метрологических лабораториях	7
Бутримова О.В. Автоматизация принятия решений по экологически обоснованному выбору смазочно-охлаждающих технологических средств и систем их применения на основе интегральной базы данных	8
Кузьмина М.В., Коробкин В.С. Методика анализа результатов геодезических измерений главного монумента на Мамаевом кургане в городе Волгограде	9
Бутримов Е.В., Дроздова Н.В. Моделирование и визуализация распространения шума и вибрации в рабочей зоне	10
Сараев Ю.Н., Демьянченко А.А. Особенности применения адаптивных импульсных технологий сварки и наплавки для повышения безопасности и живучести элементов технических систем, эксплуатируемых в регионах Сибири и Крайнего севера	11
Фам Динь Тхык, До Чунг Тхоай, Ле Тхань Нам, Ву Ван Чьонг. Интеллектуальное управление воздушным мониторингом, выполняемым роботизированной беспилотной платформой	12
Абайдуллин Б.Р. Влияние геометрии коаксиального канала на поперечную скорость и вязкость при критическом режиме теплообмена в текущей неньютоновской жидкости	13
Антипин Д.Я. Оценка безопасности эксплуатации пассажирских вагонов, оборудованных безззорным сцепным устройством БСУ -3	14
Соловьева О.И. Применение методик оценки риска для определения эффективности работы предприятий химической отрасли в рамках СУПБ	15

СЕКЦИЯ 2

Бельская Л.В., Голованова О.А., Солоненко А.П. Гидроксилapatит – основа для получения композиционных материалов	17
Бельская Л.В., Голованова О.А., Солоненко А.П. Особенности синтеза биогенного гидроксилapatита	18
Фомин Л.В., Кузнецов В.Н. Конкретизация кинетической теории ползучести Ю.Н. Работнова	19
Осмехин А.Н., Гордеев Б.А., Маслов Г.В. Применение анаэробных герметиков для снижения виброактивности металлорежущих станков	20
Тинькова А.В. Исследование упруго-вязких свойств эластичных трубопроводов	21
Парникова А.Г. Наномодифицированные полимерные композиты триботехнического назначения	22
Соколов С.Л., Ушаков Б.Н. Расчетно-экспериментальный метод определения напряженно-деформированного состояния пневматических шин от действия механических нагрузок	23
Комбарова П.В., Кобзев Д.Е., Завражин Д.О., Разинин А.К. Комплексное исследование и разработка полимерных композиционных материалов и изделий с использованием методов твердофазной технологии	24
Ильин С.Н., Крукович М.Г. Пластичность борированных слоев	25
Клочков Н.П., Крукович М.Г., Бадерко Е.А. Моделирование износостойкости борированных слоев	26
Онасенко В.В., Крукович М.Г. Азотирование легированных сталей в твердых средах	27
Ковалев В.Л., Якунчиков А.Н. Коэффициенты аккомодации для молекулярного водорода на поверхности графита	28
Зиганшин А.И., Кондратюк А.А. Исследование комплекса свойств наполненных композитов на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена	29

Мишустин Н.М., Ишков А.В., Иванайский В.В., Кривочуров Н.Т. Образование наноструктурированных боридных покрытий на сталях при ТВЧ-нагреве	30
Бреховских П.В., Бодунов Н.М. Исследование деформирования композиционного материала с применением функции напряжений	31
Малахов А.В., Полилов А.Н. Методика проектирования укладки оптимальных траекторий волокон в км, находящихся в условиях неоднородного сложного напряженного состояния	32
Пугачёв М.С., Москвитин Г.В., Архипов В.Е., Лондарский А.Ф., Мельшанов А.Ф. Оценка свойств медных покрытий нанесенных газодинамическим напылением	33
Герасимов С.А., Машкарова О.В. Релаксация остаточных внутренних напряжений в термоупрочняемых деформируемых алюминиевых сплавах	34
Михеев Р.С., Чернышова Т.А., Кобелева Л.И. Алюмоматричные дисперсно-наполненные композиционные материалы антифрикционного назначения для машиностроения	35
Мишин А.А., Крушенко Г.Г., Решетникова С.Н. Изготовление и способ сварки пучковым электродом, содержащим нанопорошки химических соединений	36
Курганова М.В., Курганова Ю.А. Обоснование выбора метода получения композиционного материала с заданным комплексом механических и эксплуатационных свойств	37
Лямина Е.А. Формирование слоя интенсивных пластических деформаций при осадке цилиндрических образцов	38
Фроня М.А., Алексеева С.И., Викторова И.В. Экспериментальное изучение процесса ползучести в нанокompозитных полимерных материалах	39

СЕКЦИЯ 3

Савельева Л.В. Создание неравномерной силы закрепления	41
Колесников П.В., Кольцова В.М., Марковец А.В. Анализ способов сборки трехпроводковой структурной группы Ассура в составе механизмов транспортирования материалов обметочных швейных машин	42
Галковский А.И., Богданов А.В., Вихорев П.П., Стегачев Е.В. Компьютерное моделирование струйного измерительного преобразователя для контроля линейных размеров	43
Галковский А.И., Татаринцев Д.Ю., Стегачев Е.В. Компьютерное моделирование пневматического захватного устройства промышленного робота	44
Тимошков В.Н. Анализ мехатронных интерфейсов при проектировании системы стеклоочистки автомобиля	45
Макаров А.М., Сердобинцев Ю.П., Рабинович Л.А., Петрухин А.В., Райлян С.М. Синтез многозвенных захватных устройств для автоматической подачи мешков при расфасовке сыпучих материалов	46
Брылев А.В. Проблема моделирования электрохимической обработки (ЭХО) крупногабаритных деталей	47
Кикин А.А. Интерактивный квадратический синтез двухопорных шестизвенных направляющих механизмов	48
Темис М.Ю., Мещеряков А.Б. Расчет характеристик лепесткового газодинамического подшипника	49
Фокин А.К. Определение предельной нагрузки для радиальных соединений пересекающихся цилиндрических оболочек при нагружении моментом	50
Сахаров А.В. Переход от норм геометрической точности станка к точности изготовления детали	51
Саламандра Б.Л., Тывес Л.И., Саламандра К.Б., Батырь Ф.И. Анализ и синтез программно-управляемых механизмов автоматических мехатронных линий с цикловыми агрегатами	52
Позднякова О.В., Осипов А.П. Метод аналитического расчета механизма	53
Волкова Л.Ю., Лупехина И.В., Яцун С.Ф., Пановко Г.Я. Исследование закономерностей движения вибрационной системы с приводом ограниченной мощности	54
Полотебнов В.О., Марковец А.В. Синтез механизма транспортирования материалов швейных машин с прямолинейным участком движения зубчатой рейки в процессе рабочего хода	55

Крутов А.В., Молодцов В.В. Методика расчета жесткости направляющих качения модульного типа	56
Базров Б.М., Родионова Н.А., Арзыбаев А.М. Модульная технология – высокоэффективный метод организации производства детали	57
Родионова Н.А., Арзыбаев А.М., Дегтярева Е.А., Башкатов А.В. Разработка банка данных базисующих элементов станочных приспособлений	58
Молодушкина Д.Э., Молодцов В.В. Разработка методики расчёта роликовых направляющих модульного типа	59
Ширинкин М.А., Глазунов В.А., Палочкин С.В., Хейло С.В. Исследование подвижностей в механизмах параллельной структуры	60
Щеников А.В. Анализ системы крепления инструмента типа HSK а методом конечных элементов	61
Дорожко А.О. Методология проектирования станков нового поколения на базе унифицированных мехатронных модулей (на примере станков сверлильно-фрезерно-расточного типа)	62
Козловский С.В. Оперативная вибродиагностика технологических процессов	63
Балбекова В.А., Хомяков В.С. Динамика главного привода	64
Маркин С.М. Повышение рабочих характеристик мотор-шпинделя за счёт управления его тепловым состоянием	65
Полуэктов Е.А. Профилирование зубьев неэвольвентной шестерни цилиндрико-конической передачи внутреннего зацепления	66
Каштанов В.В., Хомяков В.С. Оценка влияния стойки станка на его податливость	67
Хазиев Т.Р., Полуэктов Е.А. Исследование нагруженности отрезной машины при резке труб большого диаметра	68
Бережной С.Б., Остапенко О.И., Скорюнов А.А. Применение эвольвентных звездочек в цепных передачах	69
Бородина М.Б., Савин Л.А., Шевченко Б.А. Создание и исследование предохранительных муфт с гидромеханическим исполнительным механизмом	70
Данилин П.О., Глазунов В.А., Тывес Л.И. Манипуляторы с параллельной структурой – два подхода при синтезе триподов 3x2 с 6 степенями свободы	71
Баинов Р.С., Мисюрин С.Ю. Численное исследование функции положения плоских и пространственных механизмов	72
Веремейчик А.И. Плазмотрон для получения низкотемпературной плазмы воздуха	73
Пошехонов Р.А., Гуськов А.М. Прогнозирование статических пространственных силовых характеристик шпинделя на сферических аэростатических опорах	74
Золотарев П.С. Безвальный шнековый питатель	75
Золотарев П.С. Горизонтальный гибкий шнек	76
Арзыбаев А.М. Разработка схемы формирования технологического решения	77
Вилипп К.А. Конструирование и стадии разработки документации	78
Гебель Е.С., Хомченко В.Г. Плоские рычажные механизмы в полиграфической промышленности	79
Во Динь Тунг, В.А.Глазунов, Фам Динь Тык, Нгуен Динь Чунг, Ву Ван Чьонг. Плоский манипулятор параллельной структуры с частичной кинематической развязкой	80
Исаев В.В., Лукиенко Л.В. Исследование влияния размера пролёта козлового крана на величину поднимаемого груза	81
Каменский М.Н., Лукиенко Л.В. К вопросу определения усилия подачи исполнительного органа в установках для бестраншейной прокладки труб	82
Зеленский А.А. Повышение точности формирования траектории перемещения рабочего инструмента для механизмов с нелинейной кинематической структурой	83

СЕКЦИЯ 4

Закржевский М.В., Клоков А.В. Метод полных бифуркационных групп и его применение в динамике машин и механизмов	85
Иванов С.А., Кобзев Д.Е., Толстых М.С., Разинин А.К. Равноканальная многоугловая твердофазная экструзия ПЭВП и нанокompозитов на его основе	86
Краев В.В., Крушенко Г.Г. Программа расчета припусков на механическую обработку с учетом технологической наследственности	87
Стецько А.Е. Технологическое обеспечение формирования качества рабочих поверхностей деталей машин	88
Фишков А.А., Михайлин Б.Н., Бирюков В.П. Лазерное легирование сталей бором	89
Михайлин Б.Н., Фишков А.А., Бирюков В.П. Лазерное оплавление плазменных порошковых покрытий	90
Дутлова Ю.В., Садилов Д.Д., Матренин С.В., Овечкин Б.Б. Исследование процессов спекания нанодисперсных порошков вольфрама и молибдена	91

СЕКЦИЯ 5

Дильман М.Д., Ионов М.С. Исследование эффективности использования тепловых насосов для теплоснабжения	93
Якимец Е.Е. Определение зоны эффективного теплоснабжения ТЭЦ	94
Федин А.П., Зотов Н.М. Обоснование требований точности численной модели процесса торможения автомобильного колеса	95
Клер А.М., Тюрина Э.А., Медников А.С. Исследование угольной ПГУ с нагревом рабочего тела газотурбинного цикла в регенеративных теплообменниках периодического действия	96
Подлесный Ю.К., Бойко Г.В. К вопросу о методиках измерения коэффициента сцепления колеса с дорожным покрытием	97
Кухтик М.П. Энергосберегающее управление методической печью как многомерным объектом	98
Федотов А.И., Ахметшин А.Р. Повышение пропускной способности в распределительных сетях напряжением 10 кВ	99
Абрамович Б.Н., Турьшева А.В. Электроснабжение объектов нефтедобычи труднодоступных районов	100
Степанов В.В., Крушенко Г.Г., Цау К.К. Оптимизация сроков технического обслуживания трубопроводов на тепловых электростанциях	101
Банах Л.Я., Никифоров А.Н. Динамический анализ системы «ротор - среда - плавающее тело»	102
Цау К.К., Степанов В.В. Анализ режимов эксплуатации парового котельного оборудования на машиностроительных предприятиях	103
Губарев А.В. Определение поверхности теплообмена змеевиковых элементов парогенератора	104
Гордеев Б.А., Горсков В.П. Самосинхронизация источников вибрации как причина возникновения низкочастотных биений	105
Бекаев А.А. Реализация эффекта л.а. юткина в электрогидравлическом отбойном молотке (перфораторе)	106
Кузнецов М.В. СВС функциональных оксидных и других неорганических материалов в условиях внешних физических воздействий	107
Моржавин А.В., Локтионова О.Г. Энергосберегающий вибрационный фильтр для очистки воздуха от пыли	108
Дроздов А.В., Ревин А.А. Стендовые испытания тормозных барабанов в условиях работы с АБС	109
Кузичкин К.Л. Технологические особенности гибки труб с индукционным нагревом на современном оборудовании	110
Радченко М.Г., Полуэктов М.В. Режимы работы главного тормозного цилиндра автомобиля с АБС	111
Абрамович Б.Н., Шклярский А.Я. К вопросу о компенсации потерь напряжения в электрических сетях	112

Нгуен Ха Хиеп. Регрессионные зависимости для определения концентрации токсичных компонентов в отработавших газах дизелей судов типа река-море проекта 1570	113
Абрамович Б.Н., Бельский А.А. Повышение эффективности ветроэлектрических установок	114
Нестеров А.А., Нестеров А.В., Нестеров С.В. Расчет коэффициентов передаточных функций теплоэнергетических объектов второго порядка с запаздыванием по их фазочастотным характеристикам в среде Mathcad	115
Сычев Ю.А. Повышение качества электрической энергии и обеспечение электромагнитной совместимости в электрических сетях предприятий минерально-сырьевого комплекса	116
Яковлева Э.В., Абрамович Б.Н. Использование маломощных фотоэлектрических станций на автономных объектах минерально-сырьевого комплекса	117
Голубева Т.Н. Исследование колебаний и устойчивости токонесущей многопролетной шины в поперечном магнитном поле	118
Филонова И.И., Плотникова Л.В. Повышение энергетической эффективности теплотехнологической схемы производства бумаги на основе применения трансформаторов теплоты	119
Кожелева О.А., Чулланцева С.В., Зотов Н.М. Техничко–экономическая оценка поршневых ДВС по расходу и стоимости топлива	120
Ширшов Д.Б., Зотов Н.М., Бойко Г.В. Влияние основных технических характеристик транспортного средства на расход топлива в режиме городского цикла	121
Плохих И.В., Зайнетдинов Р.И. Влияние временных показателей с различными законами распределения на функцию готовности	122
Кравченко Л.Л., Пушкин К.В., Севрук С.Д., Фармаковская А.А. Автономная система электропитания робототехнических комплексов с использованием воздушно-алюминиевых химических источников тока	123
Хайдакин М.С. Методы определения эффективности применения механизмов уравнивания в ДВС	124

СЕКЦИЯ 6

До Чунг Тхоай, Фам Динь Тхык, Ву Ван Куи, Ву Ван Чьонг. Рациональное управление природоохранными мероприятиями	126
Ахтямов Р.М. Исследование взаимосвязи ритмов электрокардиограммы, дыхания и электроэнцефалограммы с ритмом ходьбы	127
Хвостова О.Е., Куркин А.А. Исследование гидрологических и морфометрических характеристик внутренних водоемов России	128
Авербух Е.Л., Куркин А.А. Исследование основных характеристик распространения в водоеме высокозагрязненных масс воды, образовавшихся при аварийной чрезвычайной ситуации	129

СЕКЦИЯ 7

Юнин И.Ю., Феофанов А.Н. Обоснование создания информационного портала предприятия	131
Карасев К.С., Феофанов А.Н. Автоматизация обработки показателей качества работы предприятия в едином информационном пространстве, как инструмент повышения эффективности производственных процессов	132
Белявский М.Л. Спутниковая информационная система диагностики магистральных нефтегазопроводов	133
Оверчук М.Л., Варламов О.О., Сергушин Г.С. Создание активной миварной интернет-энциклопедии для решения задач машиноведения	134
Крюков И.А., Хвостова О.Е., Авербух Е.Л., Куркин А.А. Визуализация расчетов для задачи оценки устойчивости опор мостов и других подводных конструкций	135
Нгуен Динь Чунг, Фам Динь Тхык, До Чунг Тхоай, Ву Ван Куи. Модели адаптивного управления организационными системами	136

Нгуен Хуу Кхань Ньян, Уан Винь Ан, Фам Динь Тык, Чинь Куок Тан. Некоторые корреляционные особенности сложных сигналов	137
Уан Винь Ан, Нгуен Хуу Кхань Ньян, Нгуен Динь Чунг, Ву Ван Чьонг. Применение сложных сигналов в информационных системах	138
Купцов В.Р., Феофанов А.Н. Оптимизация управления работами на стадиях жизненного цикла изделий, выпускаемых на машиностроительных предприятиях	139

СЕКЦИЯ 8

Седунов И.С., Хамухин А.А. Модель управляемой сепарации попутного нефтяного газа	141
Сафонов А.А. Математическое моделирование технологических процессов изготовления изделий из композиционных материалов	142
Белявский М.Л. Математическая модель обработки пазов комбинированным торцевым фрезерованием с предварительным пластическим деформированием	143
Медников А.С., Тюрина Э.А. Математическое моделирование систем удаления диоксида углерода в составе энерготехнологических установок производства синтетических топлив и электроэнергии	144
Желткович А.Е. Веремейчик А.И. Сравнение расчётных моделей при определении напряжений в монолитных армированных плитах покрытий от вынужденных деформаций усадки расширения или температуры	145
Шерстобитов Е.Н. Ударное деформирование металла корпуса наружного шарнира переднего привода ВАЗ-2110	147
Сиволобов Н.М., Ширяев С.А., Гудков В.А. Основные недостатки и предложения по совершенствованию организации перевозок школьников	148
Сергушин Г.С., Оверчук М.Л., Варламов О.О. Миварная технология разработки вычислительных моделей технологических процессов и обучающих программ в МАДИ-ГТУ по физике	149
Носов А.В., Варламов О.О., Хадиев А.М. Миварная информационная инфраструктура электроэнергетики - основа "умных сетей будущего"	150
Бубнов М.А., Матвиенко Ю.Г. Перспективные направления применения физико-математического моделирования в инновационных задачах механики разрушения	151
Войтюк И.Н. Статистический пульсационный метод при нахождении характеристик грузопотока для обеспечения оптимальной работы конвейера	152
Анкудинов Д.В., Папшев В.А., Шуваев В.Г. Автоматизированная система научных исследований процесса ультразвуковой запрессовки твердосплавных зубков в корпус шарошки бурового долота	153
Нестеров А.А., Нестеров А.В., Нестеров С.В. Идентификация механической части электропривода с вентиляторной нагрузкой	154
Марецкая В.В. Методика обеспечения точности фасонных поверхностей деталей	155
Мохова О.Г. Разработка информационной модели вариатора как сложного технического объекта	156
Ивлева Л.П. Математическое моделирование процесса гравирования материалов	157
Петухов Ю.Е., Домнин П.В., Алисов А.А. Применения численных методов в инструментальной технике	158
Яковлева А.П. Исследование свойств поверхностного слоя деталей, упрочненных электромеханической обработкой	159
Иванников А.Ю. Математическое моделирование остаточных напряжений при электромеханической обработке металлических материалов	160
Бабурин Д.А., Исаков А.В. Ветвление стационарных движений и относительных равновесий тела, подвешенного на стержне	161
Якухнов А.А., Валувев А.М. Исследование алгоритмов построения кратчайших путей в транспортных сетях большой размерности	162

Фомин В.В., Соловьев А.А. Автоматизация процессов диагностирования и прогнозирования термодинамических параметров вод черного моря	163
Глухарев К.К., Улюков Н.М. Об оптимальном преследовании лидера на безопасной дистанции	164
Степанян И.В., Кобляков А.А., Петухов С.В. Генетические пентаграммные строи и музыкальная гармония	165
Сорокин С.В., Исаев В.К. Об одном методе моделирования архитектуры информационных систем в машиностроении	166
Свирин В.И., Соловьев А.А. Разработка алгоритма ассимиляции спутниковых данных о температуре поверхности моря в численных гидродинамических моделях	167
Кулигин Л.Е. Моделирование производственных процессов крупноузловой сборки методом анализа временных затрат	168
Катанов Д.Ш., Петухов С.В. Генетические алгоритмы и геноматричные операторы	169
Калинин И.Н., Глухарев К.К. К алгоритму построения плотной упаковки зеленых интервалов в светофорном периоде	170
Калинин И.Н., Глухарев К.К. О максимальных приращениях потоков в коммутаторе на светофорном периоде	171
Евгенов П.Г., Смолянинов В.В. Моделирование автостабилизации кардиоцикла	172
Гуленко Е.В., Исаков А.В. Представление результатов диагностики и прогноза характеристик морских вод на Web- ресурсах	173
Голенковский А.И., Валувев А.М. Архитектура программного пакета для решения задачи динамического распределения производственных ресурсов	174
Гинзбургский К.В., Пшеничников В.М. О реализуемости транспортного спроса на примере сетей без левых поворотов	175
Бражников Д.Ю., Марченко А.В. Исследование напряженно-деформируемого состояния ледяных массивов под действием циклона	176

СЕКЦИЯ 9

Блинков П.В. Опыт оценки параметров электромагнитной совместимости корабельных радиоэлектронных средств в условиях стендов предприятий-разработчиков	178
Брысин А.Н., Шохин А.Е. Новые возможности реализации эффекта гидравлического преобразования	179
Волков Н.Г., Стариков А.Н. Автоматизация стендовых испытаний двигателей бесконтактных моментных с применением компьютерных технологий «National Instruments»	180
Прядченко Д.В., Мирошников В.В. Магнитное диагностирование металла паровых котлов	181
Сабиров Ф.С., Сулов Д.Н. Улучшение характеристик шпиндельного узла шлифовального станка на основе диагностирования и моделирования	182
Машков А.Ю. Вибрационные испытания токарно-винторезного станка ТВ-7м	183
Мугин О.О. Испытания системы виброизоляции механизмов на основе виброизоляторов с внутренними инерционными трансформаторами	184
Синев А.В., Мугин О.О., Мугин О.Г. Обзор планетарно – цевочных редукторов и их место в современной механике	185
Рывкин Б.М. Методология проектирования станков на базе унифицированных мехатронных модулей	186
Астапенко А.А., Астапенко А.И. Алгоритмы определения технического состояния гидроагрегатов в стационарной системе мониторинга	187
Астапенко А.А., Астапенко А.И., Сердобинцев Ю.П. Практическое применение виброакустической диагностики прецизионных шлифовальных станков в цеховых условиях	188
Астапенко А.А., Астапенко А.И., Сердобинцев Ю.П. Диагностическая модель привода главного движения прецизионных шлифовальных станков	189

Коровайцева Е.А., Гуськов А.М. Исследование нелинейной динамики кварцевого генератора	190
Ивлева Л.П. Исследование процесса ударно-вращательного гравирования материалов средствами виброакустической диагностики	191
Осмехин А.Н., Гордеев Б.А. Самосинхронизация источников вибрации, как причина возникновения низкочастотных биений	192
Гордеев А.Б. Применение в синхронизирующихся механических системах гидравлических виброопор и их экономическая эффективность	193
Казачек С.В., Камышев А.В., Никитина Н.Е. Определение механических напряжений в нагруженных конструкциях методом акустоупругости	194
Гудожников А.А., Федин А.П., Зотов Н.М. Проверка геометрии факела распыла форсунки для бензинового двигателя внутреннего сгорания	195
Кокуров А.М. Исследование виброповедения конструктивно-подобной модели лопасти воздушного винта самолета ИЛ-112В	196

СЕКЦИЯ 10

Бегов П.Ю., Арепьев Д.В., Суменков А.Л. О зависимости аутогезии наносистем от дисперсности	198
Лебедев В.А. Оценка возможности повышения безопасности двухэтажных пассажирских вагонов путем введения в конструкцию дополнительных эвакуационных выходов	199
Архипов М.В., Зиненко В.Г., Иванов Е.Б., Король С.С. Вычислительная модель бережливого производства	200
Архипов М.В., Герасина О.Н., Девочкина С.С., Фомин И.А. Автоматизация деятельности малых предприятий при вузах	201
Шорохов С.Г. Обоснование несущей конструкции кузова пассажирского вагона нового поколения с однослойной обшивкой	202
Шорохов С.Г. Разработка методики оценки риска возникновения аварийной ситуации при неисправности колесных пар вагонов	203
Чиграй Ю.А. Разработка методики исследования нагруженности несущих элементов вагонов-платформы для перевозки длинномерных грузов	204
Попова О.В. Разработка методики анализа динамической нагруженности несущих элементов вагонов-платформы для перевозки длинномерных грузов	205
Самсонов М.А., Папшев В.А. Использование информационных технологий для решения задач организации и управления транспортными потоками	206
Баев И.И., Папшев В.А., Шуваев В.Г. Ультразвуковой инструмент для нарезания резьбы	207
Акмуллина О.М. Модифицированная модель оценки скорости роста трещины в стандартном металлическом образце	208
Гавренков С.А. Расчёт композитного гидроаккумулятора	209
Винокурова Т.А., Дулин В.М., Козорезов Ю.С. Бесконтактное измерение полей скорости в турбулентном факеле методом Particle Image Velocimetry	210
Василик Е.Г. Численное исследование процесса деформирования и разрушения модели двойного борта судового корпуса при внедрении полусферического штампа	211
Пась О.В. Виброустойчивость станков с параллельной кинематикой и способы ее повышения	212
Афанасьев А.В., Маковецкий Н.А. Разработка учебного стенда и комплекса практических заданий для изучения ПЛК «Fatek»	213
Вожова Н.В., Скопинский В.Н. Определение предельной нагрузки для штуцерных узлов сосудов и аппаратов, работающих под давлением	214