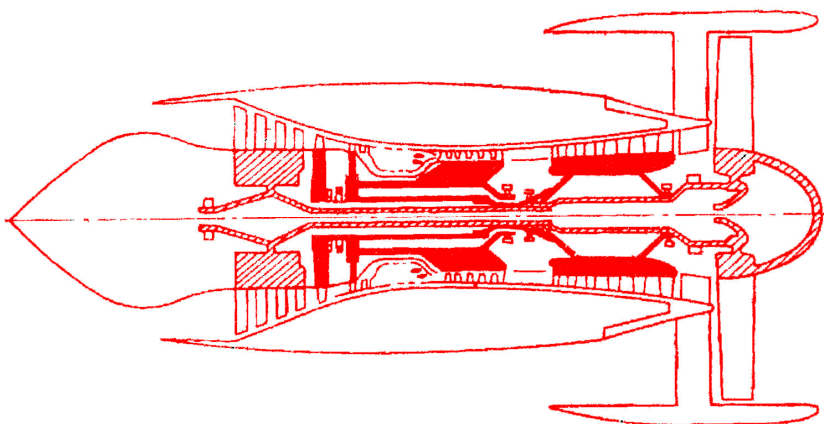


**PROCEEDINGS OF
IX INTERNATIONAL CONFERENCE ON
THE IMPROVEMENT OF THE QUALITY,
RELIABILITY AND LONG USAGE OF
TECHNICAL
SYSTEMS AND TECHNOLOGICAL PROCESSES**

December 12 -19, 2010

Sharm el Sheikh, Egypt



КОНФЕРЕНЦИЯ ПОСВЯЩЕНА 80-ЛЕТИЮ ЦИАМ

**СБОРНИК ТРУДОВ
IX МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ
«ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА,
НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ
ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»**

12 – 19 декабря 2010 г.

г. Шарм эль Шейх, Египет

**National Council of Ukraine for Mechanism and Machine
Science (Member Organization of the International Federation
for Promotion of Mechanism and Machine Science)**

**Национальный Совет Украины по Машиноведению
(Украинский Национальный комитет ИFToMM)**

**Центральный Институт Авиационного
Моторостроения им. П.И. Баранова (ЦИАМ)**

**Khmel'nitsky National University
Хмельницкий национальный университет**

**THE IMPROVEMENT OF THE QUALITY,
RELIABILITY AND LONG USAGE OF
TECHNICAL
SYSTEMS AND TECHNOLOGICAL PROCESSES
IX INTERNATIONAL CONFERENCE**

**THE CONFERENCE DEDICATED TO THE
80th ANNIVERSARY OF THE CIAM
*December 12 -19, 2010
Sharm el Sheikh, Egypt***

**«ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА, НАДЕЖНОСТИ И
ДОЛГОВЕЧНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»**

КОНФЕРЕНЦИЯ ПОСВЯЩЕНА 80-ЛЕТИЮ ЦИАМ

**СБОРНИК ТРУДОВ IX МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

***12 – 19 декабря 2010 г.
г. Шарм эль Шейх, Египет***

УДК 61.2+68.1:62.755

Повышение качества, надежности и долговечности технических систем и технологических процессов: Сборник трудов международной научно-технической конференции, 12 – 19 декабря 2010 г. – Хмельницкий: ХНУ, 2010. – 200 с.

В сборник включены материалы международной конференции «Повышение качества, надежности и долговечности технических систем и технологических процессов», проведенной в Египте в декабре 2010 г. в г. Шарм эль Шейх.

Рассмотрены проблемы повышения качества и производительности технических систем и технологических процессов, представлены доклады по контролю, диагностике и прогнозированию состояния этих систем, освещены некоторые проблемы вибрационной техники, динамической и статической прочности, а также экономические и образовательные аспекты проблем.

В сборнике кратко представлены доклады участников конференции. Они без серьезных правок опубликованы в таком виде, в каком были представлены авторами.

Сборник рассчитан на научных и инженерных работников, аспирантов, специализирующихся в области повышения качества, надежности и долговечности технических систем и технологических процессов.

Редакционная коллегия:

Богорош А.Т., д.т.н. (Украина), Ножницкий Ю.А., д.т.н. (Россия), Бубулис А. д.т.н. (Литва), Ройзман В.П., д.т.н. (Украина), Сокол В.М., д-р (Израиль).

Ответственный за выпуск проф. Ройзман В.П.

Утверждено к печати совместным заседанием Исполкома Хмельницкой областной организации Союза научных и инженерных объединений Украины и Украинского Национального комитета ИFToMM. Протокол №7 от 15 ноября 2010 г.

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

ИСТОРИЯ И НАУЧНЫЕ ШКОЛЫ РОССИЙСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ АВИАЦИОННОГО МОТОРОСТРОЕНИЯ ИМ. П.И. БАРАНОВА» («ЦИАМ») К 80-ЛЕТИЮ ОБРАЗОВАНИЯ ИНСТИТУТА

Ножницкий Юрий Александрович

ФГУП Центральный институт авиационного моторостроения

111116, Москва, Авиамоторная, 2, Тел.: (495) 362-49-75;

Факс: (495) 362-39-32; E-mail nozhnitsky@ciam.ru

В Советском Союзе, который с начала 1920-х годов начал создавать свою авиационную технику, 3 декабря 1930 года на базе имевшихся подразделений ЦАГИ и НАМИ был образован ЦИАМ, теперь – Федеральное Государственное Унитарное Предприятие «Центральный Институт Авиационного Моторостроения имени П.И.Баранова». Этот Институт является ведущей научно-исследовательской организацией по двигателестроению в авиационной промышленности и занимает достойное место среди указанных центров.

Основное направление деятельности ЦИАМ – это создание двигателей всех типов для самолетов и вертолетов, современных, проектируемых и далекой перспективы. Значителен вклад ЦИАМ и в создание ракетных двигателей космического и оборонного назначения, двигателей для зенитных и авиационных ракет, танковых газотурбинных двигателей, газотурбинных установок различного назначения, агрегатов трансмиссий вертолетов и другой сложнейшей авиационной техники.

Одним из организаторов и первым руководителем Института был Борис Сергеевич Стечкин, заложивший основы научных подходов к созданию, становлению и развитию поршневых авиационных двигателей, а, впоследствии, двигателей для реактивной авиации. Академик АН СССР Б.С.Стечкин впоследствии формально не числился среди сотрудников ЦИАМ, но почти 40 лет продолжал работать в Институте.

В числе руководителей Института в разное время были крупные ученые: В.И. Поликовский, Т.М. Мелькумов, Г.П.Свищёв, С.М. Шляхтенко, Д.А. Огородников и др.

В 1930-е годы ЦИАМ объединял функции НИИ и ОКБ, в связи с чем в Институте проводились исследования рабочего процесса поршневых моторов и опытно конструкторские разработки таких моторов, и руководителями этих работ являлись Б.С. Стечкин, Н.Р.

Бриллинг, С.А. Трескин, В.Я. Климов, А.А. Микулин, А.Д. Швецов, А.Д. Чаромский и другие специалисты. В ЦИАМе начинали свою работу многие талантливые инженеры, которые в дальнейшем стали Генеральными и Главными конструкторами – создателями лучших отечественных авиадвигателей: В.Я. Климов, А.А. Микулин, А.Д. Швецов, А.М. Люлька, В.Н. Челомей, С.К. Туманский, В.А. Добрынин, П.А. Колесов, А.А. Бессонов, С.С. Баландин, К.Н. Жданов, О.Н. Фаворский, В.А. Доллежал, В.А. Константинов, С.А. Косберг, Е.В. Урмин, Н.Г. Мецхваришвили, В.В. Уваров, В.М. Яковлев.

Многие учёные ЦИАМ стояли у истоков новых научных направлений и создали крупные научные коллективы, продолжающие успешно работать в различных областях авиационной науки. В институте сформировались имеющие международную известность научные школы по двигателям, лопаточным машинам, газовой динамике, горению, прочности и надёжности и другим направлениям.

В настоящее время в рамках Государственной программы поддержки ведущих научных школ в ЦИАМ утверждены две школы, руководимые выдающимися учёными О.Н. Фаворским и А.Н. Крайко.

В докладе особое внимание уделено научным школам в области прочности и надёжности, создателями которых были И.Ш. Нейман, С.В. Серенсен, Р.С. Кинасошвили, И.А. Биргер, В.М. Акимов.

Рассматривается научный вклад ЦИАМ в создание шести поколений авиационных двигателей и другой техники, в разработку нормативной технической документации, в подготовку научных кадров. Обсуждаются связи ЦИАМ с предприятиями промышленности, отраслевыми и академическими институтами, вузами, международные связи института.

АВІАБУДІВНІ ПІДПРИЄМСТВА УКРАЇНИ В КОНТЕКСТІ МІЖНАРОДНОГО СПІВРОБІТНИЦТВА

*Янчук М.Б., НАУ, Київ, пр. Комарова, 1.
Тел. 406-77-05, e-mail: marina_y2006@ukr.net*

Україна на базі внутрішніх та зовнішніх інвестиційних ресурсів прагне увійти на світовий авіаційний ринок. Історично з часів незалежності України склалася певна специфіка асортименту авіабудівних підприємств – це транспортні, а також пасажирські літаки для ринку регіональних і середніх магістральних перевезень, що

потенційно дозволяє українським виробникам зайняти ринкові ніші поряд з найбільшими світовими виробниками літаків.

Незважаючи на кризовий стан, галузь зберігає свій науково-технічний потенціал, свідченням чого є участь в багатьох міжнародних програмах. Виходячи з аналізу даних національного авіапарку щодо регіональних та військово-транспортних машин короткого зльоту, можна сказати, що Україні є що запропонувати найвимогливішим авіакомпаніям, які займаються регіональними пасажирськими та вантажними перевезеннями.

Парк основних ближньомагістральних літаків представлений такими типами:

- АН-140, регіональний турбогвинтовий літак призначений для пасажирських і пасажирсько-вантажних перевезень: максимальне комерційне навантаження 6 т/52 особи, практична дальність 1380-2420 км, крейсерська швидкість 460-540 км/год, орієнтовна вартість \$8-10 млн. Потенційний обсяг ринку за прогнозами на період 2006-2015 рр. складе 600 од.. Основними конкурентами є: Іл-114, АTR-42, Bombardier Dash-8 Q-series (вартість \$9 - \$16 млн.);

- АН-148, регіональний реактивний літак, призначений для пасажирських, вантажопасажирських і вантажних перевезень на регіональних і близькомагістральних лініях: максимальна пасажиромісткість 70-80 чол., практична дальність 2000-4400 км, крейсерська швидкість 870 км/год, орієнтовна вартість \$18-20 млн.. Потенційний прогнозований обсяг ринку в 2006-2015 рр. складає 700 од.. Основні конкуренти - російський RRJ, сімейство літаків ЕМВ компанії Embraer (Е-170) (вартість \$23-30 млн.);

- Ан-74 - вантажопасажирський літак різного призначення, максимальне комерційне навантаження 10 т/52 особи, практична дальність 1500-2000 км, крейсерська швидкість 580-700 км/год, орієнтовна вартість \$12-15 млн. Потенційний попит протягом 2006-2015 рр. очікується на рівні 400-450 од.. Основні конкуренти (вартість від \$20 млн.) С295 іспанської фірми CASA і С27J Spartan італійської фірми Alenia;

- Ан-124-100М «Руслан» - важкий транспортний літак максимальне комерційне навантаження 150 т, практична дальність 5200-11600 км, крейсерська швидкість 800-850 км/год, орієнтовна вартість \$120 млн. Потенційні потреби ринку у 2006-2030 роках прогноуються у розмірі 80 од.. Основні конкуренти (вартість \$130-160 млн.) С-17 фірми Boeing (США), С-5 Galaxy фірми Lockheed Martin (США);

- Ан-70 - військово-транспортний літак короткого зльоту і посадки, створений як заміна Ан -12, С-130 Hercules фірми Lockheed Martin

(США), максимальне комерційне навантаження 47 т/300 солдатів/110 десантників, практична дальність 3000-6600 км, крейсерська швидкість 700-750 км/год, орієнтовна вартість \$60 млн.. Потенційний обсяг ринку в 2006-2015 роках 400 од. Основні конкуренти (вартість від \$130-160 млн.) С-17 фірми Boeing (США), А400М фірми Airbus Military (проект).

Крім того, у 2008 році на Харківському авіазаводі був сконструйований літак АН-74ТК-300Д - легкий регіональний транспортний літак нового покоління для бізнес поїздок, створений у результаті глибокої модернізації базової моделі АН-74. За рівнем шуму і викидам шкідливих речовин в атмосферу він повністю відповідає сучасним вимогам ІСАО.

Аналіз вище викладених даних показує, що лише в найближчі 10 років ринок регіональних та військово-транспортних машин короткого зльоту та посадки АН-70 оцінюється у 400 літаків, регіональних пасажирських АН-140 — у 600- 800 машин, АН-148 — у 700, важких транспортних АН-124 — у 80, регіональних вантажних АН-74 — у 400-450 з урахуванням термінів експлуатації до 20 — 30 років. Приблизні розрахунки дозволяють визначити, що потенційно можна продати 2,1-2,3 тис. літаків на \$28-35 млрд., максимальний попит на які очікується при масових списаннях АН-24 і АН-12, що відпрацювали свій ресурс. Саме ці моделі українських літаків були найбільш затребуваними світовою авіацією в 90-х роках.

Результативність функціонування підприємств авіабудівної галузі така, що володіючи величезним виробничим потенціалом, фактично готовим ринком збуту, вітчизняні авіабудівники ледве спроможні побудувати кілька літаків на рік. Сьогодні потужності провідних заводів дозволяють збирати до десяти літаків на рік: Київський завод «Авіант» збирає АН-32, АН-70, АН-148; Харківське державне виробниче підприємство - АН-74 і АН-140. За найоптимістичнішими прогнозами експертів до 2013-го року щорічне виробництво на цих заводах може бути збільшено до 100 машин.

Таким чином, в найближчі десять років українські підприємства зможуть поставити на ринок не більш ніж 400-500 літаків на \$7-9 млрд. Якщо всі потужності будуть цілком завантажені, Україна одержуватиме ліцензійні відрахування в розмірі 5-15% від заводської вартості літаків, що в сумі становить \$2-4 млрд. Сума у \$2-3 млрд. очікується за постачання запчастин.

Розвиток виробництва в авіаційній промисловості повинен супроводжуватися одночасним просуванням літаків на світові ринки, для чого потрібно розвивати лізинг і сервісне обслуговування. Так, по оцінкам експертів-професіоналів для модернізації заводів, створення

сервіс-центрів з обслуговування літаків за кордоном, створення лізингової компанії та налагодження ефективної роботи авіабудівних структур потрібні одноразові інвестиції в розмірі \$100-150 млн. для заміни верстатів, устаткування і по \$20-30 млн. щороку для розширення виробництва протягом наступних трьох-чотирьох років.

Побудова сервіс-центрів — першочергове завдання, оскільки обслуговування літака на іншому континенті дуже дорогівартісне. За оцінками авіабудівників, у найближчі рік-два потрібно \$15-25 млн. для створення трьох-п'яти сервіс-центрів хоча б в Азії й Африці, де літають Ан-12, Ан-24, Ан-26, Ан-28, Ан-30, Ан-32, Ан-72, Ан-74.

Більше коштів вимагає організація лізингової компанії, що представляє інтереси України на світовому ринку. За оцінками спеціалістів, у перші три-чотири роки така компанія має оперувати приблизно \$400-500 млн. для компенсації 80-85% вартості 40-50 літаків. Доцільно утворити державну лізингову компанію, метою діяльності якої буде закупівля нових українських літаків у вітчизняного виробника і передача їх у довгострокову оренду приватним компаніям.

І, нарешті, якщо Державний авіабудівельний концерн "Антонов", який консолідує п'ять українських авіабудівних структур, почне виконувати свої функції, заради яких створювався, а саме: координація зусиль виробників та просування літаків на міжнародні ринки, тоді через сім-десять років Україна зможе зайняти 5-7 % світового авіаринку.

СЕКЦИЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ АВИАДВИГАТЕЛЕЙ

К ОПТИМИЗАЦИИ БАНДАЖНЫХ ПОЛОК РАБОЧИХ ЛОПАТОК ГАЗОВЫХ ТУРБИН

Л.А. Магеррамова, Б.Е. Васильев

ФГУП Центральный институт авиационного моторостроения им.

П.И.Баранова, Москва, Россия

Аннотация. На основе трехмерного анализа длительной статической прочности бандажированной лопатки турбины высокого давления стационарной установки проведена пошаговая оптимизация конфигурации полки

Введение

Бандажные полки на турбинных лопатках служат для повышения их вибрационной надежности в рабочих условиях. Для этого должен

соблюдаться контакт между полками на рабочих режимах, в особенности на тех, на которых могут возникать резонансные колебания.

Бандажные полки создают дополнительную центробежную нагрузку на лопатки, замковые соединения и диск. Кроме того, напряжения в зонах между рабочими и смежными гранями, которые являются концентраторами, а также в подполочных сечениях профильной части лопаток могут достигать "опасных" величин на рабочих режимах в особенности при значительных величинах температур.

При переходе на рабочие режимы с увеличением частоты вращения ротора и роста температур величина натяга, увеличивается вследствие раскрутки лопатки в поле центробежных сил и температурной деформации. На рабочих режимах неравномерное температурное состояние лопатки приводит к ее вытяжке и деформированию полок, что также влияет на их контактное взаимодействие и напряженное состояние.

С течением времени при высоких температурах происходит релаксация напряжений и дальнейшее накопление деформаций вследствие явления ползучести материала, что оказывает влияние на напряженно - деформируемое состояние.

Поэтому весьма актуальным становится проектирование бандажной полки таким образом, чтобы на рабочих режимах напряженное состояние в названных зонах не становилось "опасным", т.е. не ограничивало ресурс.

Сравнительный анализ прочности конструкций бандажных полок.

Исходная конструкция бандажной полки (модель № 1 на рис. 1) по результатам расчета лопатки на длительную прочность с учетом пластичности, ползучести, монтажного натяга в рабочих условиях не удовлетворяет условиям статической прочности на заданный ресурс. В связи с этим проведена пошаговая модификация конфигурации полки (модели № 2-6 на рис. 1).

Модель №2 имеет увеличенные площади контактных граней (S). Угол между смежными гранями (α°) изменен. При этом плечо крутящего момента (h) увеличено 29.3 мм.

В модели №3 срезаны нависающие над входной кромкой лопатки части бандажной полки, которые создают значительные изгибающие напряжения под полкой.

В модели №4 бандажная полка модифицирована таким образом, чтобы перекрыть область разряжения газа в периферийной части лопатки у входной кромки со стороны спинки в соответствии с требованием газодинамической эффективности.

В модели №5 увеличены радиусы галтелей (r) между контактными и неконтактными гранями бандажной полки и увеличен радиус перехода от входной кромки к первому ребру со стороны корыта.

В модели №6 из технологических условий увеличены радиуса между контактными и неконтактными гранями бандажной полки.

В таблице 1 приведено сравнение геометрических параметров шести моделей бандажной полки. Проведены расчеты длительной прочности лопаток со всеми моделями бандажных полок в рабочих условиях на заданный ресурс с учетом пластичности, ползучести, монтажного натяга.

Таблица 1. Сравнение геометрических параметров моделей.

№ модели	α°	r, мм	S, мм ²	h, мм	S·h	Угол раскрутки (°) при p=0 МПа	p, МПа (при угле раскрутки 0°)	Угол раскрутки (°) при p=28 МПа	Угол раскрутки (°) при p=35 МПа
V1	90	0.4	15.1	17.7	267.27	-0.919	>800	-	-
V2	50	0.4	23.6	28.8	679.68	-0.838		-	-
V3	50	0.4	23.6	28.8	679.68	-0.889	18	~0.5	-
V4	50	0.4	23.6	28.8	679.68	-0.879	18	~0.5	-
V5	50	0.6	21.6	29.3	624.09	-0.890	19	~0.414°	-
V6	50	1.2	16.6	30.1	499.66	-0.858	23	~0.195	~0.457

Проведенный анализ различных конструкций бандажной полки показал, какое влияние на прочностные характеристики оказывают различные конструктивные решения. Результаты расчетов приведены в таблице 2 и на рис. 2.

В данном случае наиболее удачной оказалась конструкция полки модели №6 спроектированная в соответствии с требованиями газодинамической эффективности, прочности и технологии изготовления.

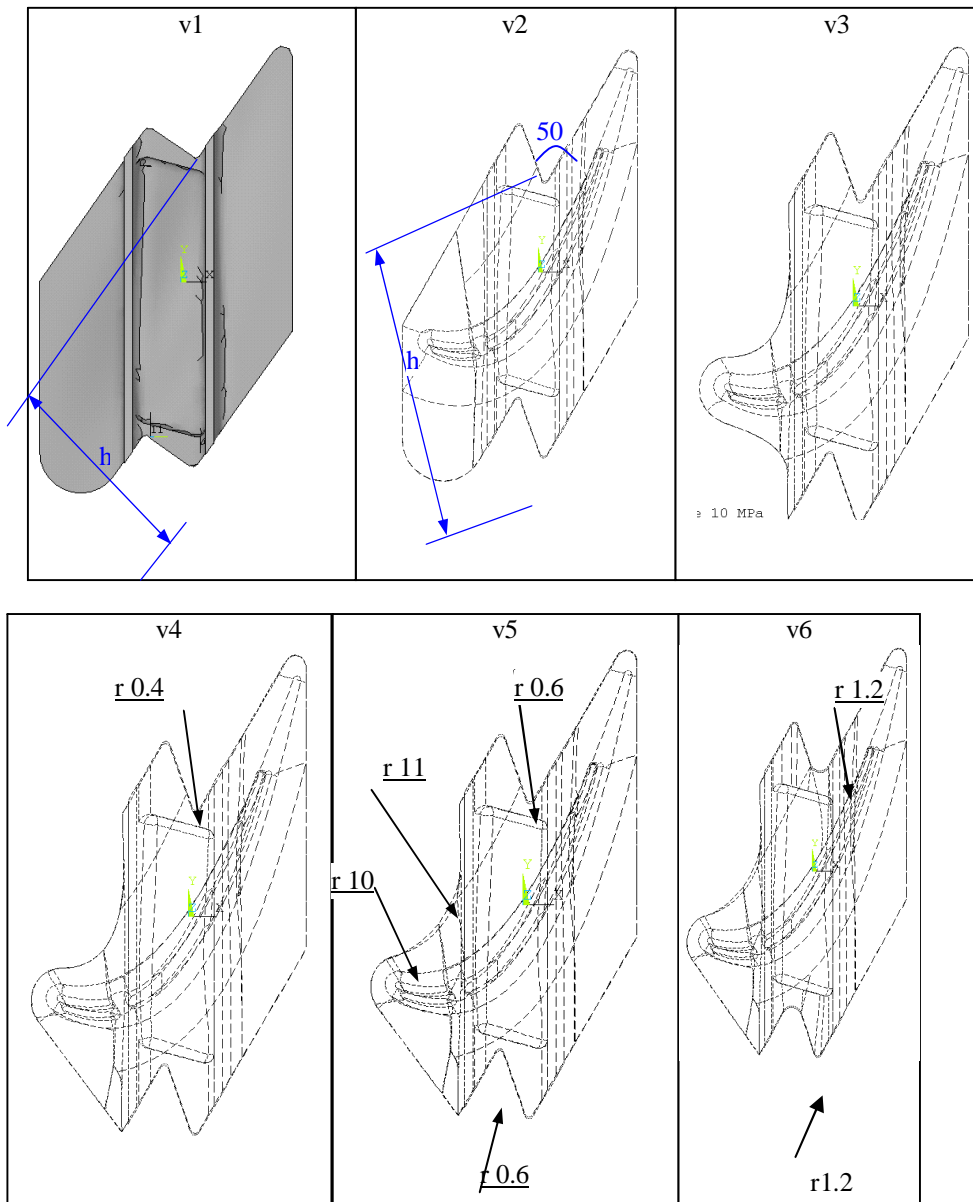


Рис. 1. Варианты конструкции бандажной полки ТВД №№ 1, 2 и 3 (слева направо
вверх) и №№ 4, 5 и 6 (слева направо вниз).

Вывод. При проектировании бандажных полок лопаток газовых турбин необходимо учитывать условия нагружения на расчетных режимах, длительности работы, монтажный натяг, требования газовой динамики, технологичности и т.д.

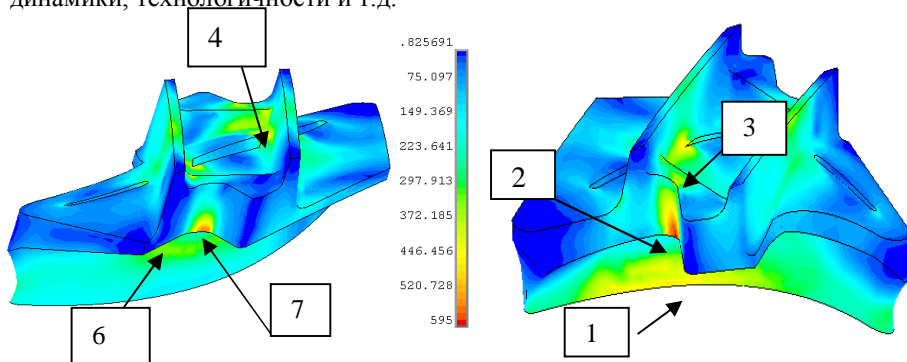


Рис. 2. Напряжения Мизеса в конструкции №6

Таблица 2. Сравнительные результаты расчета «опасных» зон лопатки с различными конфигурациями бандажной полки.

Модель №	p, МПа	Зона	1	2	3	4	6	7
3	0	T°C	710.03	694.87	682.53	674.37	668.32	
		σ_{Mises} , МПа	324.38	641.98	692.26	552.05	624.35	
		K_m	1.493	0.817	0.8083	1.0553	0.9604	
		K_m^{eqv}	1.483	1.141				
	20	σ_{Mises}	446.7					
		K_m	1.171					
	28	σ_{Mises} , МПа	494.0					
		K_m	1.043					
	40	σ_{Mises} , МПа	567.69	738.79				
		K_m	0.8530	0.7102				
4	0	T°C	698.68	694.11	682.52	674.37		
		σ_{Mises} , МПа	397.57	642.63	687.72	584.36		
		K_m	1.293	0.8198	0.8136	0.9969		
	20	σ_{Mises} , МПа	434.18	720.25	662.06	559.54		
		K_m	1.1838	0.7315	0.8452	1.0411		
	28	σ_{Mises} , МПа	459.63	726.28	673.74	560.78		
		K_m	1.1182	0.7254	0.8305	1.0388		
		K_m^{eqv}	1.281	0.979	1.118	1.342		
5	28	T°C	711.22	692.64	682.51	674.37	667.51	
		σ_{Mises} , МПа	510.53	715.48	679.55	538.31	713.12	

		K_m	0.9425	0.7422	0.8235	1.0822	0.8440	
		K_m^{eqv}	1.206	1.102	1.159	1.413	1.157	
6	0	$T^{\circ}C$	723.77	692.81	682.57	679.00	666.55	662.89
		σ_{Mises}, MPa	389.11	275.70	388.10	505.62	269.86	656.85
		K_m	1.2812	1.8529	1.3854	1.0819	2.1479	0.897
	28	σ_{Mises}, MPa	416.70	530.59	423.87	503.87	503.97	540.93
		K_m	1.0341	0.9641	1.2726	1.0920	1.1568	1.0961
	35	σ_{Mises}, MPa	474.63	595.00	438.48	504.41	565.70	512.17
		K_m	0.9079	0.8586	1.2260	1.0845	1.0246	1.1505
		K_m^{eqv}	1.245	1.166		1.586	1.306	1.432

ВОЗДЕЙСТВИЕ УДАРНЫХ НАГРУЗОК НА ВЕНТИЛЯТОРНЫЕ И КОМПРЕССОРНЫЕ ЛОПАТКИ

*Воробьев Юрий Сергеевич, Чернобрышко Марина Викторовна,
Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины,
Украина, 61046, г. Харьков, ул. Дм. Пожарского, 2/10,
тел. (+380572) 94-15-24, vorobiev@ipmach.kharkov.ua*

Лопаточный аппарат современных турбомашин является наиболее ответственной и нагруженной их частью. В ряде случаев локализация напряжений возникает в зоне ударного воздействия на вентиляторные и компрессорные лопатки. Теоретико-экспериментальные исследования показывают, что динамические напряжения при локальном ударе даже телом малой массы могут превышать динамический предел текучести материала, а иногда и динамический предел прочности [1]. Как результат – повреждения, влияющие на дальнейшую безаварийную эксплуатацию лопаток. Однако следует заметить, что вопрос влияния ударно-импульсной нагрузки на входную кромку лопатки компрессора остается открытым, поэтому целесообразно более детальное исследование динамического напряженно-деформированного состояния в зоне удара с учетом динамических свойств материала.

Рассматривается фрагмент лопатки вблизи входной кромки, представляющий собой трехмерную зону, размеры которой значительно превышают размеры тела, совершающего локальный контактный удар по поверхности лопатки. В областях упругих и пластических деформаций динамическое напряженно-деформированное состояние рассматривается на основе деформационной теории пластичности.

Импульсная нагрузка рассматривается в виде однократного затухающего во времени импульса, приложенного в ограниченной области. Переход от упругой стадии деформирования к пластической

происходит, когда интенсивность напряжений достигает динамического предела текучести, полученного с учетом динамических характеристик материала. Задача решается с применением адаптивных конечных разностей по пространственным и временной координатам. Это дает возможность построить конечно-разностную сетку с различными шагами по пространственным координатам и по времени, что отражает различные градиенты перемещений по различным координатам.

Как показывают предварительные исследования, поставленная динамическая задача носит ярко выраженный нелинейный характер. Решение методом конечных разностей при правильно подобранном шаге интегрирования позволяет получить наиболее точное решение в узлах конечно-разностной сетки. Выбор достаточно малого шага позволяет провести пошаговую кусочную линеаризацию существенно нелинейной задачи, не внося недопустимых погрешностей, т.к. линеаризация осуществляется пошагово, и на каждом шаге учитывается изменение свойств материала и соответствующее изменение параметров скоростной упругопластической деформации. В результате нелинейный процесс аппроксимируется кусочно-линейным как по пространственной координате, так и по времени. На каждом шаге вычисляются интенсивности напряжений, и проводится контроль их величины. Если превышает динамический предел текучести, то происходит переход от упругой стадии деформирования к пластической. При развитии деформации в пластической стадии, проводится также проверка возможности появления трещин и разрушений. Для этого используются критерии прочности. Наиболее приемлем в данном случае критерий Писаренко-Лебедева

Исследовалось напряженно-деформированное состояние локальной трехмерной области лопатки компрессора из титанового сплава. Воздействие частицы на лопатку рассматривалось при скорости соударения 150 м/с (рис. 1а) и 200 м/с (рис. 1б). Длительность импульса соответствовала величине 10^{-5} с^{-1} .

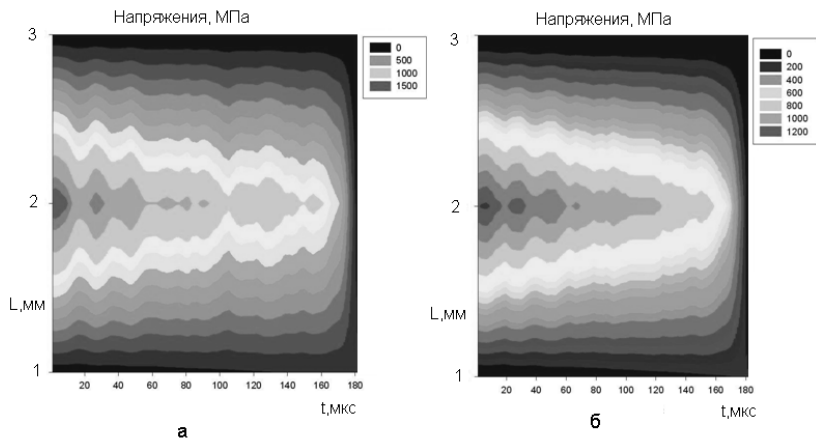


Рис. 1 – Интенсивность напряжений в зоне удара

Численные исследования, проводимые для всей конструкции оказываются достаточно громоздкими. Целесообразно их проводить в ограниченной области по пространственным и временной координатам [2]. Такой подход диктуют предварительные исследования, подтверждающие локализацию деформационного процесса [3]. При этом проводится пошаговая линеаризация с контролем величины интенсивностей напряжений, что позволяет своевременно переходить от стадии упругого деформирования к стадии пластического деформирования. Решение задачи опирается на экспериментальные эмпирические зависимости между интенсивностями напряжений, деформаций и скоростей деформаций, а также температурных параметров. Результаты исследований показывают существенную локализацию деформационного процесса. Сопоставление результатов вычислений с динамическим пределом прочности позволяет прогнозировать возникновение повреждения или трещины.

1. Воробьев Ю.С. Динамика лопатки компрессора при локальном импульсном воздействии / Ю.С. Воробьев, М.В. Чернобрылко // Авиационно-космическая техника и технология. 2007. – № 10/46. – С. 59 - 61.

2. Воробьев Ю.С., Чернобрылко М.В. Моделирование высокоскоростных деформационных процессов с использованием адаптивных вычислительных методов // Механiка та машинобудування. – 2009.- № 1 - С. 112-119.

3. Чернобрышко М.В., Воробьев Ю.С. Анализ динамического напряженного состояния элементов конструкций при импульсном нагружении // Вестник СевГТУ. – 2009. – Вип. 97: Механика, энергетика, экология. – С. 3-6.

ОСОБЕННОСТИ КОЛЕБАНИЙ РАБОЧИХ КОЛЕС ГТД С МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИМИ ЛОПАТКАМИ

*Воробьев Юрий Сергеевич, Чугай Марина Александровна,
Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины,
Украина, 61046, г. Харьков, ул. Дм. Пожарского, 2/10,
тел. (+380572) 94-15-24, vorobiev@ipmach.kharkov.ua*

Рабочие колеса с различными типами бандажной связи широко используются в современных газовых турбинах. Повышение эффективности ГТД связано с ростом максимальной температуры газа. Поэтому, как для первой ступени газовой турбины, так и для последующих, используются монокристаллические жаропрочные сплавы, обладающие высокими жаропрочными свойствами. НДС таких лопаток как при статических нагрузках, так и, особенно, при колебаниях существенно зависит от кристаллографической ориентации (КГО) материала. Выбор КГО материала связан с учетом ряда факторов, зависящих от геометрии лопатки, температурных полей, влияния центробежных сил и форм колебаний лопаток, что приводит к актуальности исследований в этой области. Для охлаждаемых монокристаллических лопаток, как правило, используются сплавы с КГО [001]. Для неохлаждаемых лопаток выбор КГО неоднозначен.

Объектом исследования является бандажированное рабочее колесо газовой турбины с монокристаллическими неохлаждаемыми лопатками. Венец лопаток имеет разрезную бандажную связь из цельнофрезерованных полок, которые имеют предварительный натяг, натяг от центробежных сил и могут совершать взаимные перемещения при колебаниях. Были проведены детальные исследования собственных частот, форм колебаний и распределения относительных напряжений для рабочего колеса с лопатками из поликристаллического и монокристаллического материала с азимутальными КГО [001] и [111]. Рассмотрены варианты для сплошной бандажной связи и при взаимном перемещении контактных поверхностей полок, как с сопротивлением, так и без сопротивления.

Собственные частоты рабочего колеса с поликристаллическими лопатками для зонтичных форм колебаний снижаются на 8-10%, так как

при таких формах колебаний связь деформируется относительно слабо. Для форм с узловыми диаметрами собственные частоты снижаются от 15% для формы с 1 узловым диаметром до 50% для формы с 10 узловыми диаметрами. Далее снижение частот происходит до 60% для форм с 20 узловыми диаметрами. Для рабочих колес с монокристаллическими лопатками с КГО [001] падение частот за счет разрезной связи без сопротивления составляет для зонтичных форм колебаний 11-12%, а для форм с узловыми диаметрами 15-63%. Для рабочих колес с монокристаллическими лопатками с КГО [111] снижение частот за счет разрезной связи составляет 5-12% для зонтичных форм колебаний и 7,5-60%, для форм с узловыми диаметрами.

На основании результатов расчетов построены графики, показывающие изменение спектра частот рабочих колес с лопатками из разных материалов. Графики показывают не только снижение собственных частот, но и сгущение спектра частот. Этот факт оказывается весьма важным при отстройке от опасных резонансных режимов.

На рис. 1 представлены формы колебаний рабочего колеса с разрезной связью с КГО [001]. Анализ форм колебаний и распределения относительных интенсивностей напряжений показывает, что наибольшие изменения возникают при сопоставлении форм колебаний рабочих колес со сплошной бандажной связью и разрезной бандажной связью за счет взаимного перемещения полок.

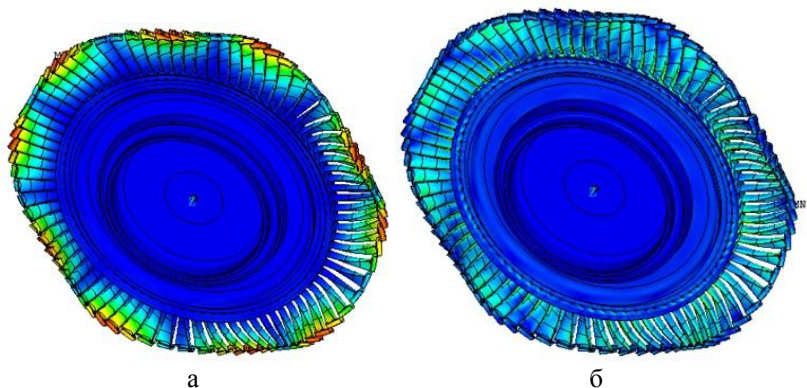


Рис. 1. Форма перемещений (а) и поля интенсивностей напряжений (б) при колебаниях с 5-ю узловыми диаметрами, 970,5 Гц (монокристаллическая лопатка с КГО [001], проскальзывание с сопротивлением)

Наименьшие изменения претерпевают формы зонтичных колебаний, так как при этих формах колебаний связи испытывают меньшие деформации, чем при формах колебаний с узловыми диаметрами.

За счет взаимного перемещения контактирующих поверхностей полочных связей существенно уменьшаются относительные напряжения в связях и периферийных частях лопаток. Формы колебаний лопаток становятся ближе к преимущественно крутильным. Поэтому наибольшие относительные напряжения наблюдаются как на входной, так и выходной кромках лопаток вблизи корневых сечений.

Материал лопаток влияет на характеристики системы с взаимным перемещением полок несколько иначе, чем для системы со сплошной бандажной связью.

Формы перемещений мало зависят от материала лопаток и существенно от вида бандажной связи (сплошная или разрезная). Вид связи меньше влияет на формы зонтичных колебаний и больше на формы с узловыми диаметрами, это влияние увеличивается с ростом числа узловых диаметров. Натяг полок слабо влияет на формы перемещений и напряжений. Распределение относительных интенсивностей напряжений заметно меняется при переходе от сплошной связи к разрезной. При этом снижаются относительные напряжения в связях и периферийной части лопаток и увеличиваются вблизи корневых сечений.

Для данного рабочего колеса наибольшие относительные напряжения наблюдаются в большинстве случаев на входной кромке лопаток вблизи корневого сечения для низших форм и периферийной части лопаток для высших форм. При ориентации КГО лопаток [001] формы колебаний лопаток становятся преимущественно крутильными, а наибольшие относительные напряжения наблюдаются как на входной, так и выходной кромках лопаток. При ориентации [111] формы колебаний лопаток ближе к изгибным.

КГО лопаток [111] обеспечивает более высокие собственные частоты рабочего колеса по сравнению с ориентацией КГО [001]. Выбор основной КГО материала лопаток следует производить с учетом всех факторов для разрабатываемой конструкции.

СЕРТИФИКАЦИОННОЕ ИСПЫТАНИЕ НА ОБРЫВ ЛОПАТКИ ВЕНТИЛЯТОРА ОХЛАЖДЕНИЯ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ

Для обеспечения выполнения требований по обрыву лопатки на максимальной частоте вращения на основании расчетов были разработана специальная конструктивная модель подрезки обода диска и лопатки и выпущены чертежи, по которым была осуществлена подрезка лопатки и диска вентилятора охлаждения силовой установки вертолёта.

Внешний вид рабочего колеса охлаждения показан на рисунке 2



Рис.2 Рабочее колесо с подрезанными ободом диска и лопаткой а- вид сверху, б-вид сбоку.

Затем вентилятор охлаждения был поставлен на разгонный стенд Э-1029 ЦИАМ на сертификационные испытания и проведены испытания по обрыву лопатки в полном соответствии с программой испытания, утвержденной Авиационным Регистром МАК.

Лопатка оборвалась по утонённой ножке на частоте вращения 11280об/мин, что соответствует 114% от рабочих оборотов ротора вентилятора охлаждения силовой установки АНСАТ, и вылетела вперёд по ходу вращения и упала на пол у разгонной камеры на расстоянии 0.98м от плоскости вращения вентилятора. Оборванная лопатка ударилась о соседнюю лопатку и смяла ее (рис.3).

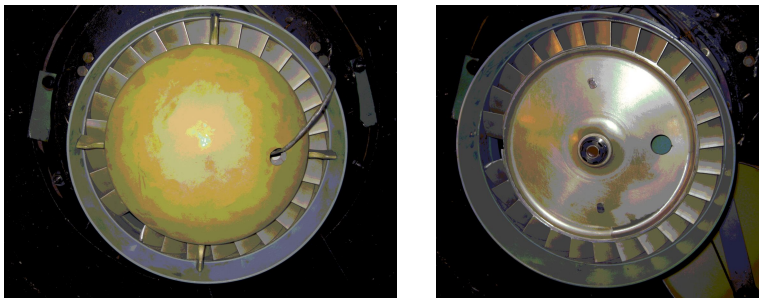


Рис.3 Корпуса вентилятора охлаждения в разгонном стенде после обрыва лопатки (с коком и после снятия кока)

При этом стойка слева, крепящая капот, развернулась и на ней срезался один болт. После снятия кока вентилятора охлаждения, было обнаружено, что отверстие, в котором был срезан болт, имеет следы деформации, а на внутренней стороне корпуса видны следы касания лопаток с внутренним покрытием корпуса.

Корпус вентилятора после снятия со стенда и разборки не имел видимых разрушений, кроме незначительных деформаций по отверстиям крепления стоек.

Результаты испытаний подтвердили соответствие типовой конструкции вентилятора охлаждения требованиям сертификационного базиса в части удержания фрагментов лопатки при её обрыве на максимальной возможной в эксплуатации частоте вращения.

СИСТЕМНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РОТОРНЫХ СИСТЕМ И ON-LINE ДИАГНОСТИКА АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Сокол Владимир Морицевич

Израильская независимая Академия развития науки

Телефоны: +972 72 211 32 05; +972 54 77 65 65 8. E-mail: ymsokol@gmail.com

Из ряда авиационных катастроф можно выделить катастрофы с трудно диагностируемой причиной, квалифицируемой обычно как «человеческий фактор». Ретроспективный анализ таких катастроф, выполненный на основе метода полных бифуркационных групп [1 – 3], показывает, что причиной таких катастроф может быть возникновение бифуркационных групп, протуберанцев и вредных редких аттракторов на нелинейных участках амплитудно-частотной характеристики (АЧХ)

роторной системы авиационного двигателя. Проблема, однако, состоит в сложности использования метода полных бифуркационных групп и идентификации аварийного состояния в режиме реального времени.

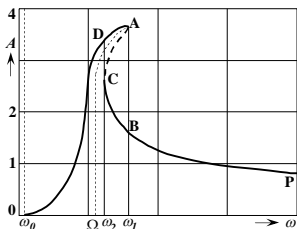


Рис. 1. АЧХ ротора при переменном коэффициенте жесткости

радиальных колебаний, Ω – резонансная частота, F_0 – амплитуда колебаний вынуждающей силы, ω – угловая скорость, t – время.

Однако в реальных роторных системах контактная жесткость при точечном или линейном контакте рабочих поверхностей опор изменяется по квадратичному закону, и коэффициент жесткости

$$c = c_0 + c_1 x^2, \quad (2)$$

где c_0 – среднее значение жесткости, c_1 – жесткость, обусловленная изменением нагрузки при радиальном смещении r .

С учетом (2) уравнение (1) приобретает вид [4]:

$$m \ddot{x} + b_r \dot{x} + (c_0 + c_1 x^2)x = F_1 + F_0 \sin \omega t, \quad (3)$$

где F_1 – среднее значение вынуждающей силы.

Очевидно, что переменный коэффициент жесткости (2) является причиной нелинейности уравнения движения (3) ротора.

Уравнение (3) описывает одну из множества задач, относящихся к области нелинейной динамики и нелинейной теории колебаний, для решения которых используются различные приближенные аналитические методы [4].

АЧХ $A = f(\omega)$ ротора, определяемая уравнением (3), представлена на рис. 1. Характерный для этой АЧХ сдвиг резонансной частоты Ω в сторону больших значений ω при увеличении (до резонансных значений) амплитуды A колебаний обусловлен увеличением жесткости подвеса (2) при условии

$$x|_{\omega=\Omega} = A_{\max} \text{ и, следовательно, увеличением значения } \Omega = \sqrt{c(x) \cdot m^{-1}}.$$

Принято считать, что при разгоне ротора до угловой скорости $\omega_1 = \Omega_{\max}$ происходит скачкообразное уменьшение амплитуды колебаний из точки А (рис. 1) в точку В, а при его торможении до угловой скорости

Радиальное смещение x ротора, вращающегося по линейному закону, определим дифференциальным уравнением 2-го порядка [4]:

$$m \ddot{x} + b_r \dot{x} + cx = F_0 \sin \omega t, \quad (1)$$

где m – масса ротора, $b_r = 2m\mu_x$,

$c = m\Omega^2 = const$ – жесткость подвеса, μ_x – коэффициент демпфирования

$\omega_2 \approx \Omega$ – скачкообразное увеличение амплитуды колебаний из точки С в точку D. Однако в действительности зона АВ неустойчивости амплитудно-частотной характеристики (рис. 1) характеризуется многорежимностью нелинейной системы и невозможностью системного обнаружения полного набора всех нелинейных режимов традиционными методами нелинейной динамики [2].

Причина такой многорежимности обусловлена возможным появлением бифуркаций и порождаемых ими протуберанцев (M_1N_1 и M_2N_2 , рис. 2) в зоне неустойчивости [1, 2]. Такие протуберанцы могут генерировать

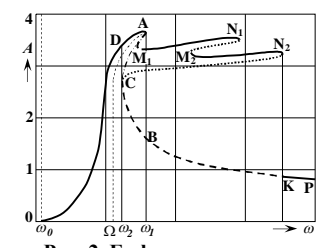


Рис. 2. Бифуркации в зоне неустойчивости нелинейной АЧХ

новые бифуркации и протуберанцы, которые, в свою очередь, способны генерировать новые бифуркации и протуберанцы, и т.д. Возникновение бифуркаций и вызванных ими протуберанцев в зоне неустойчивости АК (в диапазоне частот $\omega_1 < \omega < \omega_3$, рис. 2) приводит к появлению опасных промежуточных устойчивых состояния (отображаемых участками M_1N_1 и M_2N_2 АЧХ на рис. 2) и характеризующих

многорежимность системы. При этом процесс возникновения бифуркаций и протуберанцев становится лавинообразным [2]. Возникающие таким образом бифуркационные группы могут генерировать появление хаотических и редких аттракторов, порождаемых неустойчивыми режимами [5]. В этом случае система может иметь несколько разделенных между собой бифуркационных групп, каждая из которых может иметь сложную структуру с бифуркациями и редкими аттракторами (рис. 3) [6]. Возникновение таких эксплуатационных режимов в реальных роторных системах может быть вызвано как изменением структурных параметров системы, так и изменением ее состояния (ее фазовыми координатами) [2, 5]. Очевидно, что процессы, обусловленные лавинообразно порождаемыми бифуркациями (точки B_1 и B_2 , рис. 3), протуберанцами и редкими аттракторами (RA1 и RA2, рис. 5), могут являться

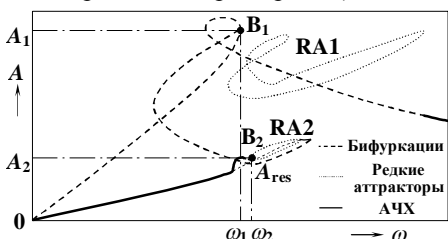


Рис. 3. Реальная АЧХ нелинейной системы

причинами

трудно диагностируемых

техногенных катастроф. Так, бифуркация B_1O на рис. 3 может быть причиной самопроизвольного останова роторной системы (например, турбины авиационного двигателя) и причиной такой катастрофы. Редкий аттрактор $RA1$ является причиной стабильной во времени и сопровождаемой частотными

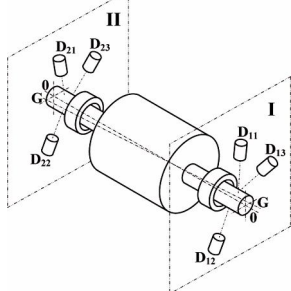


Рис. 4. Система датчиков комплексного измерения механических параметров вращающегося ротора
 00 – ось симметрии,
 GG – ось вращения ротора

вибрациями аномально высокой амплитуды, многократно превосходящей амплитуду вибрации в зоне резонанса. Такой режим способен в течение короткого времени разрушить турбину двигателя и привести к техногенной катастрофе. Отметим также, что периодический негармонический режим работы турбины авиационного двигателя порождает резонансы высших порядков, количество которых соответствует количеству гармоник ряда Фурье, причем зона каждого резонанса может сопровождаться многорежимностью и лавинообразным процессом возникновения бифуркаций, протуберанцев и редких аттракторов.

Сложность идентификации таких режимов состоит в том, что, во-первых, они случаются достаточно редко при определенном сочетании конструктивных и фазовых параметров, и, во-вторых, они обусловлены только многорежимностью нелинейной системы и происходят при полностью исправном оборудовании, т.е. не идентифицируются существующими системами управления и контроля. Очевидно также, что своевременное изменение параметров и/или фазовых координат роторной системы, порождающих редкие аттракторы, позволило бы выйти из аварийного режима и избежать возможной техногенной катастрофы [7]. Из этого следует, что диагностика (в режиме реального времени) процессов, порождаемых бифуркациями, протуберанцами и редкими вредными аттракторами, является средством, устраняющим связанную с ними опасность техногенных катастроф и повышающим надежность эксплуатации авиационных двигателей. Из этого следует также необходимость непрерывного измерения механических параметров (в их естественной взаимосвязи и с учетом фазовых координат) для предотвращения аварийных ситуаций и техногенных катастроф.

Непрерывное измерение и идентификацию системы параметров вращающегося ротора можно обеспечить с помощью системы датчиков, располагаемых в опорных или близких к ним плоскостях (по три датчика в каждой плоскости) роторной системы (рис. 4) [8, 9]. Метод измерения (идентификации), основанный на измерении расстояний s_{ij} между датчиками D_{ij} и противоположащими точками поверхности ротора, позволяет определить

(вычислить на основе этих измерений) пространственное положение оси симметрии и оси вращения [10, 11], мгновенное значение угловой скорости [12, 13], мгновенные значения амплитуды радиального смещения ротора [12 – 15], мгновенные значения радиуса кривизны ротора (или его вала) [11, 15], мгновенные значения эксцентриситета массы и параметров дисбаланса [14, 16], мгновенные значения коэффициента демпфирования колебаний [17, 18], момент инерции (при известной массе ротора) и тензор инерции [18 – 20], силовые характеристики ротора [17, 18] и его механическую характеристику $M = f(\omega)$ [18, 21], а также коэффициент сопротивления вращению [18]. Кроме этого, метод позволяет идентифицировать и дифференцировать причины вибрации ротора [12, 14, 15, 22].

Очевидно, что совокупность измеренных в момент времени t_1 расстояний s_{ij} и идентифицируемых на основе этих измерений перечисленных выше параметров роторной системы может быть представлена в виде точки n -мерного пространства (где n – количество идентифицируемых параметров). Очевидно также, что совокупность параметров, определяемых в момент времени $t_2 = t_1 + \tau$ (где τ – время подготовки измерительной системы к последующему измерению), представляет собой последующую контролируемую точку n -мерного пространства с изменившимися в течение промежутка времени τ параметрами. Из этого следует, что каждая точка n -мерного пространства представляет собой точечное отображение состояния роторной системы [23, 24].

Интервал времени τ определяется быстродействием измерительной системы (датчиков D_{ij} и вычислительной системы). При условии $\tau \ll T$ (где T – период колебаний) множество точечных отображений, определяемых в течение каждого оборота роторной системы и на протяжении ее полного рабочего цикла, позволяет определить пространство состояний роторной системы в режиме реального времени [7, 24, 25].

Множество точечных отображений и пространство состояний, идентифицируемые в режиме реального времени, позволяют осуществлять полный бифуркационный анализ [1, 3, 6] роторной системы в процессе ее эксплуатации [24, 25]. Из этого следует, что упомянутый выше метод идентификации параметров роторных систем [8 – 22] позволяет наряду с идентификацией динамических параметров применить метод полных бифуркационных групп для полного анализа состояния роторной системы в режиме реального времени, включая нелинейные режимы, а также порождаемые этими режимами промежуточные устойчивые состояния и редкие вредные аттракторы.

Библиография

- [1]. Андронов А.А. и др. *Теория бифуркаций динамических систем на плоскости*. Москва: Наука, 1967. – 487 с.
- [2]. Zakrzhevsky M. New Concept of Nonlinear Dynamics: Bifurcation Groups, Protuberances, Unstable Periodic Infinitiums and Rare Attractors. *Journal of Vibroengineering*, 2008. 10 (4), pp. 421-441.
- [3]. Zakrzhevsky M. Rare Attractors and the Method of Complete Bifurcation Groups in Nonlinear Dynamics and the Theory of Catastrophes. *Proceedings of the DSTA-2009 “Dynamical Systems – Theory and Applications”*, Lodz (Poland), 2009, pp. 671-678.
- [4]. Левитский Н.И. *Колебания в механизмах*. Москва: Наука, 1988. – 336 с.
- [5]. Leonov G.A. *Strange Attractors and Classical Stability Theory*. St. Petersburg University Press, 2008. – 161 p.
- [6]. Yevstignejev V., Zakrzhevsky M., Schukin I. Bifurcation Analysis by Method of Complete Bifurcation Groups of the Driven System with Two Degrees of Freedom with Three Equilibrium Positions, *Journal of Vibroengineering*, 2008. 10 (4), pp. 519-528.
- [7]. Sokol V.M. Stochastic Modelling of State Space of Rotating Rotor Systems. *Proceedings of the International Symposium on Stochastic Models in Reliability Engineering, Life Sciences and Operations Management (SMRLO'10)*. – Beer-Sheva (Israel): Sami Shamon College of Engineering, 2010, pp. 1058-1065.
- [8]. Сокол В.М. Непрерывное измерение стохастических механических параметров роторных систем как фактор повышения надежности. *Сб. трудов Международной научно-технической конф. «Повышение качества, надежности и долговечности технических систем и технологических процессов»*, Шарм эль Шейх (Египет), 2005, стр. 89-95.
- [9]. Сокол В.М. Комплексная система непрерывного измерения динамических параметров роторов. *Сб. трудов Международной научной конф. «Современные достижения в науке и образовании»*, Нетания (Израиль), 2007, стр. 96-101.
- [10]. Сокол В.М. К вопросу об идентификации стохастических механических параметров ротора. *Труды Института прогрессивных исследований*, Вып. 5. Арад: Изд-во ИПИ, 2005, стр. 49 – 55.
- [11]. Сокол В.М. Геометрические основы непрерывного системного измерения параметров вращающегося ротора. *Сб. докладов научной конф. «Исследования в области управления и диагностики»*, Арад (Израиль), 2009, стр. 40 – 48.
- [12]. Sokol V.M. Some problems of the differentiated vibration measurement of rotors systems. *Journal of Vibroengineering*. 2009. 11 (3). 392- 399.
- [13]. Сокол В.М. Математические методы идентификации динамических параметров и характеристик роторных систем. *Труды Института прогрессивных исследований*, Вып. 6. Арад: Изд-во ИПИ, 2006, стр. 19 – 34.
- [14]. Sokol V.M. Amplitude of Radial Oscillations and Imbalance Parameters of the Rotating Rotor. *Journal of Vibroengineering*, 2010. 12 (3) (статья принята к публикации).
- [15]. Сокол В.М. Метод измерения вибрации ротора. *Ученые записки Израильской независимой Академии развития наук*, Хайфа (Израиль): 2009. Том 16, стр. 29 – 35.

- [16]. Сокол В.М. Измерение параметров дисбаланса вращающихся роторов в процессе их эксплуатации. *Сб. трудов 2-й Международной научной конф. «Современные достижения в науке и образовании»*, Нетания (Израиль), 2008, стр. 6 – 8.
- [17]. Сокол В.М. Силовые характеристики динамики неуравновешенных вращающихся роторов (математическая модель). *Сб. трудов VII Международной научно-технической конф. «Повышение качества, надежности и долговечности технических систем и технологических процессов»*, Шарм эль Шейх (Египет), 2008, стр. 39-44.
- [18]. Сокол В.М. Идентификация инерционных характеристик вращающегося ротора в режиме ON-LINE. *Доклады Израильской независимой Академии развития наук, серия «Прикладная механика»*, 2010. Т. 1, вып.1 (статья принята к публикации).
- [19]. Сокол В.М. Момент инерции и колебания статически неуравновешенного ротора. *Труды Института прогрессивных исследований. Вып. 3*. Арад: Изд-во ИПИ, 2003, стр. 7 – 31.
- [20]. Сокол В.М. Тензор инерции и колебания динамически неуравновешенного ротора. *Труды Института прогрессивных исследований. Вып. 4*. Арад: Изд-во ИПИ, 2004, стр. 13 – 20.
- [21]. Сокол В.М. и др. Измерение механических характеристик мотор-подшипников. *Механизация и автоматизация производства*, 1989, 11, 19 – 21.
- [22]. Сокол В.М. Системное измерение параметров ротора. Метод измерения вибрации. *Сб. трудов 3-й Международной научной конф. «Современные достижения в науке и образовании»*, Тель-Авив (Израиль), 2009, стр. 12 – 16.
- [23]. Неймарк Ю.И. *Метод точечных отображений в теории нелинейных колебаний*. Москва: Наука, 1972. – 471 с.
- [24]. Sokol V.M. Method of Dot Mappings in Measurement of Dynamic Parameters of Rotor Systems. Material of the International Symposium on Rare Attractors and Rare Phenomena in Nonlinear Dynamics, Riga – Jurmala, 2008, pp. 104 – 108.
- [25]. Sokol V.M. Method of Dot Mappings in Measurement of Dynamic Parameters of Rotary Systems. *Journal of Vibroengineering*. 2008. 10 (4). 451 – 455.

RELIABILITY OF THE VIBRATORY ASSEMBLY

Bronius Baksys¹, Jolanta Baskutiene²

Kaunas University of Technology, Kestucio St 27, 44312 Kaunas, Lithuania,

¹ - phone: +370 37 323721; e-ma : bronius.baksys@ktu.lt, ² -e-mail: jbask@ktu.lt

Vibratory assembly is based on the movably based part's plane directional motion along the vertical plane, which consists of the displacement and turn of the part [1]. Because of such motion of the part it is possible to compensate the positional part-to-part errors of the being assembled parts in assembly position and so to match the connective surfaces of the parts. The joining of the parts is possible only after mentioned surfaces get reliably matched. The directional motion of the movably based part occurs due to

vibratory excitation along the joining axis direction. The movably or immovably based part may be provided with vibratory excitation. The parts in assembly position should be located so, that one of the parts is pressed to the other by the predetermined magnitude force. The process of vibratory assembly consists of two main stages, i.e. of part-to-part alignment and their joining [2]. During the alignment stage the part-to-part positional errors are compensated and so the connective surfaces are matched. Then the unhindered assembly of the parts is possible. This work considers an experimental analysis of the part-to-part alignment under kinematical excitation of the movably based shaft or located on the vibratory platform bushing. The reliability of the assembly process mainly is predetermined by the reliability of the part-to-part alignment.

Experimental setup comprises the electromagnetic vibrator 1, which through the elastic element 2 (38 mm length, 28 mm diameter and 0.04 N/mm axial rigidity bellow) provides excitation to the shaft 3 (Fig. 1, a). The bushing 4 is immovably based in locating device 5. The vibrator with the bellow may be vertically displaced and so parts' pressing force may be varied. The experiments were carried out aiming to align the 29.90 mm diameter shaft in respect of the 30.00 mm diameter hole of the bushing and also carrying the alignment of the 15x10 mm rectangular cross-section shaft in respect of the 15.10 mm width slot (Fig. 1, b).

Initially the shaft is pressed to the bushing by predetermined force and axial misalignment of the parts exists. When the oscillator is turned on the measurement system records the start of the alignment. Kinematically excited shaft moves towards the bushing's axis. As connective surfaces of the parts get matched, the measurement system records the end of the alignment. This way duration of the alignment is defined.

The excitation frequency has high influence both on the duration and reliability of the alignment (Fig. 2). Under $F = 1$ N pressing force, circular cross-section parts are aligned only under higher than 70 Hz frequency excitation (Fig. 2, a). The rectangular cross-section parts' alignment duration dependences on excitation frequency have obvious minimum within the 60 – 80 Hz frequency range. As excitation frequency is outside this range, the duration of the alignment considerably increases (Fig. 2, b).

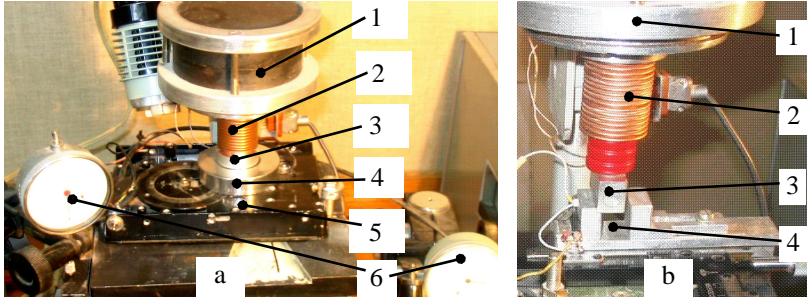


Fig. 1 Experimental setup: **a** – for circular cross-section parts alignment, **b** – for rectangular cross-section parts; **1** – electromagnetic vibrator; **2** – elastic element (metal bellow); **3** – shaft; **4** – bushing; **5** – locating table; **6** – indicators

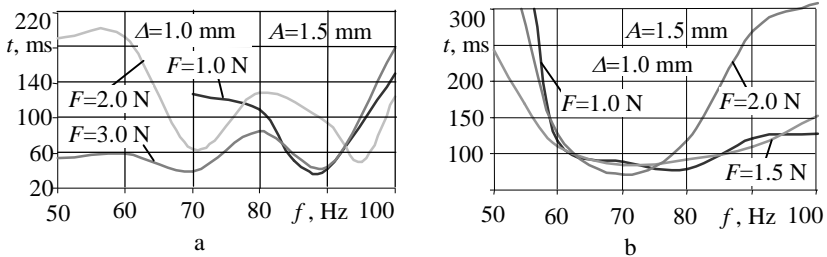


Fig. 2 Parts' alignment duration t versus excitation frequency f under different pressing force F : **a** – for circular cross-section parts; **b** – for rectangular cross-section parts, A – excitation amplitude, Δ – axial misalignment

Both the alignment duration and range of the excitation frequencies, when the alignment of the parts is possible, depend on the parts' pressing force (Fig. 3). It is possible to align the circular cross-section parts only if the excitation frequency of the shaft and pressing force magnitudes are properly matched. As the pressing force increases, it is necessary to increase the frequency of the shaft excitation (Fig. 3, a). Furthermore, it is possible to define the particular magnitude of the circular parts' pressing force, which results the minimum duration of the alignment. The increase in pressing force causes continuous increase in duration of the rectangular cross-section parts alignment and a more broad range of the shaft excitation frequencies where the alignment takes place (Fig. 3, b).

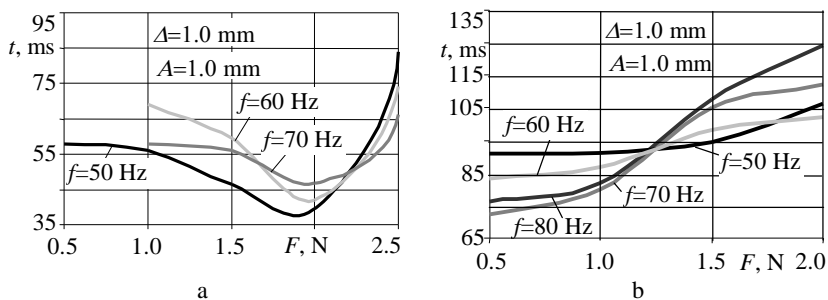


Fig. 3 Part-to-part alignment duration dependences on pressing force F : a – for circular cross-section parts; b – for rectangular cross-section parts

Aiming to expand the technological possibilities of the vibratory assembly, the immovable bushing, instead of the movably based shaft, may be subjected to vibratory excitation. The experimental setup was slightly modified and used for the experiments. The metal bellow with the shaft was attached to the holder, while the bushing was based on the vibrator table and provided with vertical vibratory excitation along the joining axis direction. The same as during the kinematical excitation of the shaft, an initial preload between the parts is made, which causes the shaft tilt in respect of the bushing's axis by some few degree angle. During the vibratory excitation of the bushing, results the appearance of the horizontal component of the normal reaction at the contacting surfaces, which forces the movably based shaft to move along the bushing's axis and turn in respect of the same axis. Due to displacement and turn of the shaft, part-to-part location errors in assembly position are compensated and thus the conditions for unhindered insertion of the shaft into the hole of the bushing are stated. For mentioned experiments the same cylindrical parts, as in the shaft excitation analysis, have been used. In rectangular cross-section parts' alignment experiments 29.9 x 12.0 mm shaft and 30.0 mm width slot were used.

Based on the experimental data the areas of the excitation and dynamic system parameters' sets were determined, where the part-to-part alignment goes reliably (Fig. 4). Therefore, it is possible to conclude, that exists particular range of excitation frequencies, wherein the alignment process is reliable under particular values of the excitation amplitude and initial pressing force. The excitation of the immovably based bushing by the predetermined frequency and amplitude vibrations provides possibility to ensure reliable alignment of the circular and rectangular cross-section parts under existing axial misalignment up to few millimetres.

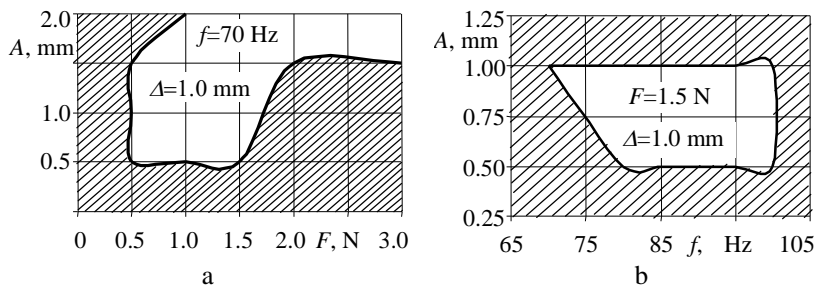


Fig. 4 Area of reliable part-to-part alignment (unhatched): a – for circular cross-section parts, b – for rectangular cross-section parts

Conclusions

Applied vibrations provide possibility to accomplish the automated assembly of the circular and rectangular cross-section parts by means of the excitation along the joining axis direction, provided to the movably based shaft or immovable bushing. Boundaries of the excitation frequency range, where alignment of the parts is possible, depend both on the mass of the movable part and on rigidity of the locating elements.

Both the duration and reliability of the vibratory alignment depend on the frequency and amplitude of the excitation and the initial pressing force. The reliable part-to-part alignment occurs only having properly matched mentioned parameters.

Acknowledgments

This research is carried out under support of the Research Council of Lithuania, as project No MIP-44/2010.

References

1. **Baksys B., Pilkauskas K.** Usage of vibrations for automatic assembly. In *ISMM'97 International symposium "Machines and Mechanisms"*: September, 2-5, 1997.– Belgrade, Yugoslavia. Belgrade, 1997, p. 4-7.
2. **Baksys, B., Baskutiene, J.** Vibratory alignment of parts during robotized assembly //Journal of Vibroengineering / 2008, Vol. 10, No. 1. p. 69-73.

ДИАГНОСТИКА АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ КАК ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА ДИНАМИКИ

В.П. Ройзман

*Хмельницкий национальный университет,
11, Институтская ул., г. Хмельницкий, 29016, Украина,
Tel. 380-382-728743 Fax 380-382-223265,
E-mail: roizman@mailhub.tup.km.ua, roizman_v@mail.ru, Skype: vilenroyzman*

Амплитудно-частотные характеристики авиадвигателя строятся на основании непрерывной записи вибраций в некоторых характерных точках на его корпусе от момента запуска до набора максимальных частот вращения. Они характеризуют не только уровень вибраций машины, но и явно или скрыто содержат в себе сведения о динамических характеристиках (массах, жесткостях, моментах инерции, демпфировании) многих узлов и деталей двигателя. Для сложных машин эти характеристики имеют многовершинный характер, свидетельствующий о том, что двигатель проходит через несколько резонансных зон, но причины каждого из резонансов при этом могут оставаться неизвестными. Между тем, чрезвычайно важно уметь правильно идентифицировать каждый из резонансов для борьбы с ним.

Обычно проводимые исследования динамики отдельных узлов и машин в целом не всегда приводят к успеху, если далеки от натуральных условий эксплуатации изделия, не учитывают многообразие влияющих факторов и динамическую модель системы, а между тем исключительно важно находить точные значения динамических характеристик, привязанных именно к математической модели, и тем самым повышать ее эффективность. Этого можно достичь решением обратной задачи динамики по экспериментально полученной амплитудно-частотной характеристике.

В данном докладе на примере компрессора авиадвигателя АИ-20 показывается как по математической модели колебаний ротора многоступенчатого компрессора, покоящегося на упругих опорах с присоединенными к ним массами корпусов лобового картера и камеры сгорания и записанной при вращении ротора компрессора амплитудно-частотной характеристике всей колеблющейся системы, а также амплитудно-частотной характеристике всего двигателя, удастся идентифицировать неизвестные параметры этой системы, а затем и рассчитать происхождение всех пяти резонансов.

Для этого в работе предлагается метод пробных параметров, суть которого в общем виде состоит в следующем.

Обычно информации, полученной при пассивном наблюдении за характеристиками, поддающимися достаточно точному измерению, по различным причинам оказывается недостаточно для идентификации параметров математической модели. Поэтому основой алгоритмизации

оперативного математического моделирования может стать активное, регулируемое воздействие на объект.

Пусть расчетная модель объекта исследования представлена в виде

$$Y_i = f_i(q_1, q_2, \dots, q_n; \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m), \quad (1)$$
$$i = 1, 2, \dots, l$$

Если в (1) подставить измеренные в реальных условиях функционирования объекта значения выходных характеристик y_i и некоторых достоверно известных первичных факторов (q, β), то вместе с ними системе (1) должно удовлетворять некоторое число k неизвестных значений первичных факторов и j коэффициентов модели. Чаще всего система (1) является недоопределенной, т.е. $(k + j) > l$ и поэтому допускает бесчисленное множество решений. Однако, так как объект существует и функционирует реально, то из этого множества следует выбрать именно то решение, которое соответствует данному объекту. Для этого задачу следует доопределить и практическим способом такого доопределения является метод пробных параметров с проведением дополнительных экспериментов. Для его реализации в исследуемый объект поочередно вводят дополнительные, либо изменяют в нем $k + j - l$ элементов и (или) выводят объект на пробные режимы функционирования, т.е. активно регулируют работу объекта.

Воздействие этих пробных элементов (или режимов) совместно с элементами, характеристики которых идентифицируются, позволяет измерить недостающее количество значений выходных параметров, дополнить систему (1) до нормальной и идентифицировать искомые факторы и коэффициенты модели, т.е. решить обратную точечную задачу.

В процессе эксплуатации двигателей АИ-20 и при проведении длительных испытаний на стендах были обнаружены такие дефекты, как погнутость заднего вала, поломки штифтового соединения ротора компрессора, главным образом, в сочленении заднего вала с десятой ступенью ротора, а также ряд дефектов по корпусу камеры сгорания.

Предполагалось, что возникновение указанных дефектов связано с прохождением через критические частоты вращения ротора компрессора в системе двигателя; это предположение усиливалось также недопустимо высоким уровнем вибраций отдельных экземпляров двигателей АИ-20 на режиме малого газа, где колебания носят резонансный характер.

На рис. 1 представлена амплитудно-частотная характеристика компрессора двигателя АИ-20 на испытательном вакуумном стенде МАИ.

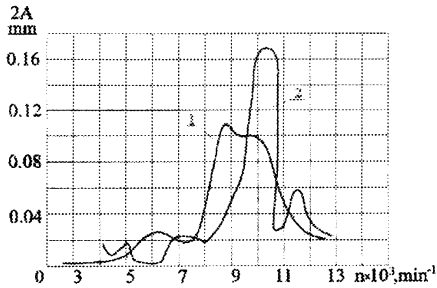


Рис. 1. Амплитудно-частотные характеристики компрессора:
1 – по передней опоре; 2 – по задней опоре

Здесь четко видно наличие четырех-пяти резонансов, а указанные выше дефекты связаны с прохождением ротора через эти резонансы или даже с работой на (или вблизи) некоторых из них. Предстояло выяснить происхождение всех резонансов, чтобы затем воздействовать на их значения по частоте и амплитуде.

Динамическая модель для расчета совместных колебаний системы ротор-опоры представлена на рис. 1. Здесь ротор компрессора массой m_1 и податливостью под центром масс a_{11} покоится на двух упругих опорах податливостью a_{22} и a_{33} с присоединенными к ним массами лобового картера m_2 и камеры сгорания – m_3 .

Значения критических частот вращения и резонансов такой трехмассовой системы находят из решения «векового» определителя системы трех уравнений, описывающих её колебания.

Однако в этом определителе неизвестны все податливости кроме

α_{11} .

$$\begin{vmatrix} 1 - m_1 \alpha_{11} \omega^2 & -m_2 \alpha_{12} \omega^2 & -m_3 \alpha_{13} \omega^2 \\ -m_1 \alpha_{21} \omega^2 & 1 - m_2 \alpha_{22} \omega^2 & -m_3 \alpha_{23} \omega^2 \\ -m_1 \alpha_{31} \omega^2 & -m_2 \alpha_{32} \omega^2 & 1 - m_3 \alpha_{33} \omega^2 \end{vmatrix} = 0 \quad (2)$$

Для идентификации неизвестных податливостей и применен метод пробных параметров. В качестве пробного элемента использовалось упругое кольцо, показанное на рис. 2, одеваемое на наружную обойму переднего подшипника ротора компрессора, жесткостная характеристика которого была определена на специальном приспособлении и оказалась значительно больше податливости ротора

$$a_{\text{кольца}} = 50 \cdot 10^{-6} \text{ (м/н)}.$$

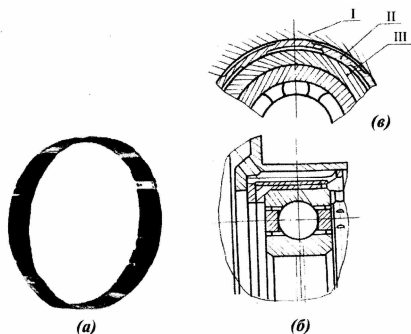


Рис. 2. Опора ротора компрессора с упругим кольцом

Податливости опор ротора, расположенные в лобовом картере и корпусе камеры сгорания, идентифицировали по этапам:

1. Зная упругость кольца и считая, что упругость передней опоры компрессора определяется лишь им, по значению резонанса двигателя с упругим кольцом (рис. 5), идентифицировали податливость задней опоры, рассматривая колебания одномассового ротора на двух податливых опорах.

2. По найденному значению податливости задней опоры и значению резонансов двигателя без упругой опоры идентифицировали податливость передней опоры.

Далее рассчитывали собственную частоту колебаний составляющих системы, т.е. собственную частоту колебаний ротора компрессора на жестких опорах, лобового картера на податливости α_{22} , что соответствует резонансам этих узлов.

Наконец, произвели расчет совместных колебаний системы по формуле (3).

Сопоставление результатов расчета с экспериментом теперь позволяет представить полную картину колебаний и причины резонансов.

1. Первый резонанс системы в районе 7500 об/мин. наступает из-за колебаний жесткого вала на податливых опорах. Это первая форма колебаний — симметричная, когда ротор колеблется почти как твердое тело, уложенное на податливые опоры.

2. Затем следует второй резонанс системы ротор-опоры на 8300-8500 об/мин. - резонанс передней опоры, когда частота вращения ротора совпадает с собственной частотой колебаний лобового картера.

3. После спада амплитуд наступает резонанс в районе 9600-1000 об/мин., характеризующийся колебанием ротора как твердого тела на податливых опорах по второй форме колебаний - антисимметричных - при этом ротор поворачивается относительно центра вращения.

4. Следующий резонанс на 10500 об/мин, наступает при совпадении частоты собственных колебаний корпуса камеры сгорания с частотой вращения ротора.

5. И, наконец, последний резонанс на 11200 об/мин. соответствует критической частоте вращения ротора, установленного на жесткие опоры.

Сопоставление результатов расчета и эксперимента показывает, что динамическая модель и принятый алгоритм идентификации жесткостей опор в достаточной степени отражают реальное поведение системы.

Кроме указанных резонансов имеется небольшое повышение вибраций опор в районе 5000-6000 об/мин., что объясняется, по-видимому, влиянием веса ротора.

Резонансы по первой и второй формам колебаний ротора как твердого тела на упругих опорах близки по своему значению к собственной частоте колебаний левой и правой опор и иногда на практике их принимали за один резонанс в районе 8000 об/мин. и в районе 10400 об/мин.

При этих формах колебаний ротор изгибается незначительно, а перемещения ступеней происходят, в основном, вместе с опорами, причем соотношение между прогибом ротора и колебаниями опор зависит от близости данного резонанса к собственной частоте опоры.

По мере удаления от собственной частоты опоры в общем смещении ступеней преобладают прогибы самого ротора и в районе 11200 об/мин. они достигают максимума.

СТАТИСТИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ БЕЗОТКАЗНОСТИ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

*Абасов Александр Леонидович, Гусев Владимир Михайлович
ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова».*

*Россия, 111116, Москва, ул. Авиамоторная, 2.
раб.84953624975 моб. 89150697974 abasov@rambler.ru*

Важнейшим инструментом статистического управления надежностью парков авиационных двигателей (АД), находящихся в эксплуатации, является прогнозирование их безотказности и разработка мероприятий по обеспечению требуемого уровня.

Надёжность серийных двигателей как сложных технических систем подчиняется зависимостям типа

$$P=P(t_K, t_c, P_{\ominus}),$$

$$T=T(t_K, t_c, P_{\ominus}),$$

где P - вероятность безотказной работы;

T - средняя наработка двигателя на отказ в часах;

t_K - календарное время (год) начала эксплуатации двигателя, характеризующее «поколение», к которому принадлежит рассматриваемый АД;

t_c - суммарная наработка парка двигателей после начала эксплуатации;

P_{\ominus} - совокупность факторов, отражающих влияние условий эксплуатации на безотказность двигателя.

Обобщение мирового опыта эксплуатации авиационных ГТД показывает, что по мере увеличения суммарной наработки парка двигателей, как правило, возрастают показатели безотказности (вследствие проведения работ по устранению причин проявившихся отказов) [1].

Прогнозирование основано на разделении влияния отдельных факторов (время эксплуатации, календарный год начала эксплуатации) на показатель T . При этом рассматриваемый парк должен состоять из двигателей с близкими условиями эксплуатации.

Применительно к отдельным показателям безотказности получены зависимости $T = T(t_K)$ при нескольких фиксированных значениях t_c , отражающие повышение безотказности от поколения к поколению, которое подчиняется линейной зависимости $\ln T(t_K)$ от t_K (при одинаковых значениях t_c)

$$\ln T(t_K)_{t_c=const} = \alpha(t_c)t_K + F(t_c). \quad (1)$$

Следует учитывать, что коэффициенты пропорциональности t_K не зависят от t_c . Отсюда

$$T(t_K, t_c) = e^{\alpha t_K} \cdot F(t_c). \quad (2)$$

Первая составляющая модели (I) отражает влияние на рост безотказности АД общего технического прогресса в двигателестроении, происходящего по мере увеличения календарного времени t_K . Вторая составляющая отражает действие обратной связи «отказ - устранение его причин», благодаря которой происходит повышение безотказности при увеличении суммарной наработки парка двигателей и времени эксплуатации, что выражается монотонным ростом функции $F(t_c)$. Это происходит до определенного предела, при котором практически устранены причины всех проявившихся отказов. Для двигателей одного поколения это описывается формулами

$$P = 1 - Q,$$

$$Q = Q_{\infty} + Q_0 \cdot e^{-\beta t_c}, \quad (3)$$

где Q - вероятность отказа на цикл работы двигателя;
 Q_0 - устранимая («выгорающая») часть вероятности отказа;
 Q_{∞} - предельная вероятность отказа после устранения причин «выгорающих» отказов. Поскольку $T=1/Q$, получаем

$$T_{t_k=const} = \frac{1}{Q_{\infty} + e^{-\beta t_c}}. \quad (4)$$

После преобразований из (2) и (4) следует двухфакторная экспоненциально-логистическая модель

$$T(t_k, t_c) = \frac{Ae^{\alpha(t_{KH} - t_{KO})}}{1 + Be^{-\beta t_c}}. \quad (5)$$

Здесь

$Ae^{\alpha(t_{KH} - t_{KO})}$ - уровень безотказности на прогнозируемый срок;

B - величина, характеризующая долю устранимых отказов в общем числе отказов, не устраненных к началу эксплуатации;

β - характеристика темпа «выгорания» устранимых отказов по суммарной наработке t_c ;

α - характеристика темпа повышения безотказности;

t_{KH} - календарный год начала эксплуатации парка двигателей;

t_{KO} - календарный год, принимаемый за исходный при прогнозировании;

Исследования влияния условий эксплуатации двигателей на надежность показали, что одним из определяющих факторов является величина коэффициента использования «тяжелых» режимов, например, взлётных. Установлено значительное снижение уровня безотказности двигателей по мере роста этого коэффициента (при прочих равных условиях). С этим связано разбиение всех статистических данных на группы. В частности, на группы двигателей дальнемагистральных, ближне- и средне магистральных самолетов.

Поэтому значения всех входящих в модель (5) параметров (A , B , α , β) должны определяться отдельно для каждой из перечисленных выше групп двигателей. Соответственно, модель (5) реализуется в виде

$$T_{ij}(t_k, t_c) = \frac{A_{ij} e^{\alpha_{ij}(t_{KH} - t_{KO})}}{1 + B_{ij} e^{-\beta_{ij} t_c}}, \quad (7)$$

где i - индекс показателя безотказности ($\Gamma_{ПВ}$ - наработка на выключение двигателя в полёте, $\Gamma_{ДСД}$ - наработка на досрочный съём двигателя с ВС и т.д.).

j - индекс (номер) группы двигателей.

Таким образом, особенностями модели, положенной в основу алгоритма и программы прогнозирования, является отражение влияния на безотказность авиационных ГТД календарного времени начала эксплуатации, суммарной наработки и коэффициента использования тяжёлых режимов, определяемого назначением летательного аппарата, а также конкретного типа отказов.

Литература:

1. Вопросы надёжности авиационной техники. Серия: Авиационное двигателестроение. Надёжность и ресурс ГТД. Выпуск 3 (1316). М., ЦИАМ, 2000.

УДК 621.452.3.034

ПРИМЕНЕНИЕ ДЕФОРМАЦИОННОГО КРИТЕРИЯ В ЗАДАЧЕ ЭЙЛЕРА О ПОТЕРЕ УСТОЙЧИВОСТИ СЖИМАЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЁТОМ ПОЛЗУЧЕСТИ МАТЕРИАЛА

к.т.н. К.Д.Каримбаев

ФГУП ЦИАМ имени П.И.БАРАНОВА, Москва, Россия, E-mail: kem@ciam.ru

Аннотация

В данной работе рассмотрены теоретические аспекты правомерности использования в упруго-пластической области материала критерия потери устойчивости по деформациям и использования этой возможности при расчетах с учётом ползучести.

Решения уравнения Эйлера для центрально-сжатых, упругих стержней могут быть представлены в двух видах:

$$\text{по напряжениям} \quad \sigma_{кр} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \quad (1)$$

$$\text{по деформациям} \quad \varepsilon_{кр} = \frac{\pi^2}{\lambda^2} \quad (2)$$

где σ_{kp} и ε_{kp} минимальные критические значения напряжений и деформаций; $\lambda = \mu l \sqrt{A/J_{\min}}$ - гибкость стержня длиной l , с площадью A , минимальным моментом инерции поперечного сечения J_{\min} и с μ - коэффициентом закрепления, который для шарнирно закреплённых стержней равен единице.

Для упругой области оба вида условий (1) и (2) равнозначны.

В упруго-пластичной зоне материала, когда напряжения превышают предел пропорциональности (при $\sigma \geq \sigma_{np}$), критерий (1.1) перестаёт верно отражать экспериментальные данные. Поэтому в упруго-пластической области этот критерий заменяют другими, основанными на предположении о возможности использования другого «модуля упругости». В подходе Энгессера – Шенли применяется локальный, касательный модуль упругости $E_k = d\sigma/d\varepsilon$. В подходе Кармана сделана попытка уточнения, учитывающая, что с вогнутой и выпуклой стороны прогнувшегося стержня действуют разные напряжения. Тем не менее, оба эти подхода дают заниженные значения критических напряжений в упруго-пластической области. Особенно ярко это проявляется в материалах, в кривой деформирования которых имеется площадка текучести. Очевидно, что при этом локальный, касательный модуль $d\sigma/d\varepsilon = 0$.

Сравнивая рассматриваемые критерии (1) и (2) можно отметить, что расширение деформационного критерия в упруго-пластическую область не требует каких-либо добавочных предположений. Остаётся только проверить правомерность такого расширения в виду того, что сами критерии получены при решении задачи в упругой постановке. Если такое расширение правомерно, то расширение критерия по напряжениям будет иметь следующий вид $\sigma_{kp} = \pi^2 E_c / \lambda^2$, где $E_c = \sigma/\varepsilon$ - есть не локальный касательный модуль, а интегральный секущий модуль упругости.

Проведённые исследования показывают, что **расширение** в упруго-пластическую область **деформационного критерия в задаче** Эйлера о потере устойчивости центрально-сжатых стержней лучше согласуются с экспериментальными кривыми Ф.С.Ясинского, который получил их, основываясь на многочисленных экспериментальных данных Баушингера, Тетмайера и Косидерера.

Использование рассматриваемого обстоятельства при расчетах на ползучесть приводит к следующему заключению: При определении критических параметров в сжимаемых стержнях постоянного сечения с определённой гибкостью λ учет ползучести по теории старения, с использованием изохронных кривых деформирования материала, сводится к определению пересечения поверхности деформирования в системе координат ε, t, σ с плоскостью $\varepsilon_{кр} = \pi^2/\lambda^2$.

В начальный момент времени $t = 0$ используется обычная кривая деформирования; в момент времени $t = t_1$ кривая деформирования будет проходить ниже. В связи с этим значение критического напряжения, соответствующее критической деформации $\varepsilon_{кр} = \pi^2/\lambda^2$, со временем уменьшается. Поэтому потеря устойчивости возможна не в начальный момент, а после некоторого воздействия нагрузки и температуры.

Благодарности:

Автор выражает благодарность профессору Б.Ф.Шорру за полезное обсуждение работы.

Список литературы:

1. Биргер И.А. *Круглые пластинки и оболочки вращения*, М.: «Оборонгиз», 1961, с.368.
2. В.И.Феодосьев «*Сопротивление материалов*», Москва, «Наука», 1972, с.544.
3. Ясинский Ф.С. «*Опыт развития теории продольного изгиба*», Санкт-Петербург, Институт инженеров путей сообщения, 1893, с.256.

ИНЕРЦИОННЫЕ МОМЕНТЫ СИСТЕМЫ “РОТОР – ВАЛ”

Животов Александр Юрьевич, ГП КБ "Южное", ул. Криворожская 3, Днепропетровск, Украина, 49008, Тел.: +38 (056) 792-23-70, Факс: +38 (056) 770 01 25, a-zhivotov@ukr.net

Рассмотрим особенности действия инерционных моментов на примере простейшей роторной системы – “Джеффкотт ротор”.

“Джеффкотт ротор”, представленный на рисунке 1, имеет две твердые опоры и упругий вал. Упругие силы вала изотропны. Вал считается невесомым. Ротор представляется собой плоский диск, геометрическая ось **V** которого совпадает со средней линией вала. Ротор закреплен посередине вала на равном расстоянии от опор.

Ротор обладает дисбалансом D , а статическая неуравновешенность задается эксцентриситетом e . Центр масс C параллельно смещен относительно средней линии вала на величину a .

Для изучения динамики используется одна плоскость наблюдения, проходящая через центр масс диска перпендикулярно оси вращения O .

Схема вращения системы “ротор – вал”: центр масс ротора C вращается вокруг геометрического центра B (средняя линия вала) синхронно с вращением геометрического центра B вокруг оси вращения O на выбранной постоянной по величине скорости.

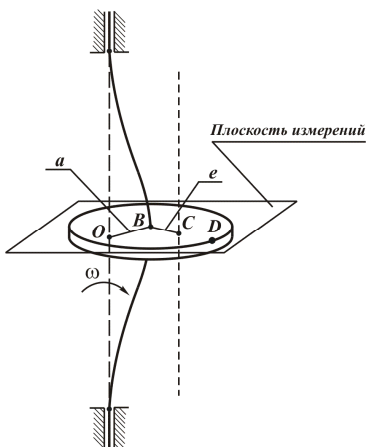


Рис. 1 – Роторная система “Джеффкотт ротор”

Скорость вращения системы “ротор – вал” равномерная, без учета разгона или торможения ротора.

Перевод системы “ротор – вал” с одной скорости на другую осуществляется плавно и настолько замедленно, что ускоряющий момент не вносит каких-либо возмущений, влияющих на поведение системы.

Ротор вращается в вакууме. Внешние и внутренние силы трения не учитываются.

Считаем, что силы трения влияют на динамику, но не определяют специфическое поведение системы “ротор – вал”: поворот ротора, возникновение резонанса, самоцентрирование ротора.

Любой ротор может обладать осевым и центробежным моментом инерции. В динамике ротора осевой момент инерции ротора играют такую же роль, как и масса при поступательном движении.

Центробежные моменты инерции являются нежелательными и их стремятся устранить конструктивными мерами. Момент инерции ротора относительно главной оси инерции носит название главного момента инерции. Особенностью главного момента инерции является симметрия в распределении масс относительно главной оси инерции. Если главная ось инерции совпадает с осью вращения, то распределение масс ротора относительно оси вращения является симметричным. Если главная ось инерции ротора не совпадает с осью вращения, то распределение масс относительно оси вращения в общем случае является ассиметричным. Ассиметричное распределение масс создает смещение главной оси инерции относительно оси вращения. Наличие центробежного момента ротора относительно любой оси указывает на ассиметричное распределение масс. Так как роторы обладают неуравновешенностью и вращаются вокруг некоторой оси вращения, то моменты инерции ротора состоят из симметричной и ассиметричной части. Часть общего момента инерции ротора с симметричным распределением масс относительно оси вращения является симметричным моментом инерции. Часть общего момента инерции ротора с ассиметричным распределением масс относительно оси вращения является ассиметричным моментом инерции. Таким образом, роторы, вращающиеся вокруг заданной оси вращения, обладают симметричными и ассиметричными моментами инерции.

В соответствии с принятой схемой вращения системы “ротор – вал” первоначально вращение ротора происходит вокруг оси вращения, которая совпадает со средней линией вала, но не совпадает с главной осью инерции. В этом случае момент инерции ротора без учета неуравновешенной массы является симметричным моментом инерции относительно оси вращения и относительно средней линии вала. Неуравновешенная масса ротора создает ассиметричный момент инерции относительно оси вращения и относительно средней линии вала, которая совпадает с осью вращения.

С увеличением скорости системы “ротор – вал” происходит изгиб вала под действием центробежной силы, приложенной к центру масс ротора. Ротор смещается параллельно оси вращения, которая в этом случае не совпадает со средней линией вала. В связи с изгибом вала ассиметричный момент инерции системы “ротор – вал” увеличивается.

Ассиметричные моменты инерции являются аномальными для вращения свободного тела и обусловлены конструктивными особенностями системы “ротор – вал”.

В силу сказанного возникла гипотеза, что ассиметричные моменты инерции при вращении системы “ротор – вал” создают инерционные моменты, препятствующие вращению системы. Так

ассиметричным момент инерции ротора, вращающегося вокруг средней линии вала, создает инерционный момент, препятствующий этому вращению. Ассиметричным момент инерции системы “ротор – вал”, связанный с изгибом вала, создает инерционный момент, который препятствует вращению средней линии вала с ротором вокруг оси вращения. В целом два ассиметричных момента инерции создают общий инерционный момент [1], препятствующий вращению системы “ротор – вал”.

В соответствии с принятой схемой вращения системы “ротор – вал” эти инерционные моменты действуют во всем диапазоне скоростей вращения системы, пока существует прогиб вала.

Центробежный момент инерции “Джеффкотт ротора” считается равным нулю и не изменяется при параллельном смещении ротора. Поэтому в данной работе не рассматривается влияние центробежных моментов на динамику системы “ротор – вал”. Но, высказанная гипотеза об инерционном моменте справедлива и для системы “ротор – вал”, обладающей центробежными моментами инерции, которые по своей сути являются изначально ассиметричными.

Литература:

1. Zhivotov, A.Y., New Theory of Rotor Dynamics: Dynamics of Disc Rotor with Static Unbalance, *Proc. 6th IFToMM International Conference on Rotor Dynamics*, Sidney, Australia, Vol.1 (2002), p. 1057.

ОПТИМИЗАЦИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА ВЕРТИКАЛЬНОЙ ВОЗДУШНОЙ СТРУИ ДЛЯ СВОБОДНОГО ПОЛЕТА ЧЕЛОВЕКА

*Ушаков Валерий Васильевич, Сиденко Наталья Аполоньевна
Рижский Технический университет, Авиационный институт
тел. (+371) 67089895; факс. (+371) 67089990*

Латвия, Рига, ул.Калькю 1, LV-1658

E-mail: valery_ushakov@inbox.lv; nsidenko@inbox.lv

Открытые аэродинамические трубы типа “Aerodium” [1] со свободной воздушной вертикальной струей большого диаметра (~3м) в настоящее время используются в качестве наземных установок для свободного полета человека. Такие трубы должны создавать



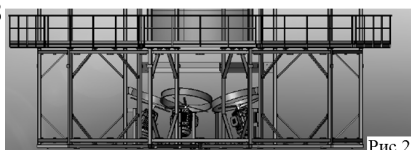
Рис. 1.

вертикальную струю большой дальности (высота полета может достигать 20-25 метров от выходного сечения трубы), в поперечных сечениях рабочего участка струи поток должен быть достаточно равномерным и незакрученным со средней вертикальной скоростью $\approx 60-70$ м/с. Следует отметить, что с точки зрения аэродинамики эти трубы не являются высокоэффективными, так как на выходе струи у них отсутствует диффузорный участок, преобразующий динамический напор в статическое давление. Основные элементы генератора вертикальной воздушной струи [1,3,5]: аэродинамический винт или вентилятор, соединенные с двигателем; входной профилированный канал, подводящий воздух к винту или вентилятору; газодинамический канал за винтом (вентилятором), в котором в общем случае устанавливаются направляющие лопатки или спрямляющий аппарат для устранения закрутки потока и формирования вертикального равномерного воздушного потока на выходе из нижней защитной сетки, от которой начинается рабочая часть свободной вертикальной воздушной струи.

Обычные инженерные методы расчета аэродинамических труб [2,4], представляя собой последовательный подбор параметров их отдельных участков с учетом гидравлических потерь. Различные допущения, а также отсутствие информации о полной картине течения потока и взаимном влиянии рассматриваемых участков не дают возможности оптимизировать конструкцию трубы и получить заданные характеристики. Расчитанные таким способом параметры трубы являются приближенными и требуют доводки в процессе натурных испытаний, что приводит к значительным материальным затратам.

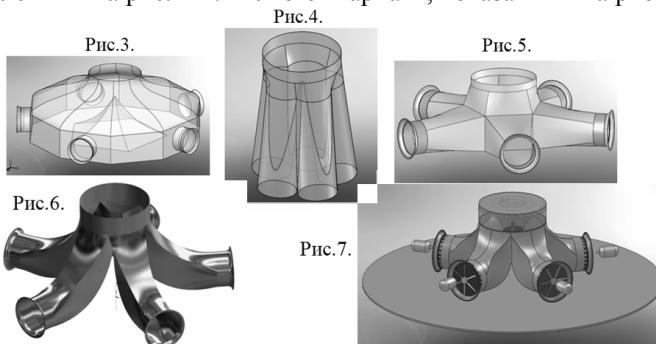
Цель данной работы – разработка методик компьютерного моделирования и оптимизации геометрических и аэродинамических параметров установок типа “Aerodium” разных модификаций. Указанные методики с помощью пакетов программ трехмерного параметрического компьютерного моделирования SolidWorks и CFX Design позволяют создавать различные модификации трехмерных геометрических моделей и выполнять их виртуальные продувки, добиваясь оптимальных геометрических и аэродинамических параметров разрабатываемых труб. Кроме аэродинамических характеристик и детальной картины обтекания программа CFX Design, позволяет определять силу тяги и крутящий момент на валу винта, на основании которых вычисляются соответственно безразмерные коэффициенты тяги, мощности и полезного действия.

Для численного решения задачи исходная система нестационарных уравнений Навье - Стокса с дополнительными уравнениями, описывающими турбулентный перенос, дискретизируется как по пространству в расчетной области, так и во времени. Для

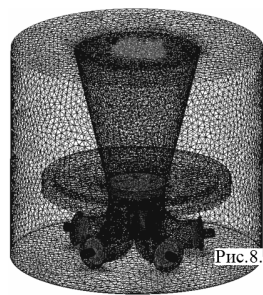


дискретизации дифференциальных уравнений и решения получаемой системы алгебраических уравнений в программе CFdesign используется метод конечных элементов, а также применяется адаптивная подвижная сетка, учитывающая процесс вращения винта [5]. В зависимости от типа задачи для удовлетворительной точности результатов решения в данной работе требовалось порядка 800 000 – 1 200 000 жидких и твердых элементов.

В данной работе представлены результаты компьютерной оптимизации геометрических и аэродинамических параметров конструкции “Aerodium”, разработанной одной из частных фирм. Исходный аэродинамический стенд (рис.2) состоял из пяти симметрично установленных пропеллеров диаметром 1.8м, расположенных внутри коротких цилиндрических каналов, оси которых направлены под углом $\sim 80^\circ$ к вертикальной оси струи. Вентиляторы создают пять свободных соударяющихся струй, которые по замыслу проектировщиков должны были создать требуемую вертикальную струю большого диаметра. В процессе оптимизации были рассмотрены несколько вариантов конструкций (см. рис 3 – 7). Анализ геометрии и выходных аэродинамических параметров показал, что наилучшим из представленных на рис.2 – 7 является вариант, показанный на рис.7



В спроектированной и исследованной компьютерной модели трубы (рис.7) вертикальную воздушную струю создают пять серийных пятилопастных винтов диаметром 1.8м, горизонтальные оси которых симметрично расположены по окружности вдоль ее радиусов. Каждый винт установлен в спрофилированное кольцо, которое за винтом переходит в трехмерный профилированный канал сложной Г-образной формы для плавного и безотрывного поворота потока на 90° параллельно вертикальной оси установки. После завершения поворота все пять каналов объединяются в одно осесимметричное



сопло диаметром $\sim 3.6\text{м}$, формирующее свободную струю. Конечно-элементная расчетная модель оптимизированной трубы натурных размеров с вертикальной струей показана на рис.8. Основные преимущества предложенного варианта: наименьшие гидравлические потери в газодинамическом тракте; профилированные каналы и отсутствие камеры смещения позволили избежать потерь энергии на соударение струй, создаваемых винтами, что в результате повысило экономичность трубы; использование системы винт в профилированном кольце, увеличило расход и скорость потока за винтом; конструкция позволила получить наибольшую скорость ($\sim 60\text{-}70\text{м/с}$) в начальном сечении вертикальной струи на выходе из газодинамического канала при заданной геометрии винта и мощностей электродвигателей, а также максимальную равномерность потока в рабочей части струи. Особенностью предложенной конструкции трубы является отсутствие специальных спрямляющих аппаратов за винтами, так как макровихри, образующиеся за ними в значительной мере взаимно уничтожаются из-за одинакового направления вращения всех винтов. Расчеты показали, что для выравнивания и устранения остаточной закрутки потока достаточно установить на выходе из сопла кольцевой хонейкомб с малым коэффициентом потерь энергии. Компьютерное моделирование позволило решить сложные задачи соединения сечений воздушных каналов при соблюдении ограничений на углы сужения и расширения, плавность переходов и поворотов каналов, сопряжения нескольких каналов. Был выполнен поворочный компьютерный расчет аэродинамических характеристик винта с заданной геометрией лопастей, расположенного в рабочем участке аэродинамической трубы, и сравнение их с экспериментальными данными. Результаты сравнения с погрешностью 5-10% подтвердили удовлетворительную точность расчетов. Натурная установка “Aerodium” была построена в г. Елгава (Латвия) в соответствии с компьютерной моделью, представленной на

рис. 7.

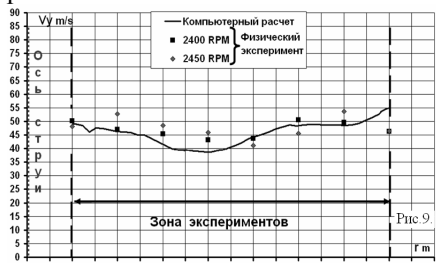


Рис. 9.

Результаты сравнения расчетов скорости V_y (линия) и экспериментальных измерений (точки) в выходном сечении натурной установки “Aerodium” без хонейкомба, показаны на рис.9. Видно, что расчетные данные достаточно удовлетворительно совпадают с результатами натурального

експеримента.

Литература

1. www.aerodium.lv
2. *Barnes W. Mc Cormick*, "Aerodynamics, Aeronautics and Flight mechanics", John Wiley & Sons, inc., 1995, 652 p.
3. *Курочкин Ф.П.*, "Основы проектирования самолетов с вертикальным взлетом и посадкой", Москва, Машиностроение, 1970, 352 стр.
4. *Идельчик И.Е.* "Справочник по гидравлическим сопротивлениям", М. Машиностроение, 1992. - 672стр
5. *V. Ushakov, N.Sidenko*, "Aerodynamic characteristics of an on the ground mounted vertical air jet behind the directing vanes of aerodynamic propeller", The Third World Congress "Aviation in the XXI-st Century" - Safety in Aviation and Space Technology 22-24 September 2008.g. Ukraine, Kiev – Kiev: Izd. "National Academy of Sciences of Ukraine National Aviation University" 2008.g., 15.85-15.92p.

РОЗВИТОК ЦИВІЛЬНОЇ АВІАЦІЇ УКРАЇНИ В УМОВАХ ГЛОБАЛІЗАЦІЇ

Жаворонкова Галина Василівна

Садловська Ірина Петрівна

Національний авіаційний університет

Київ, пр-т Комарова, 1, тел. 406-76-50, E-mail: galina.zhavoronkova@ukr.net

Розвиток діяльності авіакомпаній України відбувається у складних умовах таких процесів на міжнародному ринку транспортних послуг як глобалізація, лібералізація, приватизація, злиття авіакомпаній і створення альянсів.

Роль держави в регулюванні діяльності авіакомпаній змінюється. Антимонопольна влада США, Євросоюзу і деяких азійських країн почали скоординоване розслідування можливих картельних угод на ринку авіаперевезень. Якщо провина компаній буде доведена, це загрожує їм штрафами в сотні мільйонів доларів, а в США навіть тюремним ув'язненням для топ-менеджерів.

Незважаючи на трагічні події в США 11 вересня 2001 року, спад світової економіки, війну в Іраку, випадки атипової пневмонії у країнах Азії, світовий повітряний транспорт продовжує стабільно розвиватися і за прогнозами ICAO (the International Civil Aviation Organization) очікується щорічне зростання обсягів перевезень на 4,7%. До 2020 року обсяг перевезень збільшиться у 2,5 рази у порівнянні з 2002 роком і майже у 4 рази до 2030 року.

До 80-х років ХХ-го століття стало зрозумілим, що неможливо одночасно і заробляти прибуток, який вимагає уряд, і забезпечувати

потреби в авіаперевезеннях найбільш вразливих верств населення, виконуючи польоти по збиткових лініях. Державна власність стала неефективною, почалася приватизація державних авіакомпаній. В одних авіакомпаніях були передані в приватні руки 100% акцій (British Airways, Air Canada, Japan Airlines, Air New Zealand), а в інших – лише частина (KLM) . Більшість компаній перестали користуватися державними субсидіями та гарантіями повернення кредитів.

Більшість авіакомпаній вибрали стратегію глобалізації своєї діяльності, перетворюючись, таким чином, на мегаперевізників. Одні досягають швидкого зростання перевезень на міжнародних повітряних лініях (American Airline). Інші авіакомпанії поглинають менш вдалих і так досягають власного зростання. Так, на сьогодні, французька авіакомпанія "Air France", яка на 99,3% є державною, володіє акціями таких іноземних авіакомпаній: Air Austral – 34.0%; Air Tchad – 33.7; Sabenaf – 33.3%; Midle East Airlines – 28.5%; Air Afrsqe – 16.0%; Air Gabon – 11.2%; Air Tahiti – 7.5%; Air Comores – 6.3%; Tunis Air – 5.6%; Royal Air Maroc – 4%; Cameroon Airlines – 3.6. Іншими прикладами таких утворень на основі володіння акціями є придбання італійською авіакомпанією "Alitalia" пакета акцій угорської авіакомпанії "Malev" в розмірі 30%, а також голландською авіакомпанією "KLM" пакета акцій авіакомпанії "Northwest" в розмірі 25%.

За допомогою альянсів, які підкріплюються правом власності, авіакомпанії намагаються забезпечити собі стабільні та передбачувані умови на ринку авіаперевезень через подальше підкріплення договірними взаємовідносинами у справі організації взаємних перевезень на основі об'єднання рейсів (так названих "код-шерінг"), спільної кооперації при складанні розкладу та взаємного фінансування.

Однією з останніх тенденцій світового ринку авіаперевезень стала поява малобюджетних авіакомпаній в кінці 90-х років ХХ століття, яка викликала революцію в європейському авіатранспорті. Завдяки політиці "відкритого неба" в межах Європейського Союзу, європейські компанії отримали можливість літати в будь-який аеропорт. Маркетингові нововведення і оптимізація витрат призвели до появи компаній по frills – "без надлишків". Пасажирам були запропоновані рейси в не дуже зручні та чисто регіональні аеропорти, в не дуже зручний час, без харчування, а іноді і без стюардес, і в менш комфортабельних салонах. Однак, вартість квитків при попередній купівлі (придбати їх можна було тільки через Інтернет) компенсувала всі незручності – економія склала 100 і більше відсотків. Подібні рейси швидко стали популярними – кількість "малобюджетних" пасажирів за вісім років виросло в десять разів, досягнувши майже 2 млн. людей на тиждень.

Значний прогрес у становленні цивільної авіації Євросоюзу в останні роки пов'язують з розвитком системи запобігання льотних подій і передумов до них. Це, насамперед, створення Європейського Агенства з безпеки польотів (EASA – the European Aviation Safety Agency) і запровадження єдиних правил в сфері цивільної авіації.

Це зростання буде вимагати від світової авіатехніки як принципово нових літаків (наприклад, Blended Wing Body Aircraft) так і принципово нової структури аеропортів і аеровокзалів, нової системи аеронавігаційного забезпечення тощо.

Одним із основних завдань цивільної авіації України є швидке і ефективно входження галузі у світову систему авіаперевезень. Найперспективнішим у цьому зв'язку є збільшення частки експортного потенціалу України на міжнародному ринку авіаперевезень та послуг шляхом значного підвищення конкурентоспроможності українських авіаперевізників. Саме тому основними критеріями ефективності розвитку цивільної авіації України слід вважати:

- розвиток галузі як складової частини єдиної транспортної системи України на базі раціонального розподілу ресурсів між окремими видами транспорту;

- ступінь інтеграції авіаційного транспорту України у міжнародну систему цивільної авіації на основі впровадження стандартів і рекомендацій ІКАО та взаємовигідного співробітництва українських і міжнародних організацій у сфері повітряного транспорту;

- розвиток ринкового та конкурентного середовища у цивільній авіації на основі стимулювання діяльності підприємств різних форм власності, а також залучення вітчизняних та зарубіжних інвесторів;

- темпи і рівень переоснащення парку цивільної авіації сучасними повітряними суднами шляхом придбання високоефективної авіаційної техніки вітчизняного виробництва, обмеження імпорту аналогічної закордонної авіатехніки, а також використання у структурі парку літаків модернізованої авіаційної техніки Міноборони відповідно до договорів між ВПС і авіапідприємствами;

- рівень раціонального використання, розширення і модернізації відповідно до сучасних стандартів цивільних аеропортів України, переорієнтації (у разі економічної доцільності чи необхідності) військових аеродромних комплексів у рамках загальноекономічної конверсійної програми з метою ефективного використання державного майна;

- створення єдиного аеронавігаційного та обслуговуючого поля зв'язку у повітряному просторі України;

– ступінь інтеграції систем обслуговування повітряного руху України в європейську і світову систему, рівень модернізації технічних засобів обслуговування та управління повітряним рухом.

Отже, процеси економічної лібералізації і глобалізації призвели до корінних змін в умовах комерційної діяльності повітряного транспорту. Приватизація і комерціалізація авіакомпаній, аеропортів і постачальників аеронавігаційного обслуговування є частиною більш широкої тенденції, пов'язаної із глобалізацією і лібералізацією у всіх економічних секторах по мірі зниження рівня або припинення участі держави у володінні та управлінні державними підприємствами.

СЕКЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА АВИАДВИГАТЕЛЕЙ

ПРИМЕНЕНИЕ ПОКРЫТИЙ И УПРОЧНЕННЫХ СЛОЕВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ДЕТАЛЕЙ АВИАДВИГАТЕЛЕЙ

Костюк Геннадий Игоревич

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Украина, 61070, г. Харьков, ул. Чкалова, 17

т. 707-42-06, g.kostyuk@yahoo.com

Перспективы развития авиадвигателестроения органично связаны с решением двух проблем: повышение ресурса и увеличение КПД его за счет повышения температур в камере сгорания. Ведущие фирмы мира начинают решать эти проблемы за счет износостойких покрытий и различных видов упрочнений, включая комбинированное упрочнение, повышая износостойкость, эрозионную и коррозионную стойкость, позволяющих продлить ресурс и применяя жаропрочные теплостойкие покрытия и материалы, позволяющие повысить температуру газов в камере сгорания, а, следовательно, КПД двигателя.

Применению покрытий и различных видов упрочнений посвящены работы [1-4], использование нанопокровий и поверхностей с наноструктурами рассматривались в работах [3-4], анализ этих источников показал, что различные покрытия и наноструктуры могут быть использованы в деталях авиадвигателестроения для повышения их ресурса и общего КПД двигателя за счет повышения рабочей температуры.

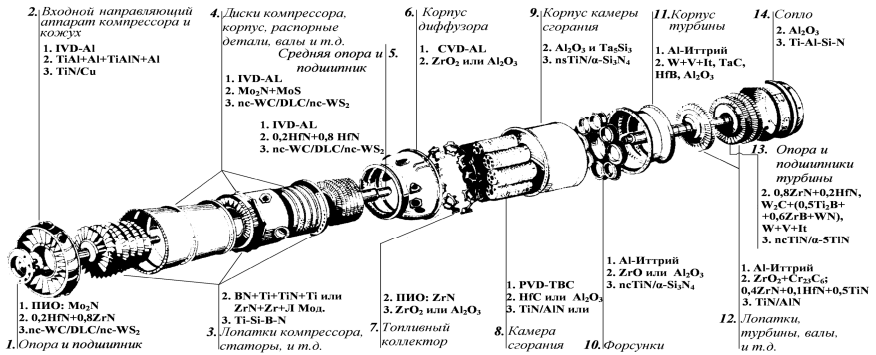


Рис.1. Возможные покрытия наноструктур или виды упрочнений

На рис.1 представлены возможные покрытия наноструктур или виды упрочнений, которые можно применять для повышения ресурса и КПД авиадвигателей за счет повышения температуры в камере сгорания и на турбине.

Проведен анализ представленных данных на рис. 1:

1. Опора и подшипник (роликовый), необходимо повышение износостойкости, снижение коэффициента трения: покрытия: $0,2\text{HfN}+0,8\text{ZrN}$ (повышение ресурса роликов в 5 раз, $H_m=35$ ГПа) алмазоподобное нанопокрyтие nc-WC/DLC/nc-WS_2 , $f=0,03-0,07$, $H_m=30$ ГПа;

2. Входной направляющий аппарат компрессора: повышение эрозионной стойкости (многослойные $\text{TiAl}+\text{Al}+\text{TiAlN}+\text{Al}$, $H_m=27$ ГПа, наноструктурное $\text{Co}+6\%\text{WC}$ с высокими КСИ $=4,2$ Дж/см², $\mu=0,77$ $H_m=240$ ГПа и TiN/Cu , $\mu=0,63$, $H_m=40$ ГПа);

3. Лопатки компрессора и статоров: повышение эрозионной и кавитационной стойкости (многослойное $\text{BN}+\text{Ti}+\text{TiN}+\text{Ti}$ $H_m=29$ ГПа или $0,2\text{HfN}+0,8\text{ZrN}$ $H_m=35$ ГПа или комбинированное упрочнение: $\text{ZrN}+\text{Zr}+\text{LMод.}$), наноструктурные Ti-Si-B-N , $H_m=50$ ГПа с прослойкой Ti ;

4. Диски компрессора, корпус, распорные детали, валы: защитные покрытия TiO_2 с низким коэффициентом трения для рабочих частей валов $\text{Mo}_2\text{N}+\text{MoS}$ или наноструктурное алмазоподобное nc-WC/DLC/nc-WS_2 , $f=0,07$;

5. Опора и подшипники: снижение коэффициента трения и повышение износостойкости $0,2\text{HfN}+0,8$ ZrN , комбинированное упрочнение $\text{ZrO}+\text{MoS}+\text{Zr}+\text{LMод.}$ или наноструктурное nc-WC(DLC/nc-WS_2 $f=0,03-0,07$, $H_m=30$ ГПа;

6. Корпус диффузора: коррозионная стойкость покрытия ZrO_2 или Al_2O_3 ;

7. Топливный коллектор: коррозионная стойкость покрытия ZrO_2 или Al_2O_3 ;

8. Камера сгорания: температуростойкость - критерии выбора максимальная температура плавления и максимальная энергия сублимации по этим критериям наилучшие HfC и Al_2O_3 покрытия Al_2O_3 ($T_{пл} = 2473$ К, $\Delta H = 1642$ КДж/моль) TaC ($T_{пл} = 4258$ К, $\Delta H = 144,48$ КДж/моль), WC ($T_{пл} = 3058$ К, $\Delta H = 3511$ КДж/моль), ZrO ($T_{пл} = 3171$ К, $\Delta H = 550$ КДж/моль), HfB ($T_{пл} = 3527$ К), HfSi ($T_{пл} = 2870$ К), Hf_5Si_3 ($T_{пл} = 2750$), TaSi ($T_{пл} = 2770$ К), HfC ($T_{пл} = 4163$, $\Delta H = 226,56$ КДж/моль)

Наноструктура - TiN/AlN (пл) ($H_m = 32,85$ и $T_{раб} > 1006$; $0,25 TiB + 0,75 TiN$ (пл) ($T_{раб} > 1000$ К, $H_m = 52-58$ ГПа);

9. Корпус камеры сгорания: температуростойкость Al_2O_3 и V(пл) Ta_5Si_3 ;

Наноструктуры - nSiTiN/ α - Si_3N_4 (пл) ($T_{раб} > 1141$ К, $H_m = 52$ ГПа)

10. Форсунки: коррозионная стойкость, теплостойкость и износостойкость - покрытия ZrO ($T_{пл} = 2248$ К, $\Delta H = 550$ КДж/моль) и Al_2O_3 ($T_{пл} = 2474$ К, $\Delta H = 1642$ КДж/моль);

Наноструктуры ncTiN/ α - Si_3N_4 (пл) ($H_m = 34,94$ ГПа)

11. Корпус турбины: теплостойкость - покрытия W+V+It ($T_{раб} = 2000$ К), TaC ($T_{пл} = 4258$ К), HfB ($T_{пл} = 3527$ К), Al_2O_3 ($T_{пл} = 2423$ К);

12. Лопатки турбины: жаростойкость, термпрочность, обеспечение за счет покрытий снижающих напряжения на поверхности за счет компенсации изгибных растягивающих на рабочей поверхности лопатки, так трехслойное покрытие $Al_2O_3 + Ta_2C + HfB_2$ снижает динамические растягивающие напряжения на поверхности более чем в 5 раз, $T_{пл} = 3527$ К или $ZrO_2 + Cr_{23}C_6$; и $0,40ZrN + 0,1HfN + 0,5TiN$ снижают динамические напряжения около 6 раз ($T_{пл} = 3171$ К), W+V+It ($T_{раб} = 2000$ К); наноструктуры: TiN/AlN (пл.); $H_m = 32$ ГПа, $T_{раб} = 2000$ К.

13. Опора и подшипники: в зоне турбины необходима высокая износостойкость при высокой температуре, низкий коэффициент трения: покрытие $0,8ZrN + 0,2HfN$ многослойное покрытие $W_2C + (0,5Ti_2B + 0,6ZrB + WN)$, W+V+It;

Наноструктуры: ncTiN/ α -5TiN (пл) ($T_{раб} > 1200$ К, $H_m = 42,3$ ГПа);

14. Сопло: Al_2O_3 ($T_{пл} = 2471$ К, $H_m = 27$ ГПа), многослойное покрытие $Al_2O_3 + Ta_2C + HfB$ снижает температурные растягивающие напряжения;

Наноструктуры: Ti-Al-Si-N ($H_m = 48$ ГПа, $T_{раб} = 2000$ К)

Традиционные покрытия однослойные и многослойные проверены на сочетаемость в динамическом, или стационарном температурных режимах, на сочетаемость с основным материалом детали по методике [1], тогда как для наноструктур такие расчеты не проведены из-за

отсутствия надежных данных по их теплофизическим и физико-механическим характеристикам, и поэтому применение наноструктур в конструкциях авиадвигателей еще остается проблематичным.

Список использованных источников

1. Костюк Г.И. Физические процессы плазменно-ионных, ионно-лучевых, плазменных, светолучевых и комбинированных технологий: моногр. / Г.И. Костюк. – К.: Изд-во АИНУ, 2002. – Кн. 1. – 587 с. и Кн.2. – 442 с. – 1030 с.
2. Костюк Г.И. Эффективный режущий инструмент: моногр. / Г.И. Костюк. – Х.: Изд-во АИНУ, 2003. – 412 с.
3. Kostyuk G.I. The effective cutting tools having the coating and hardened layers: monograph-reference book / G.I. Kostyuk. – Kharkov: “КНАГ”, 2007. – 633 p.
4. Костюк Г.И. Наноструктуры и нанопокртия: перспективы и реальность: учеб. пособие / Г.И. Костюк. – Х.: Харьк. авиац. ин-т, 2009, 403с.

ЭФФЕКТИВНАЯ МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ АВИАЦИОННОГО ИНСТРУМЕНТА С ПОКРЫТИЕМ И УПРОЧНЕННЫМ СЛОЕМ

Костюк Геннадий Игоревич

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Украина, 61070, г. Харьков, ул. Чкалова, 17

т. 707-42-06, g.kostyuk@yahoo.com

Эффективность механической обработки связана со стойкостью режущего инструмента (РИ) с покрытием или упрочненным слоем. Адгезионное взаимодействие покрытия и обрабатываемого материала существенно влияет на коэффициент трения, износ и в конечном счете на эффективность обработки, очевидно кроме этого фактора необходимо учитывать действие динамических и стационарных температурных напряжений, определяющих сочетаемость материалов РИ и покрытия и необходимую твердость поверхности для снижения абразивного износа[1-4]. Рассматривались РИ из твердого сплава ВК4, ВК6, ВК8, ВК10, ВК6М, ВК60М и Т5К10 с покрытиями [1-4] Mo_2N , TiN , $0,5\text{TiN}+0,5\text{AlN}$; $0,2\text{HfN}+0,8\text{ZrN}$ при обработке сталей 38ХС, 35ХГСА, ЭИ654М и титанового сплава ВТ14.

Обобщенные результаты этих исследований в виде зависимости коэффициента сравнительной стойкости от содержания Со показаны на рис. 1 для покрытий Mo_2N , TiN , $0,5\text{TiN}+0,5\text{HfN}$.

Стойкость в обоих случаях определялась как время до износа по задней поверхности h_3 , равные 0,4 мм.

Анализ результатов, приведенных на рис. 1, показывает, что наиболее приемлемо считать 6%-ное содержание Со по весу. В этом случае достигается максимальное повышение стойкости для твердосплавных пластин с покрытиями Mo_2N , TiN , $0,5TiN+0,5HfN$, $0,2HfN+0,8ZrN$. Причем максимальная стойкость реализовывалась для последнего покрытия.

Зависимость стойкость-скорость резания $T - V$ для сплава ВК6 при точении стали 38ХС представлена на рис.3. Здесь видна та же тенденция снижения разницы по стойкости между пластинами ВК6 с покрытиями и без покрытий. Особенно интенсивно это различие снижается при скоростях резания выше 80 м/мин, когда резко ухудшается работоспособность пленок на основе Mo_2N , а остаются высокими для $0,2HfN+0,8ZrN$.

На рис.4 показаны зависимости $T - V$ для сплава Т5К10 с покрытиями и без покрытия при точении стали 35ХГСА. Разница в стойкости для скоростей резания 130...180 м/мин составляла 1,8 – 4 раза.

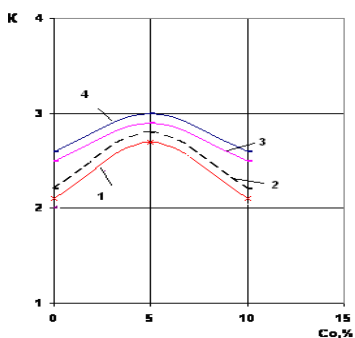


Рис. 1. Влияние содержание Со на коэффициент сравнительной стойкости для пары:
 1 – ВК-38ХГСА с покрытием;
 2 – Mo_2N ; 3 – $0,5TiN+0,5AlN$;
 4 – $0,2HfN+0,8ZrN$;

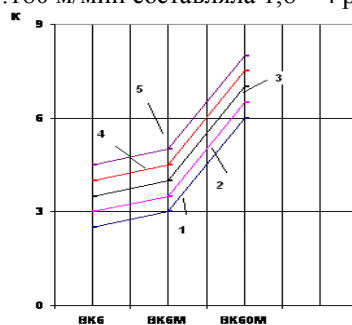


Рис. 2. Зависимость коэффициента сравнительной стойкости от зернистости сплава ВК при обработке стали 35ХГСА: 1 – без покрытия при $V=70$ м/мин с покрытиями: 2 – Mo_2N ; 3 – TiN ; 4 – $0,5TiN+0,5AlN$; 5 – $0,2HfN+0,8AlN$

Особый интерес представляли исследования по выявлению возможностей покрытий Mo_2N , TiN , $0,5TiN+0,5AlN$, $0,2HfN+0,8ZrN$ при обработке жаропрочных сталей и сплавов.

При обработке сплава ЭИ564 наблюдается увеличение стойкости в 1,5 – 3 раза для пластинок ВК60М с покрытиями Mo_2N , TiN , $0,5\text{TiN}+0,5\text{AlN}$, $0,2\text{HfN}+0,8\text{ZrN}$. Характерное снижение разницы по стойкости между пластинками с покрытиями и без покрытий с ростом скорости резания имело место и при обработке сплава ЭИ654 (рис.5).

Можно отметить более чем двукратное повышение стойкости при точении титанового сплава ВТ14 пластинками ВК60М с покрытиями AlO_2 , Al_2O_3 , HfN , $0,2\text{HfN}+0,8\text{ZrN}$ (рис.6).

Выводы

Показано, что для наиболее эффективного использования покрытий необходимо учитывать их адгезионное взаимодействие с обрабатываемым материалом, требуется обеспечение его минимума и в тоже время более высокой твердости покрытий, что в совокупности обеспечит максимальную работоспособность РИ с покрытием.

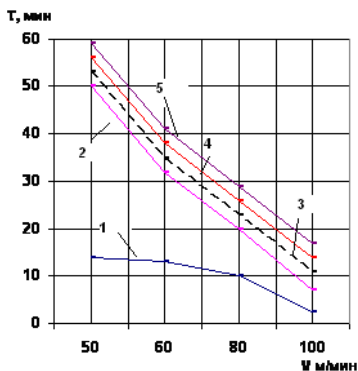


Рис. 3. Зависимость «Скорость резания – стойкость». Инструментальный материал: 1 – ВК6, с покрытием: 2 – Mo_2N ; 3 – TiN ; 4 – $0,5\text{TiN}+0,5\text{AlN}$; 5 – $0,2\text{HfN}+0,8\text{AlN}$ (38ХС)

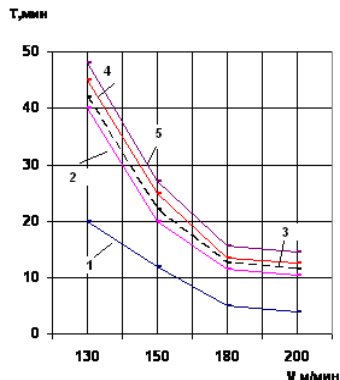


Рис. 4. Зависимость «скорости – стойкости». Инструментальный материал: 1 – Т5К10, с покрытием: 2 – Mo_2N ; 3 – TiN ; 4 – $0,5\text{TiN}+0,5\text{AlN}$; 5 – $0,2\text{HfN}+0,8\text{AlN}$ (35ХГСА) (обозначения для всех рисунков)

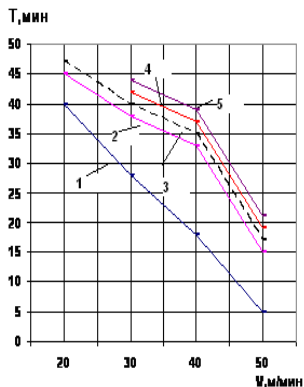


Рисунок 5 – Зависимость «стойкость-скорость»

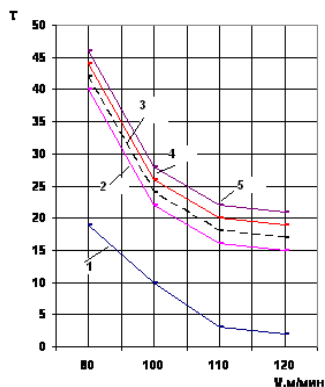


Рисунок 6 – Зависимость «стойкость-скорость»

Список использованных источников

1. Костюк Г.И. Физические процессы плазменно-ионных, ионно-лучевых, плазменных, светолучевых и комбинированных технологий: моногр. / Г.И. Костюк. – К.: Изд-во АИНУ, 2002. – Кн. 1. – 587 с. и Кн.2. – 442 с. – 1030 с.
2. Костюк Г.И. Эффективный режущий инструмент: моногр. / Г.И. Костюк. – Х.: Изд-во АИНУ, 2003. – 412 с.
3. Kostyuk G.I. The effective cutting tools having the coating and hardened layers: monograph-reference book / G.I. Kostyuk. – Kharkov: “КНАГ”, 2007. – 633 p.
4. Костюк Г.И. Наноструктуры и нанопокртия: перспективы и реальность / Г.И. Костюк. – Х.: Харьк. авиац. ин-т, 2009, 403с.

СНИЖЕНИЕ ЗАТРАТ НА ПРОИЗВОДСТВО ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ ЗА СЧЕТ РЕЦИКЛИНГА РЕНИЯ

Касиков А.Г., Петрова А.М., Громов П.Б., Калинин В.Т.

Учреждение Российской Академии наук Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева КНЦ РАН,

184209, Россия, Мурманская обл., г. Апатиты, Академгородок, 26а;

тел./факс +7(81555)79653; e-mail: kasikov@chemy.kolasc.net.ru

Жаропрочные никелевые сплавы (ЖНС) благодаря своим уникальным физико-химическим свойствам нашли широкое применение при изготовлении ответственных деталей авиакосмической техники, в частности – рабочих лопаток турбин авиационных ГТД. Повышение требований к надежности и ресурсу специальных конструкционных материалов с увеличением уровня рабочих температур и нагрузок стимулирует создание новых высокожаропрочных сплавов. В течение длительного времени требуемый уровень характеристик ЖНС достигался легированием никелевой основы все большим числом компонентов (до 15 легирующих элементов), совокупное действие которых положительно влияло на то или иное свойство – пластичность, длительную прочность, сопротивление окислению и др. Тем не менее, проблему повышения температурного уровня работоспособности T_r° (температура, при которой достигается определенная продолжительность работы τ при заданном напряжении σ) лопаток с равноосной структурой удалось решить лишь путем введения в состав ЖНС нового легирующего элемента – рения и усовершенствованием технологии выплавки (использование технологии направленной кристаллизации). В последние годы разработаны высокорениевые ЖНС 4-го поколения с уникальными свойствами, содержащие 9-12% рения (ЖС47 и ЖС49) [1]. Однако рений является дефицитным и дорогостоящим элементом, что существенно увеличивает стоимость производства ренийсодержащих сплавов. Как видно из таблицы 1, удельная стоимость рения в структуре себестоимости ЖНС 3-го поколения заметно превышает долю других, в том числе и основных (по мас.%), компонентов.

Таким образом, производство высокорениевых сплавов в значительной степени ограничивается экономическими факторами. Одним из путей снижения капитальных затрат на производство ренийсодержащих ЖНС может стать грамотная организация процесса рециклинга рения из отходов обработки и эксплуатации сплавов.

Таблица 1. Оценочные данные по структуре себестоимости некоторых ренийсодержащих ЖНС 3-го поколения

Марка сплава	Основные компоненты ЖНС	Ni	Co	Re	Mo	W	Nb	Ta
	Примерная стоимость металлов, долл./кг	23	39	6500	33.5	38	50	160
Alloy 5A	Содержание компонента, мас.%	57.5	12.5	6.25	-	5.8	-	7.0
	Цена в пересчете на 1 т сплава, тыс. долл.	13.2	4.9	406.3	-	2.2	-	11.2
	Примерная удельная стоимость, %	3.0	1.1	92.8	-	0.5	-	2.6

CMSX 10M	Содержание компонента, мас.%	69.7	1.7	6.5	0.4	5.4	0.08	8.2
	Цена в пересчете на 1 т сплава, тыс. долл.	16.0	0.7	422.5	0.1	2.1	0.04	13.1
	Примерная удельная стоимость, %	3.5	0.15	93.0	0.02	0.5	0.01	2.9
ЖС 32У	Содержание компонента, масс.%	58.0	9.5	4.4	1.4	7.5	1.0	5.2
	Цена в пересчете на 1 т сплава, тыс. долл.	13.3	3.7	286.0	0.5	2.9	0.5	8.3
	Примерная удельная стоимость, %	4.2	1.2	90.7	0.16	0.9	0.16	2.6

В настоящее время на некоторых российских предприятиях подобные отходы не проходят стадию сортировки. При таком подходе содержание рения в отходах обработки ЖНС снижается за счет разбавления отходами безрениевых сплавов. Поэтому для обогащения вторичного сырья по рению в первую очередь следует разделять линии обработки ренийсодержащих и безрениевых сплавов.

На сегодняшний день предложено достаточно большое количество способов рециклинга рения из сплавов специальных назначений [2]. Тем не менее, имеющиеся технологии не всегда достаточно эффективны, рентабельны и осуществимы. Разработка новых процессов рециклинга рения из отходов сложнoleгированных жаропрочных сплавов все еще остается актуальной задачей.

В последние годы в ИХТРЭМС КНЦ РАН разработано 2 схемы переработки отходов ренийсодержащих ЖНС. Преимуществом разработанных технологий является возможность переработки как мелкодисперсных материалов, так и кусковых отходов. Для измельчения последних предложена операция высокотемпературного сплавления материала с алюминием в восстановительных условиях с целью перевода никелевой основы сплава в форму алюминиды Ni_3Al , отличающуюся низкотемпературной хрупкостью, что в дальнейшем позволяет измельчить полученный плав на стандартном оборудовании.

Мелкодисперсный продукт далее может быть переработан либо по гидрометаллургической схеме, предусматривающей серноокислотное выщелачивание рения и основы сплава в присутствии окислителя с дальнейшим селективным экстракционным извлечением рения вторичным октиловым спиртом из кислого раствора выщелачивания [3], либо по комбинированной схеме. В последнем случае на первом этапе проводят серноокислотное вскрытие материала с переводом основы сплава (Ni, Co) в слабокислый раствор и концентрированием рения в остатке. Далее рений из остатка предложено извлекать методом высокотемпературной окислительной отгонки. Лабораторные и

укрупненные лабораторные испытания предложенных схем подтвердили их эффективность для извлечения рения из отходов ЖНС с получением товарной соли NH_4ReO_4 , пригодной для производства порошков металлического рения.

Поскольку в России на сегодняшний день производство рения не превышает нескольких сотен кг в год (главным образом за счет переработки отработанных Pt-Re катализаторов риформинга), а потребности промышленности удовлетворяются преимущественно импортными поставками, внедрение отечественных разработок в области рециклинга рения из отходов ЖНС могло бы стать значительным подспорьем для удешевления производства стратегически важных конструкционных материалов.

Работа выполнена при частичной поддержке программы целевых расходов Президиума РАН «Поддержка инноваций и разработок».

Литература

1. Каблов Е.Н., Петрушин Н.В., Сидоров В.В., Демонис И.М. Разработка монокристаллических высокорениевых жаропрочных никелевых сплавов методом компьютерного конструирования // Литейные жаропрочные сплавы. Эффект С.Т. Кишкина: науч.-техн. сб. – М.: «Наука», 2006. – С. 79-97.

2. Касиков А.Г., Петрова А.М. Рециклинг рения из отходов жаропрочных и специальных сплавов // Технологии металлов. 2010. №2. - С.2 - 12.

3. Положительное решение о выдаче патента на изобретение Способ извлечения рения из металлических отходов никельсодержащих жаропрочных сплавов / Касиков А.Г., Петрова А.М., Багрова Е.Г., Серба Н.В., Калинин В.Т.; ИХТРЭМС КНЦ РАН; - №2009145364/02(064645); заявл. 07.12.09.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСОКОЧИСТОГО НИКЕЛЯ И КОБАЛЬТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ НА НИКЕЛЕВОЙ ОСНОВЕ

Касиков А.Г.¹, Сидоров В.В.²

*¹ Учреждение Российской Академии наук Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева КНЦ РАН
184209, Россия, Мурманская обл., г. Апатиты, мкр. Академгородок, 26а;
тел./факс +7(81555)79653; e-mail: kasikov@chemy.kolasc.net.ru.*

² ФГУП Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов

В настоящее время проблема долговечности турбинных лопаток, от работоспособности которых во многом зависит срок службы и экономичность двигателя, является наиболее острой. Технико-экономические показатели газотурбинного двигателя напрямую зависят от температуры газа на входе в турбину. Для повышения

эксплуатационной надежности требуется обеспечить высокую жаропрочность материалов горячего тракта двигателя. Прежде всего это касается длительной прочности и термостойкости жаропрочных сплавов лопаток турбины.

Практика получения жаропрочных сплавов в ФГУП «ВИАМ» [1, 2], а также исследования, выполненные за рубежом, показали, что одним из важнейших требований к сплавам является их высокая чистота по примесям. При изучении жаропрочных свойств, в частности, было установлено, что наиболее вредными примесями в сплавах являются Bi , Te , Se , Pb и Ag , причем отрицательное влияние висмута проявляется при его содержании 0.00002 мас. %.

Примеси попадают в сплавы из литейных форм, тиглей, окружающей атмосферы и шихтовых материалов. Если первые источники могут быть исключены при плавке, то низкое качество шихтовых материалов приводит к невозможности получения высокочистых сплавов даже после их вакуумного переплава.

Очевидно, что в первую очередь высокая чистота должна быть обеспечена у металлов, составляющих основу сплавов. В случае жаропрочных кобальтовых сплавов ими являются Ni и Co .

Ранее было установлено [1], что замена в этих сплавах рядового никеля на более чистый металл позволило увеличить долговечность сплавов ЖС6-4 и ЖС-К в среднем на 20%. Однако, если производство высокочистого карбонильного никеля в России успешно функционирует, то основная масса кобальта производится в основном, марок К1 и К1А по устаревшей пирометаллургической технологии. «Огневой» кобальт существенно уступает по содержанию примесей карбонильной никелевой дроби и поэтому при его использовании происходит снижение эффекта от использования более чистого никеля.

В настоящее время наиболее чистый металлический кобальт, отвечающий всем требованиям к особо чистым шихтовым материалам, производится фирмой «Гермет». Содержание вредных примесей в этом металле составляет в основном менее 1 ppm. Однако производство кобальта оценивается килограммами, а стоимость составляет около 2000 \$США за 1 кг. Очевидно, что использование такого дорогого металла при серийном выпуске жаропрочных сплавов невозможно.

Низкое качество огневого кобальта связано как со способом его производства, так и недостаточной очисткой исходных материалов с помощью гидролитических способов.

Повысить качество выпускаемого в промышленном масштабе кобальта стало возможным после внедрения на комбинате «Североникель» Кольской ГМК гидрохлоридной экстракционно-

электролизной технологии, основанной на новом способе переработки кобальтового концентрата, разработанном в ИХТРЭМС КНЦ РАН [3]. При проведении процесса в оптимальном режиме на комбинате «Североникель» была наработана опытная партия высокочистого металлического кобальта. Содержание примесей в высокочистом никеле и кобальте в сравнении с различными марками и кобальтом зарубежного производства приведены в таблице 1. Из таблицы следует, что карбонильный никель и кобальт, полученный по новой технологии, содержат гораздо меньше наиболее вредных для получения высококачественных сплавов микропримесей.

Проведенные испытания показали, что использование кобальта К0 взамен кобальта К1 при выплавке сплавов марки ЖС 6УМ-ВИ и ВЖЛ 12У-ВИ позволило увеличить долговечность образцов сплавов при испытаниях на большой базе (500 часов) примерно в 1.3 раза в сравнении с паспортными характеристиками рядовых сплавов [4].

В дальнейшем партия особо чистого кобальта была испытана для выплавки сплавов ЖС 32-УВИ и ЖС 36-ВИ. При их получении в качестве шихтовых материалов использовали никелевую карбонильную дробь ДНК, хром ЭРХ, штабики Мо, W и Re, пруток Та, А1-А99 и титановую губку ТГ100.

Выплавку сплавов проводили в вакуумной индукционной плавильно-разливочной установке ВИАМ 2002. Всего было произведено по 2 плавки каждого сплава.

Таблица 1. Содержание основного вещества и примесных элементов в никеле и кобальте различных марок и производителей (в ppm)

Элемент	Никель		Кобальт			
	Н1У	Карбонильная дробь, «Североникель»	К1А	К0	Фол конбридж, Норвегия	Опытная партия особо чистого кобальта «Североникель»
Ni	99.95 мас.%	99.95 мас.%	3000	50-500	700	280
Co	1000	2	99.30 мас.%	99.98 мас.%	99.99 мас.%	99.96 мас.%
Fe	100	100	2000	30	15	28
S	10	10	40	10	2	5
C	100	150	200	50	-	60
Te	5	5	-	-	-	<1

Tl	5	5	-	-	-	<0.1
Ag	1	1	-	-	-	0.1
Si	20	5	-	-	-	<7
C	150	4	300	10	10	5
As	10	5	20	5	1	<3
Zn	80	5	30	10	2	<1
P	10	0.5	5	30	-	1
Cd	5	1	10	3	-	0.01
Bi	5	0.1	5	3	-	0.6
Mn	-	0.2	700	5	-	<1
Sn	5	0.1	5	3	-	0.2
Pb	5	0.1	10	3	3	0.4
Sb	5	0.5	10	3	-	1.5

На первой плавке каждого сплава кобальт присаживали в завалку с остальными шихтовыми материалами. На второй плавке кобальт присаживали в жидкий металл. Контроль содержания примесных элементов в сплавах проводили методом искровой масс-спектрометрии на приборе JMC-01-BM2 (Япония). Сплавы далее переплавляли в установке направленной кристаллизации и заливали заготовки под образцы с монокристаллической структурой с кристаллографической ориентацией <001>. После механической обработки заготовок образцы были испытаны на длительную прочность по режимам:

Сплав ЖС 32У-ВИ: $T=1000^{\circ}\text{C}$; $\sigma = 19$ кгс/мм²; $\tau = 500$ ч (норма по паспорту);

Сплав ЖС 36-ВИ: $T=1000^{\circ}\text{C}$; $\sigma = 8.5$ кгс/мм²; $\tau \geq 500$ ч (норма по паспорту).

Результаты испытаний на длительную прочность сплавов показали, что время до начала разрушения сплава ЖС 32У-ВИ для разных плавков составило 622-646 часов, а для ЖС 36-ВИ 622-656 часов, что в среднем в 1.25-1.30 раза больше по сравнению с паспортными характеристиками сплавов, выплавленных с применением кобальта марки К1 и К1Ау.

Полученный результат можно объяснить повышенной чистотой сплавов, благодаря чему при кристаллизации формируется более совершенный бездефектный монокристалл, что было подтверждено при исследовании микроструктуры монокристаллов на микроскопе NEOFOT26. Во всех выплавленных сплавах отсутствовали включения нитридов, фосфидов, сульфидов и силицидов.

Таким образом, проведенные исследования и испытания показали перспективность использования при выплавке монокристаллических жаропрочных сплавов, высококочистого никеля и кобальта.

Литература

1. Каблов Е.Н., Логунов А.В., Сидоров В.В. Обеспечение ультравысокой чистоты металла – гарантия качества литейных жаропрочных сплавов // *Металлы*. – 2000. - №6. – С.10-46.

2. Каблов Е.Н. Физико-химические и технологические особенности создания жаропрочных сплавов, содержащих рений // *Вестн. Московского ун-та*. – 2005. – Т.46. - №3. – С.155-167.

3. Касиков А.Г. 10 лет новому кобальтовому производству // *Север индустриальный*, 2009, Март, с.32-34.

4. Касиков А.Г., Сидоров В.В., Калинин В.Т. Получение высококочистого кобальта и его использование для производства жаропрочных сплавов: Тез. докл. на межд. научно-техн. конф. «Актуальные вопросы авиационного материаловедения» 26-27 июня 2007 г. – М., ВИАМ, 2007. – С.64-65.

МЕТОД ОЧИСТКИ ПОВЕХНОСТИ ТРЕЩИН, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ

З.П. Пай¹, В.В. Пай², В.Н. Пармон¹

*¹ Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского Отделения РАН, РФ,
630090 Новосибирск, просп. акад. Лаврентьева, 5, Россия
Fax: (383) 330-80-56, E-mail: zpai@catalysis.ru*

*² Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского Отделения РАН, РФ,
630090 Новосибирск, просп. акад. Лаврентьева, 14, Россия*

В процессе эксплуатации авиационных двигателей на лопатках турбин возникают трещины вследствие воздействия на материал лопаток высоких температур, больших аэродинамических и механических нагрузок и т.п. Стоимость лопаток очень высока. Тем не менее, по причине отсутствия в настоящее время отечественной технологии, позволяющей осуществлять качественный ремонт лопаток с трещинами, такие лопатки заменяют новыми, что является экономически невыгодным решением проблемы. Аналогичные проблемы возникают и при эксплуатации энергетических турбин, а также в других производствах, где требуется подготовительная очистка загрязненных поверхностей для проведения ремонтных работ методом пайки или сварки

За рубежом для ремонта металлических деталей с трещинами широко используется технологию DAYTON, благодаря чему значительно увеличивается ресурс работы этих деталей, экономятся материалы и сокращаются трудозатраты по сравнению с изготовлением новых. Ремонт деталей по указанной технологии осуществляют в две стадии: очистка

поверхности трещин от оксидов металлов; высокотемпературная пайка трещин специальными высокожаропрочными припоями. Ключевым моментом в технологии DAYTON (разработан и запатентован UDRI-University of Dayton, Research Institute в 1980 г.) является процесс качественного удаления оксидов металлов с поверхности устья трещин (FCP-Fluorocarbon Cleaning Process) [1, 2].

Таким образом, очистка трещин от оксидов металлов является необходимым условием для проведения ремонта деталей с трещинами методом высокотемпературной вакуумной пайки. В Институте катализа СО РАН совместно с Институтом гидродинамики СО РАН были проведены исследования по разработке нового способа очистки микротрещин металлических материалов на примере сплава ЖС6-У. Создана установка для экспериментального обоснования нового метода (Рис. 1). Эксперименты проводили на образцах-имитаторах с контролем состояния поверхности трещин. Показано, что выбранные газо- и гидродинамические параметры процесса с варьированием температуры и состава травильных растворов позволяют обеспечить многократную промывку узких зазоров за 0,3 - 0,5 ч. Первичные испытания очищенных образцов при проведении высокотемпературной пайки (1200° С) с использованием припоя Впр24 показали положительные результаты.

Учитывая, что в настоящее время резко возросла стоимость сплавов, из-за подорожания основных шихтовых материалов, предлагаемый метод может стать основой для создания технологии ремонта лопаток турбин авиационных двигателей.

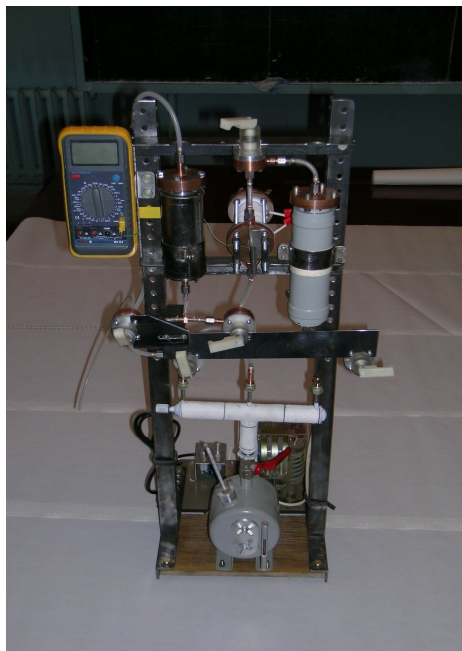


Рис. 1. Установка очистки трещин деталей из металлических сплавов

Основные аппараты установки:

1. Реактор, снабженный контактным нагревателем, регулируемой мощностью, для контроля которой служит термопара с цифровой индикацией температуры;
2. Емкость для травительного раствора, снабжена рубашкой для термостатирования;
3. Парогенератор, снабжен нагревательным элементом и имеет датчики температуры и уровня жидкости;
4. Конденсатор, снабженный рубашкой для водяного охлаждения.

Литература

1. Patent US 4324594, Method for cleaning metal parts // Chasteen J. W., 1982.
2. Patent US 5071486, Process for removing protective coatings and bonding layers from metal parts // Chasteen J. W., 1991.
3. Пай З.П., Пармон В.Н., Пай В.В. Материалы Междун. научно-технич. конференции «Актуальные вопросы авиационного материаловедения», 26-27 июня, Москва, 2007, С. 31-32.
4. Pai Z.P., Parmon V.N., Pai V.V. XVIII International Conferences on Chemical Reactors “CHEMREACTOR-18”, September 29 – October 3 2008, Malta, P. 367-368.
5. Заявка на Патент РФ №2009121412// Пай З.П., Пармон В.Н., Пай В.В., Федотенко М.А., Яковлев И.В., Шангина А.Б. // с приоритетом от 04.06.09.

ELASTIC JOINT WITH MICROHYDRAULIC ACTUATION

Pilkauskas K., Bauriene G. Kaunas University of Technology,

Seeking for new quality advances an entire new approach to the integrated system design, using new types of advanced materials, new actuators, bioinspired or biomimetic structures becomes the more promising way rather than significant efforts in modernization conventional mechatronic systems.

Efforts to build precision mechanisms based on elastically deformed frames, elastically hinged structures with the features of mechanical advantages (displacement amplification) results in promising structures for precision engineering [1, 2, 3]. Their integration with micro fluidic systems or basically micro fluidic actuation, as well as active material actuated systems seems to be perspective way for micro mechatronic systems development.

Having the aim to develop adaptive structures with the distributed compliance a structure was proposed mechanical part of which consists of a number of periodically arranged in longitudinal direction U-shaped structural elements (Fig. 1) manufactured of high elasticity material (e.g. alloyed steel). As U shaped members are used the side parts of which are relatively thick and the bottom part relatively thin the fact implies an assumption the side parts to be treated as rigid and the bottom part as elastic. The fluidic actuator in the form of mini tube inserted in between the side parts of U shape when inflated expands causing angular displacement of one side of the U shape with respect to another. The U shaped links attached rigidly one to another by their sides form the compliant mechanical structure. The resultant displacement (movement) is the sum of angular displacements of all the U shaped members.

In order to obtain an effective means for the structure actuation the application of a single tubular actuator folded in between rigid side parts of U shaped members is a reasonable solution. In the current research with the aim of interaction process analysis of the mini tube with rigid element the initially pre-stressed arrangement was analysed. The angle of expansion due to tube insertion into the elastic joint and subsequent inflation is obtained and compared with experimental results.

Performance of the structure is predefined by the behavior of its single joint.

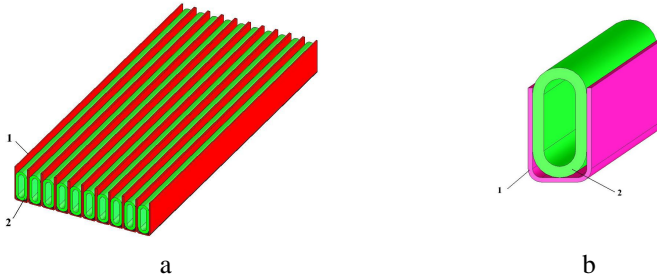


Fig. 1 Compliant mechanism; a - mechanical structure; b -: Elementary unit of the structure: 1 – U shaped link, 2 - fluidic actuator;

The computational model of a single joint is shown in Fig. 2a. It represents one rigid side of the U element half of the tube and elastic element (bottom part of U shaped element) the length of which is half U span. Mechanical characteristics of the materials of the joint elements are as follows – modulus of elasticity $E = 193 \text{ GPa}$ and $E = 19.3 \text{ MPa}$, Poisson's ratio $\nu = 0.33$ and $\nu = 0.28$, density $\rho = 7900 \text{ kg/m}^3$ and $\rho = 1010 \text{ kg/m}^3$, yield point $\sigma_y = 352 \cdot 10^6 \text{ Pa}$ and $\sigma_y = 17 \cdot 10^6 \text{ Pa}$ for U shaped link (AISI 301) and fluidic actuator (Polivynil) accordingly. The dimensions are: U side height 2 mm, thickness of bottom U part - 0.1 mm, outside diameter of the tube 2.08 mm, tube wall thickness 0.255 mm. The width of the elastic elements is 50 mm.

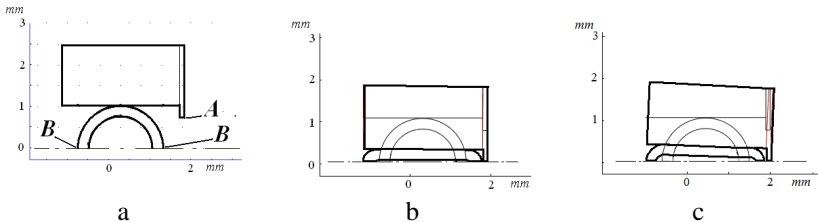


Fig. 2 Simulation of the behaviour of the joint: a – initial position; b – the phase of tube insertion; c – the phase of operation

Behaviour of the joint was analyzed by Finite Element Method. The first simulation phase - the tube insertion was performed as follows. Assuming that there is no pressure on the inner tube wall at initial position shown in Fig. 2a the end point A was moved vertically downwards deforming the system elements elastically and allowing the points B B of the half tube contour to move freely in horizontal direction (Fig. 2b). At the second simulation phase – system operation pressure on the inner surface of the half tube was applied

further deforming elements of the system (Fig. 2c) what resulted in angular position change of the spacer after pressure is supplied.

Experimentally the structure was tested using optical test rig. A mirror was mounted on one side of U shaped element and according the distance of reflected laser beam shift the deformation angle was calculated.

Good agreement of the results of theoretical modeling and experimental research (Fig. 3) indicate on operational capability of the proposed structure.

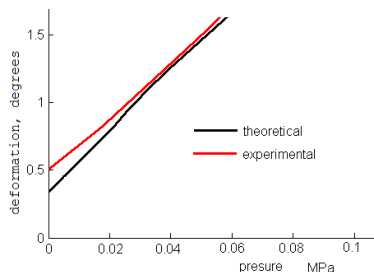


Fig. 3 Comparison of the results of theoretical modeling and experimental research

References

1. Pilkauskas, Kęstutis; Gaidys, Rimvydas; Lira, C. The mechatronic module “Smart Stick” // *Mechanika 2007* : proceedings of the 12th international conference. Kaunas : Technologija. ISSN 1822-2951. 2007, p. 219-223
2. Pilkauskas K., Gaidys R., Lira C. Adaptive structures based on smart stick concept for robotic applications, Proc. IMAC XXV Conference on Structural Dynamics, Orlando, Florida, on CD, - 7p.
3. Lira C., Pilkauskas K., Embedded Novel Actuators for Toy Applications, Proc. 6th International Conference of the European Society for Precision Engineering and Nanotechnology, Baden bei Wien, Austria, 2006, p. 228-231.

INVESTIGATION OF WAVE PIEZODRIVES FOR MICROROBOTICS

Bauriene G., Fedaravicius A., Pilkauskas K. Kaunas University of Technology, Kestucio 27, Kaunas, LT-44025, Lithuania, E-mail: genovaite.bauriene@ktu.lt, algimanats.fedaravicius@ktu.lt, kestutis.pilkauskas@ktu.lt

Nowadays in the development of modern mechatronic systems the general trend to replace conventional mechanisms by the ones operating on

new concepts and principles is observed. One group of such mechanisms (piezoelectric actuators or piezodrives) is based on smart material application. Smart material based sensors and actuators are especially convenient for the use as components of mechatronic systems because they are simple structure and easily electronically controlled components.

An original concept of a travelling wave type piezodrive for the application as an actuator in robots or robotic units preferably as locomotion unit in small size mobile robots is proposed.

The operation principle of wave piezodrives is based on friction interaction of stator an input link in which a high frequency travelling wave oscillations are excited with rotor an output link. The most important part of these piezodrives is its stator. In our case – it is piezoceramic ring – shaped exciter [1, 2]. Piezoelectric drive with a ring-shaped exciter is a complicated electromechanical system, when considered analytically. Mechanical and electrical parameters and high frequency vibrotransportation methods should be included into its mathematical model.

The most difficult task is to determine the relation between the piezoelectric exciter and the output link (rotor); i.e. between the system with distributed parameters and the link whose motion is expressed by a conventional differential equation. The inverse piezoeffect is to be taken into consideration, because the exciter is made of piezoceramics. Therefore, the analytical investigations of dynamics of piezodrive with the ring-shaped exciter and dynamic processes in it were studied by means of the method of finite elements.

Structure of the proposed piezoelectric drive is presented in Fig. 1. It consists of a rotor 2, three piezoceramic rings 1, elastic suspension elements of the rings 4 and the unit frame 3. Travelling waves are generated in piezoceramic rings by conventional method, i.e. applying two phase, phase shifted source of electrical oscillations. A piezoceramic ring contacts the rotor by its inner surface, i.e. the inner surface which is concave by the shape is pressed to the circular shaped rotor i.e. convex in shape. Constant contact between the stator and the rotor is ensured by initially pre-strained suspension elements 4. Totally the rotor is driven by three piezoceramic rings which are arranged at 120° angular displacement each with respect to another and each elastically suspended in cylinder shaped frame 3. The concave – convex shape nature of piezoceramic ring - rotor contact zone and the three point contact of the stator – rotor due to the mentioned above angular arrangement of the rings is the key factor to achieve the stability of the stator- rotor contact for several hours of operation required in most mobile micro robots.

For the analysis as a prototype was used the piezoceramic ring made of piezoceramics CTS-19 (lead circonate) 1 with the following parameters:

$R_1=0,010$ m, $R_2=0,020$ m – inner and outer radii of the ring; $\gamma=3\cdot 10^7$ N/m² – elasticity modulus of piezoceramics; $\rho=7200$ N/m³ – density of piezoceramics.

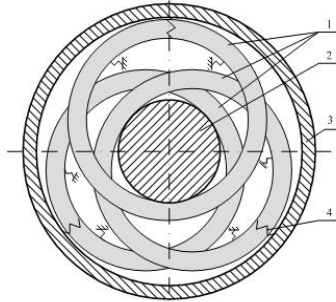


Fig. 1 Structure of piezoelectric drive with 3 point contact of the stator and the rotor: 1 - piezoceramic rings; 2 – rotor; 3 - frame of the unit; 4 - elastic suspension elements of the rings

For theoretical investigation as the basic unit taking the interacting single piezoceramic ring and the rotor mathematical model of the electromechanical system - piezoceramic ring shaped exciter - rotor is as follows:

$$[M]\{\ddot{\delta}\} + [K]\{\delta\} + [C]\{\dot{\delta}\} = \left\{ \begin{matrix} F_2 \\ F_9 \\ F_{17} \end{matrix} \right\} + \{\Phi_1\}$$

$$J \cdot \ddot{\varphi} + b\dot{\varphi} = -r \cdot f_0 \text{sign}(\dot{\varphi} \cdot r - \dot{\delta}\tau_1)$$

where $[M]$, $[K]$, $[C]$ – matrices of piezoceramic ring-shaped exciter 1 masses, damping and stiffness respectively; $\{f_j^i(t)\}$ - force vector due to electrical field, $\{f_j^i(t)\} = A \cdot \sin(\omega_2 \cdot t + \varphi_k)$, where i – number of finite element, j – phase, A – amplitude of oscillations, ω_2 – frequency of oscillations, φ_k – phase shift. $\{\Phi_1\}$ is the vector of acting forces on the contact point, δ - displacement of the exciter 1 contacting point, I – inertia moment of rotor 2, b – damping coefficient, f_0 – dry friction coefficient, r - internal and external radius of a ring-shaped exciter, N – normal reaction force, $\dot{\varphi}, \ddot{\varphi}$ - angular velocity and acceleration of the rotor respectively.

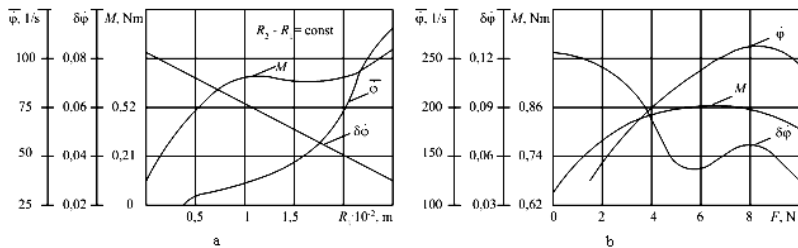


Fig. 2 Dynamic characteristics of wave piezodrive

The structural concept of the proposed piezodrive intended to be used for robotic applications preferably small sized mobile robots is based on the application of a stator composed of three elastically suspended in the unit's frame piezoceramic rings which contact the rotor in a prestrained manner by their inner surfaces what ensures the frictional contact stability and thus the performance reliability of the unit.

A model constructed for the analysis of frictional interaction between the stator and the rotor proved the functionality of the proposed arrangement with the sufficient characteristics for the application in small sized robotics.

References

4. Baurienė G., Bubulis A., Pilkauskas K. Interaction investigation of vibrating surface and the transported dry substances. 2nd World Tribology Congress: abstracts, papers, posters, 03-07 September 2001, Vienna, Austria [CD-ROM]. Vienna: The Austrian Tribology Society, 2001. ISBN 3-901657-08-8. p. 1-4.
5. Baurienė G., Bubulis A.; Pilkauskas K. High frequency piezoelectric actuators for automotive applications // Transport Means - 2007 : proceedings of the 11th international conference, Kaunas : Technologija. ISSN 1822-296X. 2007, p. 153-156.

NONLINEAR EMBEDDING FOR CHAOTIC TIME SERIES PREDICTION BY FUZZY INFERENCE SYSTEMS

Minvydas Ragulskis

*Department of Mathematical Research in Systems, Kaunas University of Technology
Studentu 50, Kaunas LT-51368, Lithuania, +37037300327, minvydas.ragulskis@ktu.lt*

Kristina Lukoseviciute

*Department of Mathematical Research in Systems, Kaunas University of Technology
Studentu 50, Kaunas LT-51368, Lithuania, +37037300327, kristina.lukoseviciute@ktu.lt*

Time series prediction, especially long-term prediction is a challenge in many fields of science and engineering. Although the search for a best time series forecasting method continues, it is agreeable that no single method will outperform all others in all situations. A method for time series forecasting by fuzzy inference systems based on non-uniform attractor embedding is proposed in this paper. The parameter characterizing the spreading of the embedded attractor in the delay coordinate space is used as a fitness function for every set of time lags. The reconstructed information on the properties of the underlying dynamical system is directly elaborated in the fuzzy prediction system. Computational examples are used to demonstrate the functionality of the proposed method.

Time series forecasting by fuzzy inference systems is one of many diverse methods used for extrapolating past behavior into future [1–3]. In general, the object of these techniques is to build a model of the process and then use this model on the last values of the time series to extrapolate past behavior into future. In general, attractor embedding is a nonlinear analysis procedure and comprises two basic steps: the determination of the minimal dimension of the reconstructed delay phase space and the optimal time lag [4].

Suppose that a scalar time series is given as x_1, x_2, \dots, x_N . Then time delay vectors produced by a non-uniform embedding can be reconstructed as follows [5]:

$$y_p^{(d)} = (x_p, x_{p+\tau_1}, \dots, x_{p+\tau_1+\dots+\tau_{d-1}}) \quad p = 1, 2, \dots, N - \sum_{i=1}^{d-1} \tau_i \quad (1)$$

where d is the embedding dimension of the delay coordinate space; $y_p^{(d)}$ is the p -th reconstructed vector with the embedding dimension d ; $\tau_i \in \mathbb{N}$. If the time span between two adjacent points in the scalar time series is δ (the sampling

rate is $1/\delta$), $\delta \sum_{i=1}^{d-1} \tau_i$ is the total embedding window. The function of

embedding quality is defined as the average of parameters of embedding quality in all possible different planar projections:

$$Q(\tau_1, \dots, \tau_{d-1}, \omega) = \frac{2}{d(d-1)} \cdot \left(\sum_{i=1}^{d-1} \left| \sin(\omega \delta \tau_i) \right| + \sum_{i=1}^{d-2} \left| \sin(\omega \delta (\tau_i + \tau_{i+1})) \right| + \dots + \left| \sin \left(\omega \delta \sum_{j=1}^{d-1} \tau_j \right) \right| \right) \quad (2)$$

Every harmonic component of the original time series will be affected by the function of embedding quality when the original time series will be embedded into a d -dimensional delay coordinate space.

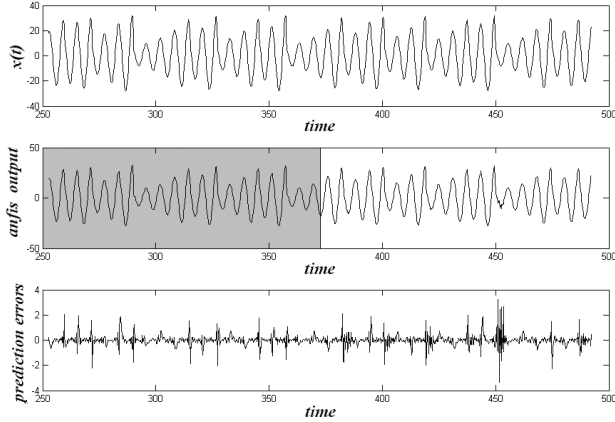


Fig. 1. The optimal selection of $\tau = 31$ for a chaotic solution at $d = 5$

The best set of time lags (a near-optimal set) is determined to be $\{4;4;3;4;4\}$; the resulting value of the fitness function is $F(4;4;3;4;4) = 1.0855$. Next we use Matlab based ANFIS system (Fig. 1) to predict the time series. We predict $x(t+4)$ from the past values $x(t-17)$, $x(t-11)$, $x(t-8)$, $x(t-4)$, and $x(t)$. We construct 560 data vectors $y_p^{(d)}$, use the first 280 ones for training (gray-shaded area in Fig. 1) while the others – for determining the accuracy of the prediction (we start from the step number 250 because we want the transient processes to cease down before we start the prediction). It can be noted that RMSE of the prediction errors is 0.4351 and RMSE of the prediction errors of the post-transient chaotic Rossler attractor at $a = b = 0.1$ and $c = 20$ is 0.4839. This is a good example illustrating the value of non-uniform embedding for time series prediction by fuzzy inference systems.

We have extended time series prediction technique based on non-uniform embedding by adding the functionality of genetic algorithms into the procedure of determination of a near-optimal set of time lags. The computational process can be characterized by three basic steps: the identification of the optimal dimension of the phase space; the identification of the near optimal set of time lags; training of ANFIS and prediction of the time series. It is shown that direct computation of areas occupied by the chaotic attractor embedded from the original time series into all possible planar projections can considerably enhance the accuracy of prediction.

References:

- [1] H. Gu, H. Wang, Fuzzy prediction of chaotic time series based on singular value decomposition, *Applied Mathematics and Computation*, Vol. 185, 2007, pp. 1171-1185.
- [2] T. Hui-Kuang Yu, Kun-Huang Huarng, A bivariate fuzzy time series model to forecast the TAIEX, *Expert Systems with Applications*, Vol. 34, 2008, pp. 2945-2952.
- [3] M. Khashei, S. Reza, M. Bijari, A new hybrid artificial neural networks and fuzzy regression model for time series forecasting, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 159, 2008, pp. 769-786.
- [4] M. Khashei, M. Bijari, G.A.R. Ardali, Improvement of auto-regressive integrated moving average models using fuzzy logic and artificial neural networks (ANNs), *Neurocomputing*, Vol. 72, 2009, pp. 956-967.
- [5] K. Lukoseviciute, M. Ragulskis, Evolutionary algorithms for the selection of time lags for time series forecasting by fuzzy inference systems, *Neurocomputing*, Vol. 73, 2010, pp. 2077-2088.

DEVELOPMENT OF RHEOLOGICAL FLUIDS MONITORING SYSTEM

E. Dragasius,

*Kaunas University of Technology, Kęstučio str. 27, 44025 Kaunas, Lithuania,
e-mail: egidijus.dragasius@ktu.lt*

Abstract. Rheological properties of electro-rheological (ER) and magneto-rheological (MR) fluids changes due to sedimentation. Aiming to ensure reliable operation and good exploitation properties of devices with rheological fluids during long period of time, rheological properties should remain constant. This paper describes two monitoring systems for control of sedimentation process of rheological fluids. This patent pending monitoring

process allowing monitoring of rheological fluids rheological properties in standby phase is very useful. Such monitoring systems can be used for control of rheological fluids properties.

ERF and MRF is no colloidal suspension from ferromagnetic particles, which are very small. For good treatment of device with rheological fluids, need to vouch constantly properties of usable rheological fluids in all period of devices work. But it is hard to reach this in devices with rheological fluids working in shorts periods. When you stop using rheological fluids, it becomes sedimentation. Rheological fluids parts accumulate in bulk bottom. For this reason there is requirement of rheological fluids monitoring system. Signals of sensors must inform about fluids homogeneity. When reaches critical sedimentation level, it must start mixer, for mix and raise parts from bottom.

Speed of sedimentation depends on various parameters: Viscosity of fluid, used for base of rheological fluids; Size of ferromagnetic particles; Concentration of the ferromagnetic particles; Interaction of ferromagnetic particles and molecules of the fluid; Temperature of the fluid; Amplitude and speed of the fluid temperature changes; Operational intervals; Shape and size of rheological fluids container; Loads on rheological fluids during exploitation.

Sedimentation is more significant in periods when devices are not working. Therefore in order to keep homogeneity of rheological fluids, it should be mixed, when concentration of particles reaches some value. Depending on location of sensor in container, concentration of particles can be lower (in higher part of fluid volume) or higher (in lower part of fluid volume). In order to monitor this process of sediment, some monitoring system is needed. It is quite natural that several different constructions of such system can exist. Referencing earlier works [1], system was based on application of submerged piezoceramic transducers (Fig. 1). Those transducers can be very small and do not influence dynamical properties of the rheological fluids.

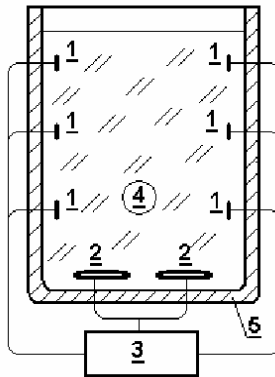


Fig. 1 Rheological fluids monitoring and conditioning system: 1 – sensors; 2 – shakers; 3 – controller; 4 – rheological fluid; 5 – container

Depending on volume of rheological fluids container, dimensions of the piezoelectric transducers (Fig. 1 position 1) may vary. They can be quite small: thickness and height are about 1 - 2 mm, length is about 2 - 10 mm. Such dimensions of those elements would guarantee that the built-in monitoring system would not alter the physical properties of the analyzed system significantly. Sensitivity of the system to the changes in the state of the sedimentation of fluid will be defined by the sharpness of the piezoelectric material amplitude – frequency characteristics. Aiming to simplify process of monitoring and reduce quantity of equipment, all piezoelectric sensors can be connected to one line of diagnostic. Size of sensors can be chosen depending on shape and size of liquid container. Number of sensors in the diagnostic line also depends on shape and size of liquid container. It should be noted that the natural frequencies of the submerged transducers should be different. Such setup of transducer lines would enable monitoring of the natural frequencies changes of the transducers when the rheological fluid around those transducers is in sedimentation process and the boundary conditions are changing. This information would provide the possibility to predict the level of sedimentation and its parameters – temperature, viscosity, etc. In such system sensors must be accordingly prepared. Sensors are coated by thin protective layer (50 - 100 μm), aiming to protect their electrodes from appearing of short circuit in fluid. That could happen when conduction of rheological fluid is high, e.g. water is used for the base of rheological fluid. In such case, moisture could change properties of piezoelectric element.

Described monitoring method is a little bit uncomfortable of its equipment number, need to measure sedimentation level. In Fig. 2 there is the other rheological fluid monitoring and mixing system.

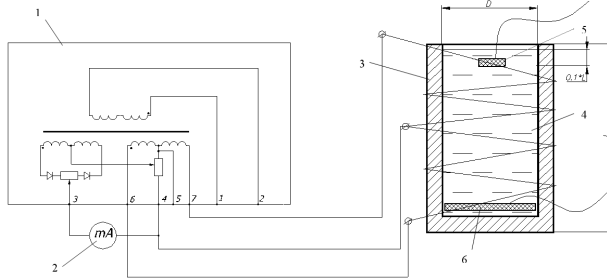


Fig. 2: rheological fluids monitoring and mixing system: 1 – electric loop; 2 – miliamperemeter (instead of it can be connected other supervisory device); 3 – bulk with rheological fluid, wrapped with two connected coils; 4 – rheological fluid; 5 – piezoceramic sensor; 6 – piezoceramic executor.

Using simpler variant suffice only electric loop, miliamperemeter and bulk with rheological fluid, wrapped with two connected coils. Subdue electric loop points 1 and 2 into electric net with ~ 220 V, become to generate magnetic field in coils, which are connected to 4, 6 and 7 loop points. With connecting miliamperemeter to loop points 3 and 4 we ascertainable sedimentation. Minus is that wrapping coils must be not small, this limit of bulk sizes and forms. Bulk can be rectangular parallelepiped and cylindrical form. Of side length or diameter depends coils thickness, wherewith bulk is bigger the it needs thicker coils, the best variant is then side length or diameter is to 10 mm. When the bulk is longer, it is more sensitive nor with shorter bulk. With truing rheostats, which is in electric loop, we properly adjust miliamperemeter indication. Then we can watch exacter rheological fluids sedimentation.

When we need a better system, then we must douse piezoceramic sensor and executor into bulk. Piezoceramic lamellas are connected in the same rule, as was written in previously system, we can watch sedimentation of rheological fluid with sensor and when becomes definite sedimentation level fluid is mixing with piezoceramic executor. According to my experiments results the best variation to douse sensor into depth 10 % of all height bulks. A size of sensor must be from $1/4$ to $1/3$ of bulk cross-section measure, and executor size must be near cross-section measure. Executor place in bulk is in the bottom, for the better mix and raise fluid parts from bottom.

The whole system is a little bit cumbersome, but for rheological fluids work almost don't have any influence. This system can fitting into devices which have long and thin bulks. For this system environmental influence is low.

Also we can use capacitors instead of coils. But in this case there is a big influence of environmental. Depending for environmental humidity,

temperature and other parameters are changing devices indication about rheological fluids sedimentation. In this case these devices we can build only in laboratory conditions.

Conclusions

Two new methods for monitoring and analysis of the sedimentation process is proposed and described. First one is based on the usage of active piezoelectric transducers, which are submerged into the rheological fluid. Analytical rheological model of the system is designed and analyzed. Numerical simulation of in-plane vibrations of built-in vibration transducers confirmed the fact of the change of the dynamical characteristics of the transducer during the process of sedimentation. That confirms the proposed methodology for monitoring of process of sedimentation. Second one is based on the usage of electric loop, which based of inductive converter principal scheme, which exists in the world for a long time, in complex and simple systems. Accomplished several experiments with his system and compared received data from doused piezoceramic sensor and electric loop, can leave only piezoceramic sensor for observe rheological fluid and piezoceramic executer for mixing fluid. That will reduce the whole system size.

References

1. E. Dragasius, J. Holnicki-Szulc, R. Bansevicius, A. Bubulis „Piezo-Monitoring of Magneto-Rheological Fluids”.- „Vibroengineering”, 2004.
2. Dragašius E., Bansevicius R. Piezoelectric Bimorph Sensor for Cure Monitor of Thermosets. *Mechanika, Technologija, Kaunas*, 2001, No 2(28) p. 44-48.
3. Dragasius E., Bansevicius R. Implanted Miniature Piezoelectric Transducers in Manufacturing of Intelligent Materials. *Mechanika, Technologija, Kaunas*, 2001, No.4(30), p. 36-42.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТРЕХ МАССНОЙ ВИБРАЦИОННОЙ МАШИНЫ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

*Цулая Гамлет Григорьевич, Цулая Нино Гамлетовна
Институт Механики Машин им. Р. Двали, Грузия, Тбилиси, Миндели 10,
тел.321165, E-mail: imm@posta.ge*

Рассматриваем трех массную электровибрационную машину, схематическое изображение которой показано на рис. 1. Машина содержит две массы в виде рабочих органов 1 и 2, которые с помощью

упругих элементов 3 и 4 прикреплены к третьей массе 5. Упругие элементы имеют односторонние опоры, создающие нелинейность характеристик жесткостей. Регулировка степени нелинейности можно произвести перемещением конструкции крепления вдоль упругих элементов. Машина приводится в движении с помощью электромагнита, якоря 6 и сердечника 7.

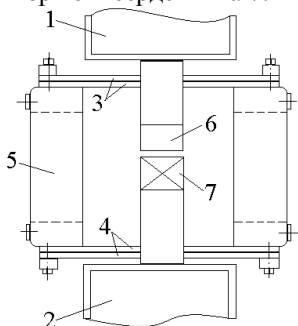


Рис. 1. Схема трех массовой вибраторной машины

Исследуемая вибраторная машина характеризуется рядом достоинств. Массы рабочих органов и жесткости упругих элементов можно подобрать таким образом, чтобы собственные частоты рабочих органов были равны. В этом случае третья масса, с помощью которой подвешена машина на несущую конструкцию, становится практически неподвижной.

Следовательно, передача вредных вибрации на окружающую среду становится минимальной.

Кроме того, имеется возможность подобрать разные рабочие массы и соответствующие им упругие элементы, следовательно, разные собственные частоты колебаний масс, которые дают возможность получить разные комбинации колебаний рабочих органов.

Были проведены теоретические и экспериментальные исследования трех массовой вибраторной машины. Результаты как теоретических, так и экспериментальных исследований показали, что при асимметрии собственных частот колебаний рабочих органов основная резонансная частота сохраняется, но при этом рабочие органы колеблются с разными амплитудами. Это обстоятельство важно, поскольку можно одновременно транспортировать два материала с различными физико-механическими и геометрическими характеристиками и добиться более эффективного их перемещения.

Для иллюстрации на рис. 2 приведены графики амплитудно-частотных характеристик всех трех масс, полученных экспериментально. Из сравнения графиков видна разность пиковых значений амплитуд 1 и 2 рабочих органов, а амплитуды колебания 3 массы незначительны по сравнению с последними.

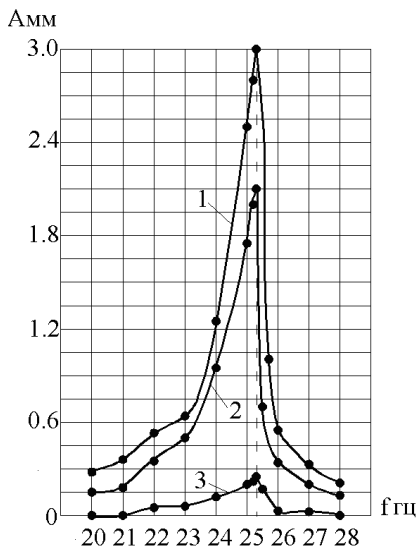


Рис. 2. Амплитудно-частотные характеристики масс

Были исследованы также влияния изменений демпфирующих характеристик машины на амплитуды колебаний рабочих органов. Результаты показали возможность регулирования амплитуд колебаний масс самостоятельно. Как было отмечено выше, упругие системы трех массовой вибрационной машины имеют нелинейные характеристики жесткостей. Соответственно в режимах колебаний рабочих органов возможны возбуждения суб и супергармонических режимов колебаний. Один из таких режимов, в частности, режим субгармонических колебаний на

частоте колебаний питающей электрической сети, был получен экспериментально.

В заключении следует отметить, что были проведены теоретические и экспериментальные исследования трех массовой электровибрационной машины реальной конструкции. Исследования показали, что в этой конструкции возможно применение двух рабочих органов, с помощью которых можно одновременно оптимально перемещать два вида транспортируемого материала с разными физико-механическими и геометрическими характеристиками. Кроме того, в зависимости от требуемой практикой задачи, машину можно настроить в резонансном режиме, как на частоте питания электрической сети, так и на более низкой частоте, соответствующей половине частоты колебания сети.

Литература

Г.Г. Цулая, Н.Г. Цулая. Основы теории колебаний и вибрационные машины. Тбилиси, ГТУ, 2010. 178 стр.

СЕКЦИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-РАСЧЕТНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ ДЕФОРМАЦИИ ПОВРЕЖДЕННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДТП ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

*Огородников Виталий Антонович, Перлов Виктор Евгеньевич
Винницкий национальный технический университет,
Хмельницкое шоссе 95, г. Винница, Украина, 21021
Тел.: +38067-5897115, E-mail: vaogorodnikov@ukr.net*

Феноменологическая теория деформируемости металлов, развиваемая с конца 70-х годов XX столетия, успешно применяется при решении задач обработки давлением, а в последние десятилетия – в автотехнических экспертизах. Возможность нахождения степени деформации в условиях сложного немонотонного деформирования позволяет оценивать предельное формоизменение заготовок обрабатываемых давлением, а также находить работу деформаций конструкций поврежденных в результате ДТП транспортных средств, при решении задач автотехнических экспертиз.

Созданием экспериментально-расчетных методов, с помощью которых можно определять энергию, затраченную на пластические деформации и разрушение элементов конструкций транспортных средств в результате дорожно-транспортных происшествий занимается одно из научных направлений кафедры сопротивления материалов и прикладной механики Винницкого национального технического университета.

Определение энергии деформации и разрушения элементов конструкции транспортных средств важно не только для проведения экспертных оценок скорости их движения на момент столкновения. При конструировании и изготовлении современных скоростных автомобилей в автомобилестроении давно назрела необходимость создания безопасных конструкций, которые в результате ДТП обеспечат максимальную защиту водителю и пассажирам. Это достигается созданием конструкций, прочность жесткость которых управляема и прогнозируема. Такая управляемость прочности и жесткости обеспечивается параметрами технологии обработки давлением, т. е. технологическим наследием.

Методы определения работы деформации и разрушения металлов в условиях динамических нагрузок в полной постановке задачи, заключающейся в оценке напряженно-деформированного состояния на стадии обработки давлением и на этапах динамического деформирования,

являются актуальными в современном автомобилестроении и служат основой моделирования аварий.

Цель современного моделирования состоит в оценке доли энергии удара, воспринимаемой конструкцией и определении характера разрушений. Современные модели аварий должны быть ориентированы на сложные истории деформирования, так как при моделировании аварий приходится описывать двухступенчатый процесс – статическое деформирование при операциях обработки давлением, и последующие динамическое деформирование при ударе.

Рассмотрим один из экспериментально-расчетных методов определения потенциальной энергии затраченной на повреждения, возникшие в результате ДТП. Разработанная методика оценки потенциальной энергии, учитывает влияние предварительной пластической деформации элементов конструкции транспортных средств.

Путем испытания плоских образцов, изготовленных из того же материала, что и элементы конструкции автомобиля, строят тарировочный график : твердость – H_T , интенсивность деформации – ε_u . При построении указанного графика вводятся параметры исходной твердости $(H_T)_0$, исходного предела текучести материала $(\sigma_{0,2})$. Так исходный предел текучести $\sigma_{0,2}$ (МПа) ставится в соответствие с твердостью $(H_T)_0$ следуя уравнению

$$\sigma_{0,2} = D + 0,33(H_T)_0, \quad (1)$$

где коэффициенты D при измерении твердости твердомером ТЕМП-3 равен $D=176$. Исходный предел текучести ставится в соответствие с коэффициентом аппроксимации кривой течения материала согласно уравнению

$$A = 1000 \exp(-0.0008\sigma_{0,2}), \quad (2)$$

где A – коэффициент аппроксимации кривой течения материала, МПа.

Кривая течения материала имеет вид

$$\sigma_u = A \varepsilon_u^n, \quad (3)$$

Коэффициент n в формуле (3) для различных материалов применяемых в автомобилестроении находится в пределах $0,35 \geq n \geq 0,1$ и может быть приближенно найден из уравнения

$$n = 0,35 \exp(-0,0008A). \quad (4)$$

В дальнейшем вводится параметр $K_H = \frac{H_T}{H_0}$ - отношение твердости деформированного материала к исходной твердости этого же материала.

Коэффициент K_H поставлен в соответствие с интенсивностью деформаций ε_u . Затем строят зависимость коэффициента K_H от коэффициента K_W характеризующего отношение удельной потенциальной энергии $W_{уд}$ деформированного материала к величине упругой энергии

$$W_{уд} = \frac{\sigma_{0,2}^2}{2E}, \quad (5)$$

где $\sigma_{0,2}$ - предел текучести, E – модуль упругости материала. Зависимость $K_H = f(K_W)$ можно аппроксимировать уравнением

$$W_{уд} = W_0 \exp \frac{\ln K_H}{C}, \quad (6)$$

где $\frac{W_{уд}}{W_0} = K_W$. С помощью зависимости (6) можно рассчитать величину удельной потенциальной энергии деформации материала $W_{уд}$.

Среди наиболее доступных в использовании методов определения энергии деформации транспортных средств следует отметить также метод "энергетического эквивалента". Для разных конструкций автомобилей производителями приводятся коэффициенты энергопоглощения, зная которые можно определять энергию деформации по "ушедшему" при ударе объему конструкции. При этом стоит учитывать характер деформирования и особенности жесткости конструкции. Однако не все производители автомобилей предоставляют информацию о коэффициентах энергопоглощения. Также вызывает трудности определение энергии деформации указанным методом для грузовых автомобилей. В подобных случаях стоит использовать метод твердости для определения энергии пластической деформации. С применением метода твердости возможно также уточнять значения коэффициентов энергопоглощения.

Выводы

Рассмотрены экспериментально-расчетные методы определения энергии пластической деформации элементов конструкций транспортных средств измерением твердости металла. Предложены зависимости, которые позволяют идентифицировать по твердости предел текучести материала, а также коэффициенты аппроксимации кривой течения материала.

УЧАСТИЕ УКРАИНСКИХ УЧЕНЫХ В МЕЖДУНАРОДНЫХ ПРОЕКТАХ DESY ПО ФИЗИКЕ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

*Аушев Е.В., Богорош А.Т., Воронов С.А.
кафедра прикладной физики Физико-технического института НТУУ «КПИ»*

Основная задача физики высоких энергий – изучение фундаментальных свойств и законов взаимодействия элементарных частиц. Чтобы увидеть новые явления необходимо переходить к большим энергиям и меньшим расстояниям сталкивающихся частиц. С этой целью создаются мощные экспериментальные комплексы, одним из которых является детекторный комплекс ZEUS на базе электрон-протонного ускорителя HERA – многофункциональный детектор с 4π -геометрией для изучения электрон-протонных взаимодействий. Энергия электронного пучка 27,5 GeV, энергия протонного пучка в 1998 г. была увеличена с 820 до 920 GeV, что на порядок выше, чем в проведенных ранее экспериментах по глубоко-неупругому рассеянию на фиксированных мишенях.

В настоящее время известны работы, посвященные исследованиям событий с рождением андронных струй – узконаправленный поток частиц (адронов), рожденных в момент столкновения. Адронные струи (jets) трактуются современной физикой, как выбитые кварки, которые не могут существовать в свободном состоянии вследствие запрета (confinement) превращаются в поток частиц адронов. Такие исследования подразумевают измерения дифференциальных сечений рождения адронных струй при разных энергиях налетающих частиц, как функции углов вылета струи, энергии и других кинематических параметров. Проводились также исследования структуры струй и механизмов рождения одновременно в одном столкновении нескольких струй (двух, трех и т.п.).

Изучение андронных струй началось с 1975 г., когда на электрон-позитронном колайдере SPEAR в лаборатории SLAC (США) впервые были обнаружены двухструйные события. Со временем такие же события были обнаружены на электрон-позитронном колайдере PETRA (Германия), а в 1979 г. экспериментально подтверждено существование глюона – переносчика сильных взаимодействий между частицами – при обнаружении трехструйных событий. Само рождение андронных струй есть опытным подтверждением существования кварков, которые не обнаруживаются в свободном состоянии. Изучение андронных струй в колайдерных экспериментах, в которых сталкивались

высокоэнергетические частицы: протон-антипротон, электрон-протон не только свидетельствуют о кварковой природе протона, но также позволяет экспериментально измерять фундаментальные константы, например константу сильного взаимодействия α_s . Такие эксперименты проводятся сегодня также на коллайдерах LHC (ЦЕРН) и Tevatron (Fermilab). Учитывая изложенное, можно сделать вывод, что исследования андронных струй является актуальным в физике высоких энергий. На результатах таких исследований основываются современные фундаментальные знания о структуре протона. Это мощный инструмент проверки предсказаний квантовой хромодинамики и источник знаний про фундаментальные свойства космоса.

В Гамбурге (Германия) в Международном научном центре Deutsches Elektronen Synchrotron (DESY), основанном в 1959 г., где работают около 2 тысяч ученых, выполняются фундаментальные исследования в области физики высоких энергий. В общем, направления исследований условно можно разбить на три группы: а) развитие ускорительной техники; б) исследование материалов на микроуровне на пучках фотонов (включая когерентные пучки в рентгеновском диапазоне) и разработка новейших технологий, в т.ч. нанотехнологий; в) изучение физики элементарных частиц.

По развитию ускорительной техники (TESLA технологии) в Международном научном центре DESY разработаны сверхпроводящие ускорительные модули, позволяющие получать ускорение до 30 миллионов электрон-вольт на 1 метре длины такого резонатора. На этом DESY зарабатывает сотни миллионов евро, особенно с началом строительства нового рентгеновского лазера XFEL, где предусмотрена установка нескольких тысяч таких резонаторов.

В области физики элементарных частиц в DESY проводится эксперимент ZEUS, в котором участвуют 400 ученых, представляющих 57 университетов из 17 стран. Примерно таких же размеров эксперименты H1 и HERMES. DESY ещё участвует в эксперименте IceCube, который проводится в Антарктиде, где для регистрации частиц (нейтрино) используют многокилометровую толщу льда, в которой вставлены детекторы.

В области физики фотонов наиболее известны международные проекты PETRAIII, FLASH и HFEL, которые очень дорогостоящие и в них совместно участвуют много стран.

Например, в проекте XFEL участвуют 13 стран, в который только Россия вложила около 300 миллионов евро.

Будем надеяться, что в будущем Украина тоже официально присоединится к этим проектам, что позволит нашим ученым

участвовать в разработке новейших технологий, которые станут базисом для выпуска новой конкурентно-способной и наукоемкой продукции.

Такие эксперименты делятся годами, а обработка их данных ещё дольше.

После запуска коллайдера в ЦЕРН многие аспиранты и ученые из западных университетов переключились на выполнение проектов в ЦЕРНе. Но эксперименты в ЦЕРН (протон-протонные столкновения) не смогут заменить исследований на уникальном электрон-протонном коллайдере HERA, в том числе результатов эксперимента ZEUS. Накоплено огромное количество экспериментальных данных, которые остались необработанными и неопубликованными (потенциально это 40-50 статей в престижных журналах). Ответственную и рутинную работу по обработке экспериментальных данных, предъявляющую высокие требования по теоретической подготовке и программированию, рассчитанную до конца 2014 года с гарантированным финансированием, продолжают выполнять молодые физики с хорошей вузовской подготовкой. Имеется очень хорошая возможность написать не одну диссертацию по имеющимся материалам. Для выполнения поставленных задач на конкурсной основе DESY приглашает дополнительно высококвалифицированных специалистов в области физического эксперимента. В ходе конкурсного отбора претенденту дают на короткий срок задачу и оценивают полученный результат. После этого принимается решение о продлении сотрудничества. Учитывая, что анализ экспериментов ведется по отдельным тематикам. Таких тематик несколько десятков по разным направлениям. Поэтому результаты измерений, полученные в эксперименте, могут быть использованы для многих различных физических задач. Кроме этого анализ экспериментальных данных по каждой теме дублируются, то есть, выполняется независимо двумя разными физиками, использующие разные методы обработки. Обработка данных ведется на компьютерах. За многие годы эксперимента накоплено около 100 терабайт информации, которую необходимо переработать и опубликовать. Поэтому особые требования предъявляются прежде всего к программированию и написанию довольно сложных физических программ. Конечно, требуется знание работы детектора, в котором использовалось около полумиллиона каналов регистрации событий, и понимание физики процессов. Алгоритмы программ обработки данных состоят, как правило, из нескольких тысяч строк. Каждый ученый (как правило, аспирант) после разработки программы, посылает её на выполнение на специальные компьютерные фермы, состоящих из многих сотен процессоров.

Одновременно могут посылаться около 100 задач, которые выполняются порой по несколько дней каждая на 100 разных компьютерах (система *zarah*).

Среди претендентов на такую работу был выпускник Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт» (НТУУ «КПИ») Аушев Егор Владимирович, который успешно справился со своей задачей и ему предложили контракт на три месяца. После этого, убедившись в хороших результатах его работы и публикациях по разрабатываемой теме, ему предложили годичный контракт, который автоматически был недавно пролонгирован. Учитывая интерес к его работе с немецкой и украинской сторон, ему было предложено поступить в аспирантуру, что он успешно осуществил в октябре 2010 года, став аспирантом кафедры прикладной физики Физико-технического института НТУУ «КПИ».

На DESY проходят преддипломную практику студенты из многих вузов разных стран мира, в том числе с Украины (Киевского национального университета имени Тараса Шевченко и Киево-Могилянской академии).

Научную работу по обработке экспериментальных данных в качестве параллельного анализа выполняет выпускник НТУУ «КПИ» Аушев Е.В. вместе с немецким аспирантом Х. Перри (Hanno Perrey) из Гамбургского университета. Его научный руководитель доктор Т.Шорнер, который является координатором 20 немецких университетов по проекту «Physics at the Terascale» и задействован в экспериментах ЦЕРН.

При обработке экспериментальных данных применяются законы квантовой механики и релятивистской физики, согласно которым масса и энергия эквивалентны и поэтому масса частиц может измеряться в единицах энергии. Для измерения энергии частиц и массы частиц используются производные от электрон-вольта (это энергия, приобретаемая зарядом равным заряду одного электрона при прохождении разницы потенциалов 1 Вольт: $1 \text{ эв} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$). Для характеристики размеров и расстояний используются единицы измерения *fm* (ферми или *femto-meter*; $1 \text{ ферми} = 1 \cdot 10^{-15} \text{ м}$). Поперечные сечения рождения адронных струй измеряют в микробарнах, нанобарнах и пикобарнах ($1 \text{ барн} = 1 \cdot 10^{-24} \text{ см}^2$, $1 \text{ нб} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ барна}$).

Чтобы получить хорошую статистику в процессах с сечением в несколько микробарн, измерения проводят на протяжении нескольких дней или недель. Процессы, измеряемые нанобарнами, длятся месяцами и годами. Процессы с сечением пикобарн длятся многие годы и для них

используются специальные триггера, позволяющие увеличить набор статистики в тысячи и миллионы раз, исключая ненужные события.

В проекте (теме), выполняемой молодым украинским ученым «Рождение андронных струй при взаимодействии релятивистских протонов с электронами на коллайдере HERA» (HERA- Hadron-Electron-Ring-Anlage) уже определены дифференциальные сечения действий глубоко-неупругого рассеяния с рождением двух и более андронных струй (рис.1).

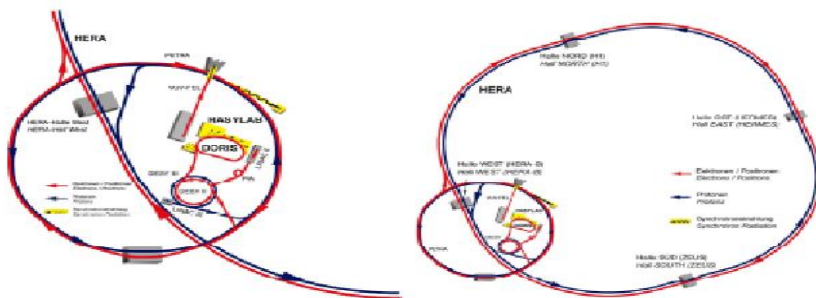


Рис.1. Коллайдер HERA и система предыдущих ускорителей

HERA – первый и единственный в мире коллайдер, предназначенный для изучения взаимодействия между электронами и протонами. Туннель ускорителя находится на глубине от 10 до 25 м и состоит из прямых участков длиной по 360 м каждый и четырех участков в форме кругов радиусом 797 м. Он состоит из двух ионпроводов, размещенных один над другими, в которых двигались электроны и протоны в противоположных направлениях.

Для введения пучков частиц в главный круг использовались предварительные ускорители. Электроны ускорялись линейным ускорителем LINAC-II до энергии 450 МэВ и вводились из накопителя PIA в круг DESY-II. В кругу DESY-II электроны ускорялись до 7ГэВ и далее вводились в кольцо PETRA, где их энергия увеличивалась до 12 ГэВ. На последнем этапе пучок электронов ускорялся в кольце HERA до энергии 27,5 ГэВ.

Протоны создавались с помощью LINAC-III путем пропускания H-ионов через алюминиевую фольгу, в которой они теряли свои электроны. Образовавшиеся при этом протоны вводились в кольцо DESY-III, где их энергия увеличивалась до 7,5 ГэВ. После этого в кольце PETRA протоны ускорялись до энергии 40 ГэВ и на последнем этапе в коллайдере HERA протоны ускорялись до 920 ГэВ.

Пучки электронов и протонов ускорялись группами частиц (так называемыми «банчами»). Одновременно в кольце двигалось 210 банчей частиц каждого типа. Приблизительно 10^{10} частиц каждой группы (типа). Столкновение банчей происходило каждые 96 нс.

Светимость (L), характеризующая эффективность работы ускорителя, определяется интенсивностью столкновения (N) в коллайдере и прямо связана с поперечным сечением (σ) адронных струй событий зависимостью:

$$N = \sigma \cdot L.$$

Вычислением поперечных сечений процессов и занимается аспирант НГУУ «КПИ» Аушев Е.В.

Для этого используются необработанные ранее опытные данные, наработанные с 1992 г. в процессе ускорения заряженных лептонов (электроны и позитроны) и протонов, при обеспечении столкновений с наиболее высокой энергией (в системе центра масс), чем это возможно в опытах с фиксированной мишенью. Используются необработанные экспериментальные данные с детектором ZEUS, установленном на коллайдере HERA, на протяжении семи лет (1998-2000, 2004-2007 гг.). Ускоритель HERA был остановлен 30 июня 2007 г. после 15 лет успешной работы. Интегральная светимость данных составляет $409,5 \text{ pb}^{-1}$ (пикобарн⁻¹). При выполнении исследований используются реальные экспериментальные данные, наработанные детектором и симулированные данные, полученные при моделировании процессов в детекторе методами Монте-Карло. Получены результаты сечений, хорошо сопоставимые с теоретическими предсказаниями. Результаты научной работы в виде значений сечений, полученные при анализе, могут быть использованы далее для определения константы сильного взаимодействия α_s .

В научной работе аспиранта Аушева Е.В. исследуются события с рождением адронных струй в глубоко-неупругом рассеянии электрона или позитрона на протоне при больших энергиях обмена между электроном и протоном (с виртуальностью обменного фотона $10 < Q^2 < 100 \text{ GeV}^2$) в нейтральных струях.

РОЛЬ ДЕТЕКТОРА ZEUS В МЕЖДУНАРОДНЫХ ПРОЕКТАХ DESY

*Аушев Е.В. аспирант, проф. Богорош А.Т., проф. Воронов С.А.
кафедра прикладной физики Физико-технического института НГУУ «КПИ»*

Внешний вид детектора ZEUS, применяемого в международных проектах DESY по физике высоких энергий, представлен на рис. 1

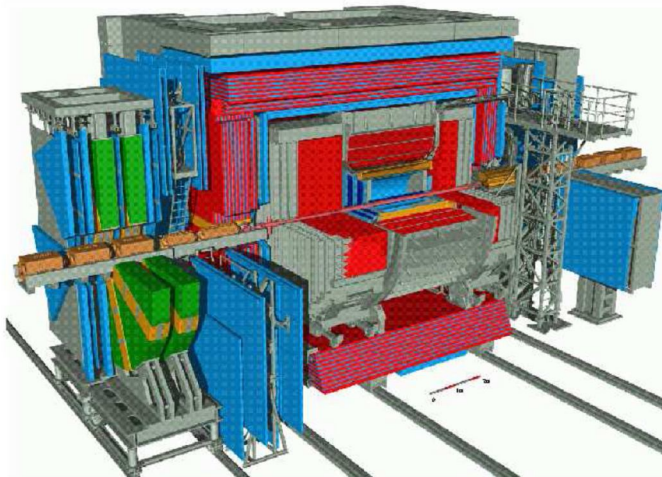


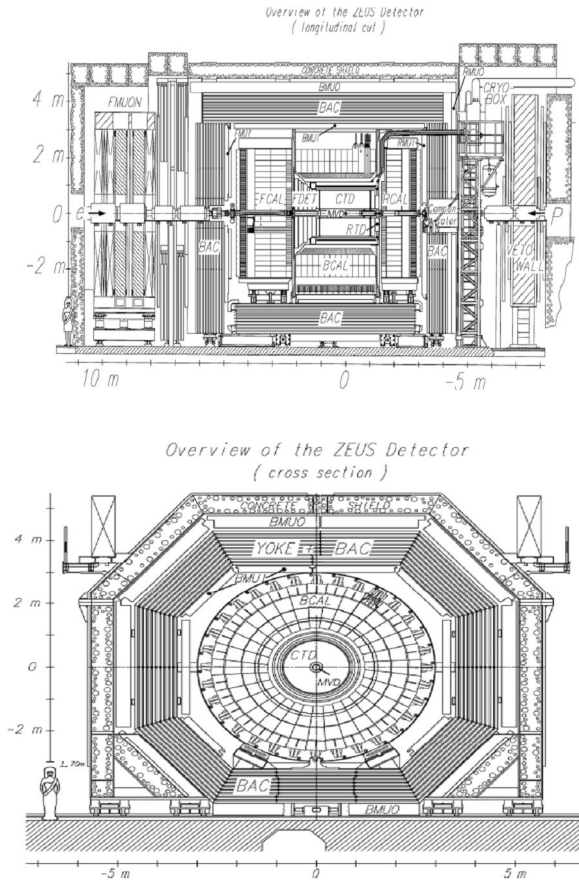
Рис.1 Детектор ZEUS для регистрации конечного состояния частиц после их столкновений

Детектор ZEUS имеет 4π-геометрию, размеры 12 м ? 10 м ? 19 м и весит около 3600 тонн, а также состоит из таких составляющих:

- урановых калориметров (CAL): передний, тыловой и бочкообразный калориметры (соответственно FCAL, RCAL, BCAL);
- трековой системы: центральный трековый детектор (CTD), микровершинный детектор (MVD), передний детектор (FTD, или STT), тыловой трековый детектор (RTD), тыловой детектор для малых углов (SRTD - small angle rear tracking detector).
- мюонных детекторов: передний, тыловой, бочкообразный (FMUON, RMUON, VMUON)
- внешнего калориметра (BAC - backing calorimeter)
- детектора светимости (LUMI - luminosity monitor), который расположен на расстоянии 107 м от точки взаимодействия.

Между CTD и урановым калориметром размещено тонкое сверхпроводящее кольцо для создания поля 1.43 Тл, благодаря которому определяются импульсы частиц. Железное ярмо (iron yoke) функционирует, как направляющая дорожка для силовых магнитных линий. Несколько детекторов созданы для того, чтобы отвергать события, возникающие в результате столкновений с газом и вследствие вторичных

столкновений. Детектор VETO и счетчик C5 является в частности такими детекторами (рис.2).



(a)

(б)

Рис.2 Детектор ZEUS в XY сечении (а) и Y-Z (б). Электроны входят в детектор слева

При этом используется правая Декартова система координат: ось z - направление движения протонов, x - направление в центр кольца HERA, точка соприкосновения - начало отсчета.

Ближе к точке столкновения установлен вдоль оси пучка микровершинный кремниевый детектор MVD для улучшения трекинга (отыскания треков частиц). Разрешение с использованием MVD

составляет 80° , что позволяет разделять первичные и вторичные вершины, в частности для D^\pm и покрывает диапазон $7,6^\circ < \theta < 160^\circ$ полярного угла и диапазон $-300 < Z < 750$ мм оси Z , что поясняется рис.3.

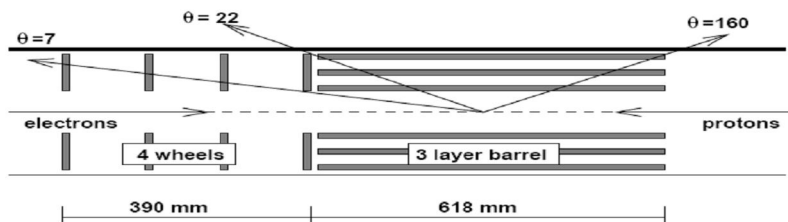


Рис.3 Структура микровершинного детектора MVD: передняя и бочкообразная части. Пучок протонов поступает справа

Внутренний радиус - 38 мм, внешний - 247 мм. Разрешение хита (хит (англ. hit - столкновение) следует оставлен в пластинке) 20° м, эффективность регистрации хита $> 99\%$. Детектор состоит из двух частей: бочкообразной (BMVD) и передней (FMVD), содержит 712 кремниевых стриповых сенсора, каждый с площадью 41 см^2 , из них 600 детекторов в бочкообразной части.

Детекторные пластины имеют в толщине 300° м и являют собой сплошной кремниевый полупроводник типа n с имплантированными параллельными полосками p проводимостью p на одной из сторон. Расстояние между полосками 20° м (рис.4).

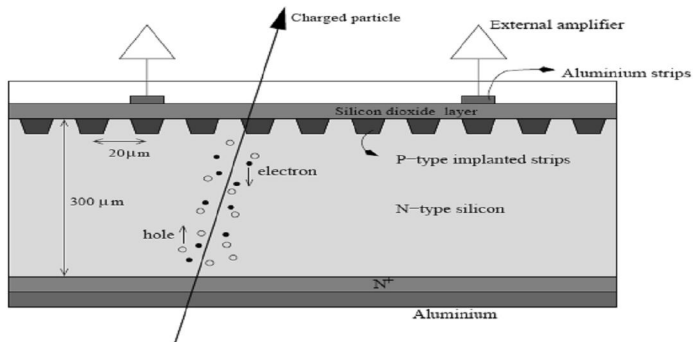


Рис. 4 Схематическое изображение кремниевой микрополосковой пластинки

Считывающие полоски располагаются на той же стороне на расстоянии 120° м друг от друга и между ними остается пять p ведущих

полос. На противоположной стороне пластинки находится алюминиевая подложка, что создает однородное электрическое поле.

Пластинки соединяют вместе, формируя при этом половину модуля. Полосы двух детекторов расположены перпендикулярно друг к другу. Такие сборники используются в бочкообразной части, т.к. соединенные вместе, образуют два зеркально отраженных полу модуля, или полный модуль, который восстанавливает пространственную информацию о треках частиц. В BMVD модули размещают на трапы, через которые проходят проводники, а также водяное охлаждение. На одном трапе размещают пять модулей, а 30 трапов образуют 3 цилиндра бочкообразные части MVD. В передней части пластинки образуют три кольца. Стрипы двойных модулей в FMVD пересекаются под углом $180^\circ / 14$ [1-5].

Источники

1. Scaled Momentum Spectra in deep inelastic Scattering at HERA (2009), DESY 09-229; December 2009 arXiv:1001.4026
2. Measurement of beauty production in DIS and F_2^{bbbar} extraction at ZEUS, DESY 10-047, April 30, 2010, arXiv:1005.3396;
3. Inclusive-Jet Cross Sections in NC DIS at HERA and a Comparison of the κT , anti- κT and SIScone Jet Algorithms, DESY-10-034, March 2010 and Physics Letters B, Volume 691, Issue 3, 26 July 2010, Pages 127-137.
4. Measurement of D^+ and Λ_c^+ production in deep inelastic scattering at HERA, DESY-10-064 (June 2010); arXiv:1007:1945
5. http://de.scientificcommons.org/y_aushev

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕЛЛЕТНЫХ КОТЛОВ

¹Мазуренко А.С., ²Афтанюк В.В., ²Спинов В.М.

¹Одесский национальный политехнический университет, пр-т. Шевченко, 1,

²Одесская государственная академия строительства и архитектуры, Украина, ул. Дидрихсона, 4, 048-743-27-58, E-mail: valera2187@rambler.ru

Мировой научный и инженерный опыт по созданию энергосберегающих технологий насчитывает огромное количество идей, технических решений и воплощенных объектов, которые могут значительно снизить энергозависимость Украины, и в частности Одесской области, от использования традиционных источников энергии. Их внедрение позволит также улучшить экологическое состояние окружающей среды, т.е. в итоге шире использовать рекреационный потенциал Одесского региона.

В последнее время на Украинском рынке отопительного оборудования появился относительно новый вид котлов работающих на пеллетах. Это оборудование достаточно популярно в странах Евросоюза благодаря таким преимуществам: независимости от центральных источников и, следовательно, тарифных ставок, экологической чистоте, максимальной автоматизации и экономичности [1], а с повышением внутренних цен на газ актуальность данной темы заметно выросла.

Мощность гранульных котлов, устанавливаемых, как правило, в коттеджах, составляет от 15 до 500 кВт.

Нижняя граница предлагаемых мощностей определяется в основном экономической целесообразностью, а верхняя граница предлагаемых мощностей связана с отсутствием опытно-расчетных оснований для получения преимуществ пеллетных котлов перед другими технологиями (снижение КПД ниже 80 %, снижение срока «жизни» котла до 3-5 лет из-за прожигания конструкций котла) [2].

Котлы на пеллетах имеют высокий уровень автоматизации и обеспечивают поддержание заданной температуры. Подача топлива из бункера также осуществляется автоматически, по мере необходимости, благодаря чему котел может работать без участия человека, например, пока есть пеллеты в оперативном бункере.

Камера сгорания этих котлов относительно небольшая, так как основной теплосъем происходит в хорошо развитой многоходовой конвективной части котла (до 70 %). В результате такой конструкции котла температура уходящих газов составляет всего 120-140 С.

Котёл оборудован специальной гранульной горелкой объёмного типа, которая обеспечивает более высокий КПД работы котла при сгорании гранул, чем у других категорий твердотопливных котлов, и сравнима по эффективности с котлами на природном газе [1].

Пеллетные котлы имеют высокий КПД — 85-95 %. В совокупности с достаточно низкой стоимостью топлива, отсутствием затрат на обслуживающий персонал и т.д. это делает данный вид отопления максимально экономичным в течение всего срока службы дома, уровень затрат на отопление пеллетным способом намного ниже стоимости отопления многими другими видами топлива.

Немаловажным фактором спроса на эти котлы является «срок жизни» котла, который для пеллетных котлов составляет 20 лет и более.

Предлагаемые некоторыми европейскими производителями пеллетные котлы большой мощности (более 2 МВт) имеют специальные дорогостоящие агрегаты для специальной кратной предподготовки в процессе сжигания пеллет.

Некоторые модели котлов могут быть оснащены дополнительным контуром ГВС (горячего водоснабжения). Котлы на пеллетах не требуют специального обслуживания. Чистка золы осуществляется, как правило, 1 раз в месяц.

Пеллеты для котлов могут быть произведены из торфа, древесных отходов и отходов сельского хозяйства. Пеллеты представляет собой цилиндрические гранулы стандартного (6-10 мм) размера. Теплотворная способность пеллет равна 4,3 – 4,5 кВт/кг, что в 1,5 раза превышает теплотворность древесины и может сравниться с углем, а при сгорании 2000 кг топливных пеллет выделяется столько же тепловой энергии как и при сгорании: 3200 кг древесины, 957 м³ газа, 1000 л дизельного топлива, 1370 л мазута [3].

В настоящее время цена закупки на Украине 800 грн. за 1 тонну пеллет, а в Европейских странах – от 150 евро/тонна. Например, в Германии цена древесных пеллет с бесплатной доставкой на дом составляет около 180 евро за тонну (данные на октябрь 2008 года). Древесные пеллеты, упакованные в мешки, в данный период поставляются по цене 250 евро за тонну [4].

Использование пеллет должно задействовать сырьевую базу региона, только в этом случае можно получить экономический и экологический эффект, для решения задачи снижения энергозависимости Украины от традиционных видов топлива.

Сдерживающими факторами на пути внедрения современных энергоэффективных решений также является следующее: информационно-языковой барьер; отсутствие достоверных сведений о сырьевом потенциале регионов Украины для производства биотоплива (пеллет); отсутствие консультационных центров по энергосбережению и комплексных программ обучения.

Вышеперечисленные проблемы формируют комплекс задач, которые необходимо решить для комплексного внедрения альтернативных источников теплоты работающих на пеллетах:

- изучение не только технологического, но организационно-экономического европейского и мирового опыта по созданию зданий с минимальным энергопотреблением и использования вторичных, возобновляемых и нетрадиционных источников теплоты;

- исследование сырьевой базы каждого региона Украины, для производства биотоплива (пеллет), и выработка «рецептов» приготовления пеллет из типичного регионального сырья;

- экономическое и технологическое обоснование выработки биотоплива (пеллет) из регионального сырья, при необходимости корректировка технических характеристик котельного оборудования;

- створення консультативного центру для розповсюдження досвіду проектування будівель з низьким енергопотреблінням;
- розробка навчальних планів дисциплін та навчально-методичного забезпечення для підготовки інженерів-будівельників та інженерів-енергетиків в вузах.

Висновки

Повсюдне впровадження в більшості регіонів України пеллетних котлів, як основного джерела тепла, потребує рішення комплексу інженерних та наукових завдань пов'язаних з забезпеченням їх паливом (пелетами) «регіонального» походження.

Без комплексного рішення вказаного блоку завдань екологічний та економічний ефект від застосування цього обладнання може бути суттєво нівельований.

Література

1. Овсянко А.Д., Печников С.А. Котельні та електростанції на біопаливі. Справочник. Порт-Консалтинг, Санкт-Петербург, 2008, – 360 с.
2. Пеллети – перспективи ринку. [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <http://fuelalternative.mk.ua/mirovoi-rinok-pellet.html>
3. Корисні статті. [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <http://biotechnology.mk.ua/pelleti-mifi.html>.
4. Резюме та бізнес-план організації виробництва пеллет на Україні. [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <http://pelleta.com.ua/pellets-businessplan.html>.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕПЛОВОГО ЗАХИСТУ ВИРОБНИЧИХ БУДИНКІВ.

*Афтанюк В.В., Каменів В.Г., Вітюков В.В.
Одеська державна академія будівництва та архітектури,
Україна, вул. Дідріхсона, 4, 048-743-27-58, valera2187@rambler.ru*

Проблема раціонального споживання тепла теплоенергетичними системами виробничих будівель і промислових підприємств була поставлена вітчизняними енергетиками ще в першій половині двадцятого сторіччя [1].

Однак комплексне проектування цих систем методично не було підготовлено, і спрямовано по шляху спрощених рішень та схем в межах окремих блоків теплоенергетичної системи, з використанням не

раціональних рішень у вигляді: споживчого підходу до теплового захисту виробничих будинків, залежного елеваторного приєднання опалювального навантаження, нерідко без пристроїв автоматичного регулювання відпуску і обліку споживання теплової енергії, неефективних систем виробничого мікроклімату.

Тому для побудови сучасної енергоефективної теплоенергетичної системи виробничого будинку необхідно провести комплекс досліджень що дозволять виробити раціональну методику формування цих систем.

Для чого на першому етапі необхідно розглянути типологію та класифікацію виробничих будинків, яка дасть змогу виробити передумови проектування теплового захисту та з'ясувати структуру виробничих будинків.

На характер і розвиток виробничих будинків і споруд значний вплив здійснює соціальний і науково-технічний прогрес. На просторову організацію виробничих будинків і споруджень також впливають характер праці та форми організації трудових колективів.

Головними ознаками для класифікації виробничих будинків і споруджень служать: призначення, поверховість, капітальність і характер експлуатації [2].

По призначенню промислові будинки підрозділяються на виробничі, допоміжні, енергетичні, транспортні та складські.

До виробничих будинків відносять будинки цехів, що виготовляють напівфабрикати та готову продукцію. По виробничо-технологічних напрямках різноманіття підприємств може бути зведене до груп: підприємства гірничодобувної та гірничо-збагачувальної промисловості; підприємства нафтохімічної та хімічної промисловості; підприємства машинобудування; підприємства деревообробної та целюлозно-паперової промисловості; підприємства будівельної індустрії; підприємства текстильної та легкої промисловості; підприємства харчової промисловості.

До допоміжних відносять будинки заводоуправління, цехових контор, побутових приміщень, пунктів харчування, здравпунктів.

Енергетичні споруди – будинки котельень, електростанцій (ГЕС і ТЕЦ), газогенераторних, компресорних і т.д.

До будинків складського господарства та транспорту належать будинки, що служать для зберігання сировини, матеріалів, напівфабрикатів, готової продукції, спорудження для розміщення транспорту (гаражі, депо, стоянки і т.д.).

Відносно поверховості виробничі будинки, залежно від їхнього призначення та конкретних умов будівництва, можуть бути: одноповерховими (становлять близько 70% загального числа виробничих

будинків); багатоповерховими, а в окремих випадках висотними і змішаної поверховості [3].

Одноповерхові виробничі будинки - історично традиційний тип будинків. Їхні специфічні особливості: розміщення технологічного процесу в горизонтальній площині, горизонтальний транспорт (підлоговий, підвісний, крановий), незалежне рішення будівельних конструкцій від технологічного устаткування (укрупнені сітки колон, переміщення обладнання), природне освітлення по всій виробничій площадці (верхні ліхтарі). Недоліки: велика площа забудови та покрівель, значні експлуатаційні витрати.

Одноповерхові виробничі будинки можуть бути представлені багатопрогоновими корпусами великої ширини (будинку суцільної забудови) або будинками павільйонної забудови, що забезпечують наскрізне провітрювання, простий зовнішній водостік, більшу пожежну безпеку.

Витрати теплоти в одноповерхових будинках становлять: на вентиляцію 31%, покриття -22 %, вікна – 13%, підлога – 6%, стіни – 28% [4].

Перевагою багатоповерхових виробничих будинків є зменшення площі забудови та зовнішніх огорожень. До недоліків можна віднести значну частку проїздів і проходів на одиницю виробничої площі, збільшення площ для розміщення обладнання у зв'язку з більшою частотою сіток колон.

В таких будівлях витрати теплоти становлять: на вентиляцію – 50%, покриття - 1 %, вікна – 32 %, підлога – 2 %, стіни – 15% [4].

Теплоізоляція стін виробничих будинків виконується у вигляді: зовнішнього утеплення стін зі штукатурним покриттям («мокрий» фасад); багатошарові стіни з утеплювачем як середній шар і зовнішнє облицювання із цегли; зовнішнього утеплення стін з вентиляльованим зазором і полегшеним захисно-декоративним облицюванням («вентильований фасад»); стінових або покрівельних сандвіч-панелей з теплоізоляційним шаром із плит. Вони можуть кріпитися на металеві, дерев'яні або бетонні прогони.

Покриття виробничих будинків, як правило виконується плоским, що обумовлено простотою при будівництві, високою надійністю та раціональною вартістю цих конструкцій.

Конструкції плоских покрівель та їх теплова ізоляція розробляються згідно ДБН. Вибір покриття залежить від теплотехнічного розрахунку та вимог що до надійності покрівлі.

Для виробничих будинків найбільш широко застосовуються покриття трьох типів:

– ПК-3 – с залізобетонними плитами, утеплене із застосуванням стяжок, що вирівнюють;

– ПК-4 – с залізобетонними плитами, утеплене без застосування стяжок, що вирівнюють; – ПК-5 – с профільованим металевим настилом, утеплене.

Простим і ефективним способом збільшити теплоізоляцію плоских покрівель споруджуваних та реконструйованих виробничих будинків є застосування твердих мінераловатних плит або плит з пінополістиролу що мають невелику питому вагу.

За характером експлуатації виробничі будинки підрозділяються на призначені для одного виробництва, для декількох виробництв і із гнучким, динамічним характером виробництва.

Залежно від специфіки виробництва будинки підрозділяються за внутрішніми режимами експлуатації огороджувальних конструкцій.

Найпоширенішими є виробничі будинки із сухим і нормальним режимом експлуатації.

Крім того до будинків із сухим і нормальним режимом експлуатації можуть бути віднесені практично всі адміністративно-побутові, складські та допоміжні корпуси промислових підприємств.

Також широке поширення у вітчизняній та закордонній практиці одержали так звані промислові райони – компактне, концентроване розміщення виробничих будинків, що мають загальні теплоенергетичні і очисні споруди, загальні обслуговуючі культурно-побутові та комунальні служби (це дає значну економію в території, капітальних вкладеннях і вартості експлуатації).

Зазначені вище особливості виробничих будинків дозволяють запропонувати наступний методичний підхід що до удосконалювання систем теплового захисту, який полягає у наступному:

– вивчення механізмів втрат та надходжень теплоти в кожному елементі системи з одержанням теоретичних або теоретико-емпіричних залежностей;

– побудову структурної схеми процесів споживання теплоти на промислових об'єктах з урахуванням дії всіх механізмів, що беруть в ній участь, з розбивкою процесу на стадії;

– дослідження за допомогою структурної схеми впливу різних механізмів на різних стадіях і визначення шляхів підвищення ефективності систем теплового захисту;

– визначення оптимальних з погляду конструкційних, сировинних, енергетичних характеристик системи;

– перевірка та доведення до нормативної системи теплового захисту в промислових умовах.

Висновки

1. Зовнішнє утеплення повинне проводитись з урахуванням результатів обстеження технічного стану фасаду, який підлягає утепленню, з оцінкою його міцності, наявності тріщин, вологості, тому що ці показники є визначальними при виборі конструкції кріплення, її експлуатаційної надійності та довговічності.

2. Для виробничих будинків з погляду мінімізації капітальних вкладень найбільш раціональним рішенням є застосування зовнішнього утеплення стін зі штукатурним покриттям («мокрый» фасад) або возведення будинків з сандвіч-панелей.

3. В архітектурі виробничих будинків, характерною рисою є визначальний вплив технологічних процесів виробництва на їхні архітектурно-будівельні рішення.

Література

1. Богуславский Л.Д. Экономическая эффективность оптимизации уровня теплозащиты зданий / Богуславский Л.Д. – М.: Стройиздат, 1981. – 102 с.
2. Голованова Л.А. Основные аспекты территориального энергосбережения: Учеб. пособие / Голованова Л.А. – Хабаровск: Изд-во Хабар. гос. техн. ун-та, 2002. – 115 с.
3. Змеул С.Г. Архитектурная типология зданий и сооружений / С.Г. Змеул, Б.А. Маханько. – М.: Архитектура-С, 2004. – 240 с.
4. Строй А.Ф. Основы расчетов управления тепловым и воздушным режимом помещений / Строй А.Ф., Пиотровски Е.З. – Полтава: Изд-во ПолтНТУ, 2008. – 320 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ПЕННОГО СЛОЯ В МОКРОМ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЕ

Спинов В.М.

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры,
Украина, ул. Дидрихсона, 4, 048-714-98-14, sssvm@mail.ru*

Промышленное производство и другие виды хозяйственной деятельности людей сопровождаются выделением в воздух помещений и в атмосферный воздух различных веществ, загрязняющих воздушную среду. В воздух поступают аэрозольные частицы (пыль, дым, туман), газы, пары, а также микроорганизмы и радиоактивные вещества.

На современном этапе для большинства промышленных предприятий очистка вентиляционных выбросов от вредных веществ является одним из основных мероприятий по защите воздушного

бассейна . Благодаря очистке выбросов перед их поступлением в атмосферу предотвращается загрязнение атмосферного воздуха [1].

Одним из простых и эффективных способов очистки газов является мокрое пылеулавливание. Процесс мокрого пылеулавливания основан на контакте запыленного газового потока с жидкостью, которая захватывает взвешенные частицы и уносит их из аппарата в виде шлама.

Для повышения эффективности мокрого пылеулавливания предложена конструкция пылеуловителя с вихревой тарелкой [2].

Определение рациональных конструктивных характеристик разработанного пылеулавливающего аппарата, связано с выполнением комплекса теоретических исследований, которые позволили бы прогнозировать эффективность и экономичность процесса пылеулавливания в любых производственно-технологических условиях.

Процесс мокрого пылеулавливания является сложным технологическим процессом, поэтому для численного моделирования он разбит на два взаимосвязанных моделирующих блока.

- в первом блоке было проведено моделирование вихревой тарелки пылеуловителя, в результате которого определены рациональные конструктивные характеристики завихрителей [3], создающие минимальное гидравлическое сопротивление в сухом режиме работы.

- во втором блоке необходимо определить влияние механизмов взаимодействия частиц пыли с пеной и получить зависимость затрат энергии на очистку от основных параметров пыли, свойств пены и других факторов, влияющих на процесс пылеулавливания.

Процесс улавливания пыли в пенном слое можно разделить на два основных этапа, характеризующихся одним или несколькими механизмами взаимодействия частиц пыли с пеной.

На первом этапе выделим две стадии. Частицы пыли, отделившиеся от массы материала попадают в пылеуловитель и устремляются навстречу пенному слою. На этой стадии основным видом энергии, ведущим к осуществлению процесса обеспыливания является кинетическая энергия пылевых частиц.

Результаты расчета энергетического параметра, учитывающего кинетическую энергию летящих к пенному слою частиц W_k , при различных значениях скорости частиц, геометрических характеристик аппарата и концентрации пыли на входе в аппарат позволил определить степень влияния концентрации пыли c_n , скорости входа частиц в пенный слой $V_ч$, и изменение геометрических размеров аппарата (h , S_i) на энергетические затраты на пылеулавливание.

На второй стадии частицы пыли сближаются с пенными пузырьками до расстояний действия межмолекулярных сил. На этой

стадии движению частиц препятствует возникающее между частицами и пузырьками раскливающее давление, связанное с образованием на частицах и пузырьках адсорбционных оболочек воздуха и особенностями взаимодействия молекул на границе раздела фаз [3, 4]. Эта стадия первого этапа процесса характеризуется энергетическим параметром W_m [4], учитывающим работу сил адгезии, так как последняя связана с поверхностными явлениями.

Параметр, учитывающий энергию противодействия пены пылевому потоку, можно представить в виде суммы двух энергетических параметров W_u и W_p , описывающих энергии, полезно расходуемые при экранирующем и смачивающем механизмах взаимодействия.

Экранирующий механизм взаимодействия частицы с пузырьком заключается в том, что частица, соприкоснувшись с пузырьком, растягивает его поверхность в месте контакта, образуя углубление [3].

При этом выявлено, что энергетические затраты в процессе очистки на экранирующий механизм взаимодействия частицы с пузырьком повышаются при увеличении медианного диаметра частиц пыли d_c .

А изменение энергетического параметра W_u , в зависимости от изменения скорости частиц пыли V_c , поступающей на очистку, характеристики пенного слоя D_p и медианного диаметра частиц пыли поступающей на очистку d_c , незначительно, т.е. перечисленные параметры практически не влияют на .

Основное влияние на энергетический параметр W_u , оказывает изменение медианного диаметра частиц пыли d_c , другие технологические параметры оказывают несущественное влияние на энергию смачивания частиц на энергию смачивания частиц.

Выводы

Математическая модель процесса взаимодействия пылевого аэрозоля с пеной учитывает энергетические параметры и основные принципы получения пены (пенообразование, барботирование воздуха через слой пены и др.), определяющие состояние получаемой пены.

В результате проведенных исследований получены значения энергетических показателей процесса улавливания частиц пыли пенным слоем, которые позволяют сконструировать пылеуловители с рациональными конструктивными и режимными параметрами. Основными параметрами влияющими на процесс пылеулавливания являются концентрация пыли на входе в аппарат которая должна находиться в пределах 40-50 г/м³ очищаемого газа, и площадь поперечного сечения аппарата которая не должна превышать 2 м².

Анализ механизмов взаимодействия частиц пыли с пеной позволяют получить зависимость энергоемкостных показателей от основных параметров и свойств пены, и других факторов, влияющих на процесс пылеулавливания.

Литература

1. Алиев Г. М.-А. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов: Справ. изд. – М.: Металлургия, 1986. – 544 с.
2. Афтанюк В.В., Спинов В.М. Разработка конструкции вихревой тарелки для тепло-массообменных аппаратов. Вісник ОДАБА. - Вип. №13. – Одесса: Зовнішрекламсервіс, 2004. –С. 12-15.
3. Афтанюк В.В., Спинов В.М. Моделирование движения газа в вихревой тарелке для пенных аппаратов. Вісник ОДАБА. - Вип. №16. – Одесса: Зовнішрекламсервіс, 2004. –С. 10-15.
4. Физико-химические основы гидрообеспыливания и предупреждения взрывов угольной пыли. / В.И. Саранчук, В.В. Рекун, В.П. Журавлев, В.Н. Качан, А.А. Цыцура. – К.: Наук. думка, 1984. -216 с.
5. Химические вещества для борьбы с пылью. / В.И. Саранчук, В.П. Журавлев, И.В. Вайсенберг и др. – К.: Наук. думка, 1987. -156 с.

DIAGNOSING STRENGTH OF MICROASSEMBLY FRAMES BY ACOUSTIC EMISSION METHOD

Goroshko A., Kovtun I.

Khmelnytskyi national University, Ukraine

E-mail: iftomm@ukr.net

Microassembly frames of microwave frequency (fig. 1), manufactured from aluminum alloy AMg-2, is a permanent connection of base and cover, made with the help of laser welding. These quite critical units are used in modern Ukrainian planes. In the process of operation, i.e. while ascending to a high altitude, internal overpressure emerges in the frames, which may cause the destruction of joint weld and depressurization of the frames. AE method enabled increasing reliability of manufactured frames, making it possible to diagnose, control and prognosticate the strength and hermiticity of frames in manufacturing and operation.

A group of frames was studied, where the junctions of covers and bases are pressurized by means of laser welding, while all the load of external

overpressure is taken by either joint weld alone or by joint weld and the product construction.

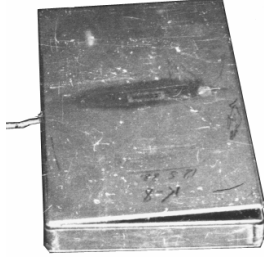


Fig. 3. The microassembly frame of microwave frequency

During the loading process the basic parameters of AE signals were recorded. The program processing of AE signal parameters allowed to create 2 and 3-dimensional acoustograms, showing the dependence of AE parameters on pressure and linear coordinate between the piezoceramic transducers.

The coefficients of predicting depressurization stress, obtained by the data of AE signals activity measurements and registering the internal overpressure of tested frames, can be accordingly used for defining the leak-off pressure in safe loading of frames.

The predictable leak-off pressure is defined by the formula

$$P_{\max}^{pr} = P_{pr} K, \quad (1)$$

Where P_{pr} - is pressure, under which the activity of AE signals reaches the control point (14,9 imp/c).

The values of prognostication coefficients for tested frames, are within the range of 2-2,53. This dispersion of the obtained values reflects the instability of physical and mechanical characteristics of joint welds and comes from imperfection and weakness of laser welding technology. In this situation, taking into account a particular responsibility of tested frames (the operation on the plane board), we take the minimum value of prognostication coefficient $K_{\min}=2$ for predicting the depressurization stress; then a mistake in prognostication is considered the margin of safety.

For arranging nondestructive diagnosing and prognostication of strength and hermiticity of frames for microwave frequency microassemblies a safe level of pressure for frame testing is defined. Using the minimum value of prognostication coefficient, testing pressure is calculated according to the formula:

$$P_{test} = \frac{P_{\max(TC)}}{K_{\min}}, \quad (2)$$

Where $P_{\max(TC)}$ - the value of internal overpressure, which must be

withstood by the frame according to technical conditions.

- Nondestructive loading of frame up to P_{test} makes it possible to assess strength and hermiticity of tested frames according to AE signal parameters.
- Consequently, there has been developed the method of nondestructive control, predicting strength and hermiticity of microassembly frames of microwave frequency.
- Diagnosing and predicting strength and hermiticity of microassembly frames of microwave frequency is performed with nondestructive testing of frames by means of internal pressure. Compressed air is directed into the frame until it reaches the testing pressure $P_{test} = P_{max(TC)} / K_{min}$, where $P_{max(TC)}$ is the top possible internal overpressure of the frames according to technical condition, K_{min} - coefficient of predicting the depressurization stress ($K_{min} = 2$). Simultaneous registering of pressure and AE signal parameters is done during the testing.
- If acoustic emission has appeared with the loading up to P_{test} , and its activity exceeds the reference level (15imp/c), the frame is considered unserviceable in the pressure range identified by technical conditions; if necessary, its depressurization stress is calculated with the formula:
- $P_{max}^{pr} = P_{pred} K_{min}$, where P_{pr} - the pressure under which AE signals activity has reached the reference level.
- yet, if AE activity has not exceeded the reference level, the frame is considered suitable for exploitation within the pressure range set by technical conditions.

The authors have also tested microassembly frames of microwave frequency with the help of internal overpressure in dynamic mode in the pulsating cycle.

The AE signals were found to testify to the fact that the process of joint weld destruction starts and develops long before the catastrophic failure, i.e. depressurization of the frame, and their use allows for exercising control of strength and hermiticity of microassembly frames of microwave frequency in the conditions of loading in the pulsating cycle.

Consequently, there has been worked out the method of nondestructive control of strength and prevention of dangerous states in microassembly frames of microwave frequency, operating in the conditions of internal pressure difference in the pulsating cycle. The developed method is intended to exercise nondestructive control strength and hermiticity of frames, operating aboard. The control of frames is done automatically during the flights by means of acoustic emission measuring device, installed on the board of plane. AE sensor, transmitting AE signals to the measuring device, is set in the

controlled frame with display panel, informing about the emission of AE signals, in pilot's cabin. If for some reason the AE device cannot be installed aboard, the frame control is run by the technician who services the equipment in the plane and tests the frames by internal overpressure every 5 flights and landings. At the same time:

- the phenomenon of Kaiser effect, i.d. the absence of AE signals after the first cycle, i.e. after taking off and landing, proves that the frame is strong and hermetic;
- if AE signals appear at the n-cycle, being commensurable with signals emitted during the first cycle, this should be the warning about the process of catastrophic failure that has started, and such a frame is going to depressurize after 6-10 flights and landings.

LOCATING DEFECTS AND TESTING STRENGTH APPLYING METHOD OF ACOUSTIC EMISSION

*Kovtun I.I., Petrashchuk S.A.
Khmelnytskyi National University (KhNU)
11, Institutuska str, 29016, Khmelnytskyi, Ukraine
e-mail: roizman@mailhub.tup.km.ua*

Any defect can be dangerous or not depending on its location in strain field generated by some load. In difference with majority of known methods for non-destructive diagnosing such as ultrasonic test and X-ray radiography which provide only selective controlling in separate zones of material, detect large defects but don't assess potential danger of defects, the method of acoustic emission (AE), which is based on radiating elastic mechanical waves from growing defects of deformed material, is characterized by high sensitivity, detecting and monitoring of growing defects, controlling materials without scanning, applicability to control as homogenous as heterogenous materials, even composites. The question of practical using of this method for strength diagnosing is still actual and needs further work out despite of numerous works [1, 2, 3...] studying it.

Original measuring system of acoustic emission (SAE) was designed as train of 2-channel measuring instrument AF-15 and computer. It was accomplished by modifying three units of AF-15, designing input/output interface unit to transfer acoustic emission data from measuring instrument to computer, developing software, what provided collecting and processing data of acoustic emission signals and 40 times increasing of processed signals quantity comparing with serial instrument AF-15.

Measuring system finds amplitude, activity, power, energy, and also linear coordinate of signals AE, which is calculated by formula:

$$x = \frac{L}{2} \pm \frac{\tau v}{2} \quad (1)$$

where L – distance between piezoelectric transducers, v - velocity of ultrasound distribution in material of researched object, τ - time delay of signals (TDS) coming to two transducers.

To make sure that method of acoustic emission is applicable for non-destructive diagnosing first researchs were conducted on specimens having shape of a rod and tested by tension, shear and bend load.

For the instance controlling acoustic emission during tension testing of steal specimen alloed to find practically valuable information about specimen and material behavior under load.

Three-dimensional graph (fig.1), which show AE signals distribution depending of strain and linear coordinate testified generating signals yet before elastic limit. Linear location of those signals allowed to see acoustic emission, what means growing defect, in place of future destruction. Moreover place of future destruction is clearly identified yet before elastic limit and further up to destruction. That gives possibility to conduct non-destructive diagnosing of future destruction place in materials under load.

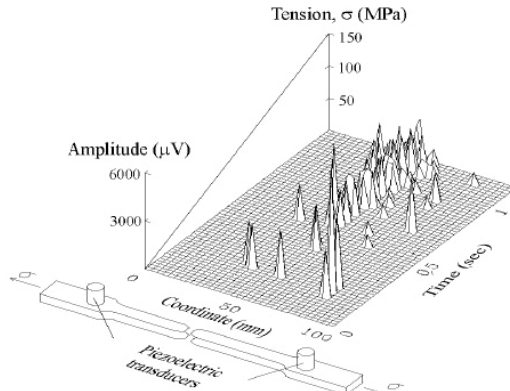


Fig. 1 Acoustic emission in elastic phase

It's proved that maximum of AE signals activity belongs to yield limit. This fact was used to find yield limit of specimens from brass, whose tension diagram has no obvious yield limit.

In strain zone that doesn't exceed proportional limit the linear correlation between forecasting coefficient K and AE signals activity N is

found:

$$K = A - BN, \quad (2)$$

where $A = 7.5$; $B = 0.42$ seconds per impuls (AE signals); N – AE signals activity (in impulses per second), which is being measured; K is calculated by formula:

$$K = \frac{\sigma_u}{\sigma_{for}}, \quad (3)$$

where σ_u – ultimate limit of specimen; σ_{for} – strain of forecasting in which AE signals activity N is measured.

Obtained correlation (2) can be used to find forecasting coefficient K by measured AE signals activity N . And formula (3) can be transferred to forecast destructive strain σ_u^{for} for specimen being tested as:

$$\sigma_u^{for} = K \cdot \sigma_{for}. \quad (4)$$

Thus, AE signals activity N and strain σ_{for} simultaniously measured during non-destructive testing (till the strain that doesn't exceed proportional limit) of steal specimen can be sustituted into formulas (2) and (4) to find future destructive strain.

Practically non-destructive diagnosing or forecasting strength can be simplified. First it should be conducted destructive testing of a number of specimens, with simultaniuos measuring and recording of AE parameters and strain; then control level of AE activity (maximal activity, which is stable to appear under non-destructive load) is defined; for every specimen forecasting strain σ_{for} is defined as one that corresponds to control level of AE, and forecasting coefficient K is calculated by formula (2). Now non-destructive testing of another specimens can be conducted with simultanious recording AE activity and strain. If activity of AE has reached control level frecasted strain will be calculated by formula (4), if it hasn't the strength of specimen is considered not lower acceptable.

However coefficients K experimentally found from number of destructive tests had scatter caused by unstabile of physical and mechanical characteristics of tested specimens. Therefore for calculations by formula (4) it was decided to select the minimum K_{min} from confidence interval found with probability 0.95. Thus using possible error in calculating forecasted strain will work as safety factor. Such selection of K is the only one possible; testing important objects one can select even lower K (from the sample) and increase in that way safety factor, hower reducing accuracy of forecasting.

The method for non-destructive diagnosing and forecasting strength worked out on specimens was implemented for real machinery.

Using method of acoustic emssion to research heterogenous materials worked out by technologies of surface saturation allowed to offer method for

non-destructive controlling strength changing of material after workout. These technologies include: hydrogen embrittlement, which is purposed to reduce strength of surface layer what increases efectivness of mechanical workout in cutting area; and hardening by nitriding applied for hardening hard-alloy cutting tools. Researched objects were steal specimens and hrd-alloy cutting plates. Only mechannical testing showed that hydrogen embrittlement 30% reduces ultimate limit of steal specimens, and hardening by nitriding 15% increases ultimate limit of cutting plates. Analisys acoustic emission recorded during testing showed that AE is even more sensitive to tose technologies. Accumulated quantity of AE signals radiated by embrittled specimens is 90% greater than that radiated by unworked out specimens, and hardening by nitriding technology 40-45% rises average amlitude of AE signals and 100% rises accumulated quantity. Thus, acoustic emission mehtod allows detecting action produced by every technology and conducting non-destructive controlling of strength changing after work out by comparision of AE parameters, measured during non-destructive testing, prior and after workout.

Acoustic emission research of glass-plastic blanks used to manufacture pumping rods was ordered by Oil-Gass industry. The outcome of conducted research was the method for non-destructive diagnosing strength of blanks. In accordance to which parameters evaluating strength are amlitude and activity of acoustic emission. If mentioned AE parameters exceed control levels during non-destructive testing by bending to load P_{test} (5) a blank is considered defective and rejected, in the other case - the strength of blank is considered not lower acceptable.

$$P_{test} = P_{max} / K, \quad (5)$$

where P_{max} – maximal acceptable load, which is not destructive; K – forecasting coefficient found by previously conducted destructive testing according to formula (3); taking into account that pumping rods are used in mine (being wrecked they may cause great expenses for maintanance) $K_{min} = 2$ was selcted from confidence interval $K=(2,06-3)$.

Authors conducted research of streghth of levers S 48.167230. Their manufacturing frequently causes defects, such as pores, blisters, which may bring to fatigue failure. Levers were tested by three point bending in specially designed appliance to non-destructive strain $\sigma_{test} = 480$ MPa, wich corrsponds to load $P_{test} = 19000$ N. This load never goes over proportional limit. Testing was followed by recording parameters of AE signals. Analysis of AE information allowed to reject defective levers. Quality of rejecting was approved by visual control, X-ray radiography and capillar control. There was found correlation of accumulated energy and quantity of AE radiated during non-destructive load with destructive load. As it's shown in fig. 4 the more is strength of tested lever the lower is accumulated energy. Physical essence of

this phenomena is that defects, which reduce strength of levers, show themselves (radiating AE) as early as more they reduce strength.

Using method of least squares it was found correlation between ultimate limit σ_u and yield limit σ_y and energy E of AE signals accumulated during non-destructive testing:

$$\sigma_u = 950 \cdot E^{-0.1} . \quad (6)$$

$$\sigma_y = 807 \cdot E^{-0.1} . \quad (7)$$

As ordered quality criteria was $\sigma_y = 720$ MPa, which corresponded to accumulated energy of AE signals $E = 3.4$ mV² so loading levers to P_{test} and recording AE parameters it's possible to detect defective lever with probability 0.95 and also forecast its ultimate limit and yield limit using formulas (6, 7).

Interesting was the fact that two levers were considered defective by research with X-ray radiography and capillar control but they were considered not defective by acoustic emission diagnosing, mechanical testing to destruction proved that strength of levers was not lower acceptable. Thus, in comparison with the traditional methods method of acoustic emission is more accurate not only to detect defects but also diagnos strength.

Practical imlement of worked out metod for diagnosing strength:

- testing every lever is conducted by bending to non-destructive load P_{test} . Which provides safety factor ($n=1.5...1.8$) and doesn't exceed proportional limit of lever. Testing ss followed by recording accumulated energy of AE.
- if accumulated energy of AE exceeds acceptable value $E = 3,4$ mV² lever is considered defective and rejected.
- if necessary strength of defected levers is forecasted by formulas (6, 7) for further use in less important machines.

References

1. Greshnikov V., Drobot Y. Acoustic emmission. Application for testing materials and products. - M.: Izdatelstvo standartov, 1976..
2. Bunina N. Issledovanie plasticheskoy deformacii metallov metodom acusticheskoy emissii. - L.: LGU, 1990..
3. Nerazrushayushchiy control. Book 2. Acusticheskije metody kontrolya: Prakticheskoe posobie/ E. Ermolov, N. Aleshin, A. Potapov / Ed. V. Suchorukov. - M.: Heighests school., 1991.

SELF-OSCILLATING ACOUSTICAL SYSTEM APPLICATION IN INDUSTRY

Kwaśniewski Janusz, Dominik Ireneusz, Sakeb Abdurahim, Lalik Krzysztof
Department of Process Control

AGH - University of Science and Technology

Krakow, Poland

kwa_j@agh.edu.pl, dominik@agh.edu.pl, sakeb@agh.edu.pl, lalik@agh.edu.pl

Introduction

In the area of machine design and all creations of technology and nature, which are working in heavy conditions, monitoring the change of stresses in different structures is one of the most important duties. It ensures the safety and reliability of these structures. Previous solutions of the deformations measurement systems required to use, for example the inconvenient strain gauges gluing or very uncomfortable mechanical equivalent of strain gauge.

This paper presents the application of the Self-oscillating Acoustical System (SAS) for monitoring the change of the deformation. The essence of the SAS system is to use a vibration exciter and vibration receiver placed in a distance, which are coupled with a proper power amplifier, and which are operating in a closed loop with a positive feedback. This causes the excitation of the system. The change of the speed of wave propagation, which is associated with the change of the resonance frequency in the system is caused by the deformation of the examined material. This phenomenon can be used for an indirectly measurement of the change of the stresses in the material; it is similar to the excitation of the circuit consisting of the microphone and the speaker. Such a phenomenon, in these systems, is undesirable and in, this case, is used to measure the deformation. For small deformations the sensitivity of the self-oscillating systems is higher than that of the other measuring systems, especially in comparison with the open loop systems. Moreover, other solutions cause big problems with the reflection and the interference of the waves. SAS, for a well-chosen gain factor in the feedback loop, has only one strong impulse which is easily identifiable. It should be emphasized that after reviewing the literature, no measuring system had been found which uses idea of the positive feedback.

The widely known example of a self-oscillating system is a pair microphone-speaker. By bringing closer a speaker to a microphone the system is excited and it produces a hum. This effect also occurs in the radiotechnics. The autodyne lamps, which are used in the old radio sets, can excite themselves. This effect is called the autodyne effect. This effect consists in

variation of such parameters of a self-oscillation system as: the amplitude, frequency and bias voltage.

Autonomous non-conservative systems are characterized by the fact that their vibrations are associated with a gain of energy. If at the time of a vibration of an autonomic system the flow of energy from the outside appears causing a gain of the amplitude of these vibrations or compensating the loss of energy and supporting periodic oscillation, then the system is called selfoscillating and its vibration – selfoscillating vibrations.

The most characteristic feature of selfoscillating systems is the way they charge the energy. It allows to distinguish between autonomous self-excited systems and non-autonomous systems. Energy flow occurs in non-autonomous systems by the action of external, explicitly time-dependent forces.

The time of selfoscillating system vibration occurs in equations not explicitly. The energy source is constant, not dependent on time. The energy flow is controlled by the oscillating system itself (which is why we call such a system selfoscillating).

Preliminary Test Stand and Results

The autodyne circuit was discovered by Edwin Howard Armstrong as an improvement to radio signal amplification using the light bulb type amplifier. He inserted a tuned circuit in the output circuit of the Audio vacuum tube amplifier. By adjusting the tuning of this tuned circuit, Armstrong was able to dramatically increase the gain of the Audio amplifier. Further increase in tuning resulted in the Audio amplifier reaching self-oscillation. More recently, autodyne converters are employed in radio receivers for the AM and FM broadcast band, where a single transistor combines the functions of amplifier, mixer and local oscillator [1].

The autodyne effect appears also in the presence of laser-induced hydrodynamic flows. This autodyne effect proved to be useful in diagnostics during laser processing of materials, particularly in identification of the type of biotissue in the course of its destruction [8].

Apart from radiotechnics and laser technology we can find the autodyne effect at our homes. Everyone knows the effect of moving closer a microphone to a loudspeaker. The result comes as excitement of the system, which manifest as a hum. This effect consists in variation of such parameters of a self-oscillation system as amplitude, frequency and bias voltage.

During our research at the Department of Process Control at the AGH University of Science and Technology has been developed Self-oscillating Acoustical System (SAS). It is an assembly of devices, which similarly to the speaker-microphone system or autodyne lamps, exploits the phenomenon of self-excite.

Below the results of an experimental research on a new system for stress measurement in rocks are presented. The idea of the experiment was to use the changes of the acoustical resonance waves to calculate stress in rocks.

System diagram is shown in figure 1, where amplifier, shaker (*E*) and receiver (*R*) are formed in a feedback loop [8]. The shaker (*E*) was fixed to a bar, with a square cross section of 50x60 mm and length 660 mm, made of gray sandstone. The bar was put into a testing machine to create a load. On the beam's surface four accelerometers were fixed: three of them on the same surface as the shaker and the last one directly on the opposite site.

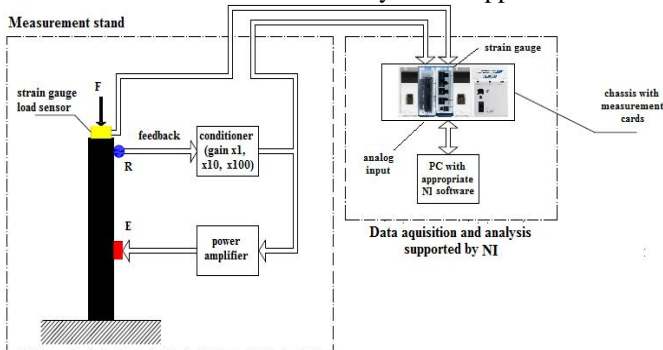


Fig. 1. Self-oscillating Acoustical System diagram, where *E* – shaker and *R* – receiver

During research tests were performed on a single sample of sandstone to examine the impact for the stress measurement parameters such as: position of receivers, position of shaker and the influence of geometrical shape and dimensions of sample. A theoretical model was also proposed whose parameters have been confirmed by performed experiments. The tests in the laboratory were conducted using several loads; they were 500kg, 1000kg, 2000kg, 3000 kg, 4000kg and 5000kg. The real object test was done only for one load – 6 tons, but the stresses were greater in laboratory tests, because of smaller cross section field area. Additionally in the metal, tensile stresses were detected and in any other materials the compressive stresses occurred.

Tab. 1. Velocities, its average for the sandstone bar with different loads

Load	knockin g number	t_1 [s]	t_2 [s]	Δt [s]	v [m/s]	v_{av} [m/s]
500kg	1	5,43329620	5,43348876	0,00019256	2357,707	2295,649
	2	8,48131018	8,48150938	0,00019920	2279,116	
	3	10,98723954	10,98743376	0,00019422	2337,555	
	4	13,46161064	13,46181648	0,00020584	2205,597	

	5	15,61228008	15,61247762	0,00019754	2298,269	
1000kg	1	3,13927912	3,13911146	0,00016766	2707,861	2475,477
	2	13,55393652	13,55374894	0,00018758	2420,301	
	3	16,28319730	16,28299976	0,00019754	2298,269	
2000kg	1	3,32164838	3,32182600	0,00017762	2556,018	2577,602
	2	5,35422044	5,35441134	0,00019090	2378,208	
	3	8,02705616	8,02721054	0,00015438	2940,795	
	4	14,81584362	14,81603618	0,00019256	2357,707	
	5	18,48966598	18,48983696	0,00017098	2655,281	
3000kg	1	6,81661736	6,81678004	0,00016268	2790,755	2653,854
	2	9,57813360	9,57829960	0,00016600	2734,940	
	3	12,15677262	12,15694526	0,00017264	2629,750	
	4	14,73804606	14,73822036	0,00017430	2604,705	
	5	18,53690128	18,53708222	0,00018094	2509,119	
4000kg	1	4,77264774	4,77283200	0,00018426	2463,910	2596,734
	2	11,93114044	11,93131972	0,00017928	2532,352	
	3	14,31160700	14,31179292	0,00018592	2441,910	
	4	16,58855430	16,58872860	0,00017430	2604,705	
	5	18,53210886	18,53226324	0,00015438	2940,795	
5000kg	1	9,00891296	9,00906568	0,00015272	2972,761	2910,511
	2	11,26468364	11,26484632	0,00016268	2790,755	
	3	13,48013956	13,48030888	0,00016932	2681,313	
	4	15,60218728	15,60236822	0,00018094	2509,119	
	5	17,54421962	17,54434578	0,00012616	3598,605	

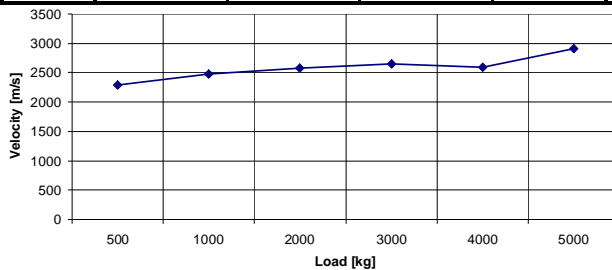


Fig. 2. Dependence between wave propagating velocity in sandstone and the load

Industrial Tests

The industrial tests were done in the cement plant. The object under the study is shown in figure 3. It is a silo filled with cement. There are two types of actions, loading and unloading the silo. Almost every 15 minutes comes a mixer truck and takes a portion of concrete. Depending on the capacity of the mixer truck it is about 1.5 tons of cement to make the concrete, for a small mixer truck, and about 2.5 tons for large mixer truck. Two times a day the silo is refilling with the thirty tons of cement, pumping from above to the silo. The silo is standing on four legs. The base of the leg is not made only of the concrete but there is also the metal for additional reinforcement. This is the main difference between the real object and the laboratory test.

The load from the weight of the metal silo and from the weight of the cement inside it is distributed among the four legs. We assume also, that the load is divided by four, but we have to take into consideration the fact, especially during the loading, that the cement could not take horizontal level and it could spread unevenly, causing different load force to each leg. It is especially important during defining the sensitivity of the closed loop system. The real object test stand has several positions to mount emitter and sensors. Figure 3 is showing these positions, where the letter *E* refers to the position of the emitter, and *R* refers to the position of the receiver (accelerometrical sensor). The tests were split in three different groups: the closed loop system, the open loop system, the velocities measurement system. The tests in “a” and “b” were done in configuration *E1, R1, R2* and *E2, R1, R2*. The tests for measuring the velocities were conducted in configuration *R1, R2* and *R1, R3*. They were caused by different ways of connection between the sensors and the concrete. The *R1* and *R2* sensors were connected by the thread, while *R3* has magnetic connection with metal plate glued to the concrete.

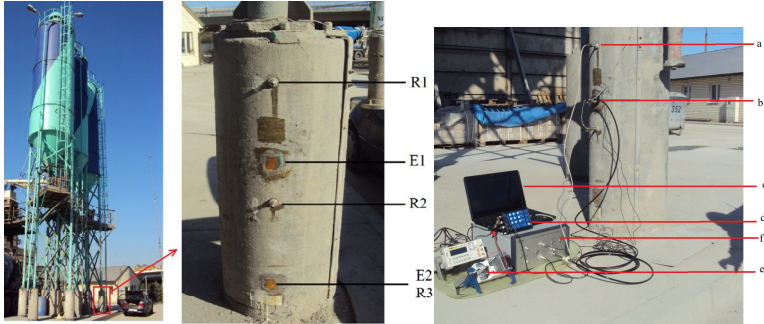


Fig. 3. View of the measurement test stand

Measuring the Wave Propagation Velocities

The tests were conducted in two configurations of the sensors. Each configuration has first sensor in $R1$ position with thread connection. The second sensor was in position $R2$ with thread connection in first configuration. In the second configuration the sensor has magnetic connection and position $R3$.

The analyses of the results showed, that magnetic connection is not suitable to determine the velocity of the wave. It is caused by wrong connection between magnetic sensor and rounded surface of metal plate.

The tests were conducted on two-phase system object. The silo leg was made of concrete reinforced with metal bars, so the first phase was concrete (B30), and the second was construction steel (E295). For better understanding, several tests were made in laboratory with one phase system for the concrete and steel. Parallel to these materials the wave propagating velocities for marble and sandstone were also measured, as we tested the autodyne phenomena on these materials.

As it was mentioned, the measuring system was equipped with two sensors. The distance between them was l [m]. The measuring card was sampled with the frequency of 600 kHz. Above the upper sensor several knocks were applied and because of the time of this knocking it can be treated like a Dirac delta function. During the analysis the time distance between the first maximum signals from both sensors was determined. Because of the wave reflection and interference phenomena the other maximum signals are abandoned. There were also tests in which the knocking was done below the lower sensor. The results of the analysis were similar for all knocking positions.

SAS in Real Object Tests

The test was conducted with two configurations of the position of the shaker. As shown on figure 3, there were $E1$ and $E2$ positions. Two signals

were used for the closed loop; the first kind of tests used the signal from sensor *R1*, and the second from *R2*. The measurement stand is showed in figure 2, where: *a* is an accelerometer, *b* is an emitter (shaker), *c* is a laptop with appropriate LabView software, *d* is conditioner, *e* are compact measurement cards and *f* is a power amplifier.

The early test shows that the positions of the shaker are important for SAS system. The shaker in position *E2* does not result in an autodyne effect. Researchers supposed that it is a result of the Saint-Venant rule, or it comes from the dispersion of the vibration energy to the ground and not in sensor direction. The difference between position with no autodyne effect *E2* and the position *E1*, in which the effect was apparent. With further tests the researchers have noticed that the connection between metal plate and concrete has had some little flaws. After correcting this connection, the autodyne effect has occurred also in *E2* shaker position. As a conclusion: the right connection between the emitter or receiver with the tested object is very important.

Static Tests

The conducted tests can be divided into two groups. The first group was conducted when there were no loads or unloads in the silo. The relative value of the weight of the cement in the silo was known. This group can be treated as a static test. The second group was conducted when the silo was constantly loaded with the cement. At the same time unloading in the mixer trucks but not constantly - group of tests can be treated as a dynamic test.

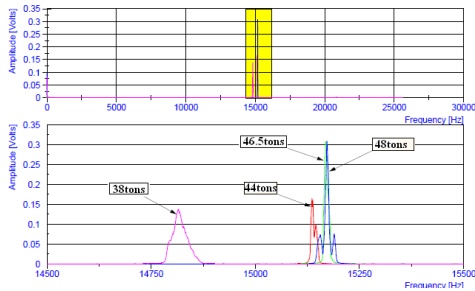


Fig. 4. The fft characteristic of the vibration of the real object loaded with different loads

When we started the tests, the weight of the silo was about 48 tons. When there were no loading and unloading, the measurement was done. As a result we obtain a resonance peak on fft characteristics at frequency about 15 kHz (highlighted area on upper chart showed on figure 4). To show the detailed frequency, we extended this highlighted area and showed it in the lower chart in the same figure. The blue peak represents the response for the resonance when the cement in the silo weighted about 48 tons. This load has to be

distributed into the four legs of the silo. So each leg was compressed with 12 tons plus the weight of the silo, which is constant. The changes of the stresses are determined only by the variations of the weight of the cement inside the silo.

After this measurement, the process of unloading has begun. The cement from the silo was unloaded to the small mixer truck, which holds about 1.5 tons of cement. After this, again when there was no loading or unloading, the measurement was conducted. On extended chart in figure 3 the result is visible as an aqua peak. The cement sent to small mixer truck caused decrease in the load for one leg, about 400 kg, and also decreased the stresses. The peak moved left for about 5 Hz from the starting position.

Then the process of unloading was continued, but this time the mixer truck was bigger; its capacity was about 2.5 tons. Again in static conditions (no loading or unloading) the test was done. The peak responsible for new resonance is shown in figure 3 in red peak. It moved to the left for about 33 Hz from previous position and 38 Hz from the starting position. It was caused by a decrease of the load for about 625 kg for one leg (2.5 tons goes to the large mixer truck divided by four).

There are two reasons why the weights of the cement are given by relative values. The first is the lack of any digital or analog devices that measure the level of the cement in the silo and it is measured manually by humans (Fig. 6.18). The second reason is because the researchers cannot assume that the level of the cement is horizontal and regular (flat). It causes the displacement of the center of the mass. And if the center of the mass is not in the middle between the four legs, we cannot assume the compressing force is the same for each leg.

Next day the measurements were carried out. The weight of the cement in the silo was about 38 tons. The test was done also in the static conditions. The pink peak presented in figure 3 is responsible for the resonance of the concrete leg by this load. This peak has moved about 322 Hz from last position and 355 Hz from the starting position. The decrease of the load between start condition and end condition was about 2.5 tons per leg. The static tests clearly prove that Self-oscillating System, which uses the autodyne effect, can be adapted for the change of stresses measurement in real objects.

Analyzing the charts in figure 4, it can be concluded that nonlinearity appears. In figure 5 the dependence of the load (so also the stresses) on the resonance frequency is not linear.

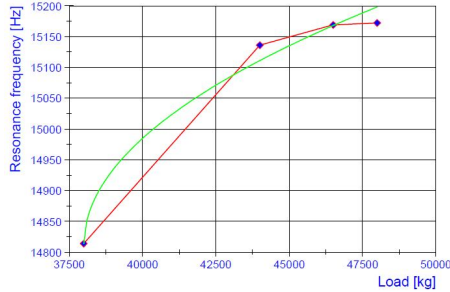


Fig. 5. The relation between the frequency and the load and its approximation (green)

The analysis was made in purpose to elaborate the empirical formula. After approximation the results from real object, the dependence between the resonance frequency and load was given by the formula (1).

$$f(x) = \sqrt{ax + b} + c \quad (1)$$

where: f – is the resonance frequency in [Hz], x – is the load in [kg], and the values of factors a , b , c are: $a = 14.9$, $b = -5.66 \cdot 10^5$, $c = 14800$.

The empirical formula (1) was elaborated because the formula did not fit to the objects with the small ratio between length and the cross-section dimensions, like real test object. The root mean squared error in this approximation was only 18.05 [Hz].

Dynamic Tests

The second kind of tests was conducted when the silo was loading (it takes cement from the truck) and unloading (sending the cement to the mixers). The cement comes from truck. This truck is equipped with the special pump system, which pushes the cement through the pipe to the silo. In one loading cycle, it gives about 30 tons of cement. The process takes about one hour. Assuming the constant efficiency of the pumps we can calculate the rate of the flow. It is about half a ton per minute, which means, that the load for one leg grew about 125 kg every minute. The SAS was continually monitoring the real object during the process of loading.

It is worth mentioning that during the loading process the silo did not stop working. It means that from time to time mixer trucks take portions of cement. After the process of loading started, the fft peak went to the frequency value which was around 15 [kHz]. The chart below in the same figure shows the exact value of frequency (14807.5 Hz). By the time the load was increasing. So after 20 seconds there was additional 50 kg for each leg; it is calculated in proportion to 125 kg per minute. The green peek relates to this stress change. The difference of frequency between these two peaks is about

one Hertz. After 50 seconds, which means 100 kg per leg more, the peak moved to the right four Hertz more. It is visible as red peak.

Obviously, the characteristics are only the snapshot from the real time characteristics. The real time peaks move continuously to the right from blue – start peak till red – end peak. From the same reason like in static tests, we cannot give the exact value of the load change. It were unregular and not horizontal level of cement causing displacement of the center of the mass causing different load for each leg. Additoally in case of dynamic tests, we have to mention that the efficiency of the pomps is not constant, so the assumed flow rate is also not constant. There are also some dynamic reactions, because the cement is falling from the top of the silo causing the dynamic force, which has an influence on the load of the single leg. With the increase of load, the level of cement is growing and the distance for falling down is decreasing, so the dynamic reactions are also decreasing.

After a couple of minutes the mixer truck had come and took a portion of the cement from the silo. The process of loading was continuous, so the weight of the cement in silo was also growing; the resonance peak was moving continuously to the right. The blue, green and red peaks show the snapshots of the resonance movement during the first minute of loading. After rapid loss of weight, caused by mixer truck the resonance frequency had changed. This was noticed by the SAS system. The resonance frequency after rapid unloading, which had moved to the left about 33 Hertz from starting position.

The loading process was still going, so after the end of rapid unloading, the weight of the cement in the silo was still increasing. With the growing of the mass of cement, the resonance frequency grows too. After only 10 seconds the resonance peak moved to the right. It is represented by aqua peak, which moved to the right about 14776 [Hz], which is two Hertz more than at the moment ending the unloading. By the time, the SAS was monitoring the construction for the next 25 minutes. In this time there were 3 large mixer trucks, which had taken about 7.5 tons of the cement. We can also notice that in 25 minutes there were 12 tons of cement pumped into the silo. So from the beginning of monitoring there was 12 tons of the cement loaded into the silo; ten tons were taken by the four truck mixers. This means that after 25 minutes there were two tons of cement in the silo more than at the beginning. Its displacement from the staring position is about 32 Hertz to the right, and the frequency value for this peak is 14839 [Hz].

Summary

As we saw the SAS monitoring system is working very well in both static and dynamic conditions. It detects both decrease and increase of the stresses caused by the change of the load. The system has also very good

sensitivity – the researchers marked even 20 kg change of the weight of the cement in the silo, which is a great result in comparison with the overall weight of the silo which is sometimes greater than 60 tons.

The main argument shown in this article is that self-oscillating acoustical system with the positive feedback permits monitoring of the change of the stresses in constructions. The usefulness of this phenomenon for different states of strain and the various dimensions of test samples of sandstone, marble and concrete was examined to prove this argument. The study confirmed the existence of the self-excitation phenomenon, which can be used to recognize the state of rock mass deformation. The preliminary calculations were done using physical modeling; Cundalla-Hertz model was built. After performing experiments in the laboratory and analyzing the results from the simulation, the real object tests were conducted. In the cement plant, the research was conducted on one of the legs of the silo. So the high level of sensitivity was obtained which proves the efficiency of the presented method.

Bibliography

1. Gordienko V., Aleksandr D., Konovalov A., Kurochkin N., Putivskii Y., Panchenko V., Ul'yanov A.: *Autodyne effect in the presence of laser-induced hydrodynamic flows and its use in identification of the type of biotissue in the course of its destruction*. Quantum electronic. Volume 26, Number 10. 1996,
2. Chen Ch: *Ultrasonic & Advanced Methods For Nondestructive Testing & Material Characterization*. ISBN-10: 9812704094 World Scientific Publishing; 1 edition 2007.
3. Washer G. A., Green R. E., Pond, Jr. R. B.: *Velocity Constants for Ultrasonic Stress Measurement in Prestressing Tendons*. Federal Highway Administration NDE Validation Center, 6300 Georgetown Pike, McLean, VA 22101, USA
4. Pettitt W.S.: *An Ultrasonic Tool for Examining the Excavation Damaged Zone around Radioactive Waste Repositories – The OMNIBUS project*. Applied Seismology Consultants Ltd., UK, D.S. Collins, M.W. Hildyard and R.P. Young Liverpool University, UK, C. Balland and P. Bigarre, INERIS, France
5. Kwaśniewski J., Dominik I., Konieczny J., Kravtsov Y., Sakeba A.: *Experimental system for stress measurement in rock*. 9th Conference on Active noise and vibration control methods : Krakow–Zakopane, Poland, May 24–27, 2009.

The article was reviewed by two reviewers and accepted for publication.

РЕГИОНАЛЬНАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

*В.Ф. Ткаченко, И.А. Божинский, С.А. Ефименко, П.Н. Маслов
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
Украина, Харьков, пр. Ленина 14. тел. 702-13-78, 702-18-91
e-mail: tvf@gisnet.kharkov.ua*

Рассматриваются концептуальные основы построения региональной автоматизированной системы управления объектами газоснабжения (РАСУ ОГ) на примере газосбытовой компании области. Приводится территориальная организационная структура газосбытового предприятия, концептуальная архитектура РАСУ ОГ, перечень цифровых картографических материалов для разных уровней управления, функциональные задачи, которые обеспечивают решение производственных и технологических задач.

Основной целью исследования является разработка региональной автоматизированной системы управления объектами газоснабжения области, которая обеспечивала бы оптимальные условия для удовлетворения информационных потребностей руководства газосбытовой компании, ее технического персонала в обеспечении бесперебойного снабжения потребителей – предприятий и населения на основе формирования и использования соответствующих информационных ресурсов и современных геоинформационных технологий.

Задачами исследования являются разработка архитектуры РАСУ ОГ, основных ее подсистем, принципов организации геопространственных данных, технического и программного обеспечения системы.

Решение задач стратегического и оперативного управления деятельностью компании требует анализа и обработки огромных массивов информации, что привело к необходимости разработки и внедрения региональной автоматизированной системы управления (РАСУ) ОАО «Харьковгаз». Ключевыми критериями, определившими информационные технологии, положенные в основу такой системы явились:

- пространственно-распределенная сеть объектов предприятия;
- многоуровневая структура управления основной функциональной деятельностью;
- потенциальная опасность объектов газовых сетей;
- уровень оснащенности современными средствами обработки информации.

Анализ мирового опыта в создании подобных систем показывает, что интегрирующей их основой являются геоинформационные системы, которые при разработке для компаний, подобных ОАО «Харьковгаз» называют корпоративными. Учитывая структуру и масштабы деятельности компании, в основу РАСУ должна быть положена корпоративная ГИС с распределенной обработкой информации, в которой одновременно большое число сотрудников имеют доступ к функциям и данным посредством технологии клиент-сервер. Наиболее оптимальным техническим решением для построения корпоративной ГИС является технология и набор программных продуктов фирмы ESRI, которые в комплексе с современными СУБД (Oracle, Informix, MS SQL Server) позволяют создавать системы с распределенной обработкой пространственной и семантической информации.

Организационная структура газосбытового предприятия ОАО «Харьковгаз» иерархична и состоит из трех уровней: головное управление; филиал; участок.

Исходя из этого, пространственная информация, необходимая для реализации основных функций по содержанию и степени детализации организовывается на электронных картах различных масштабов:

- для уровня области – электронная карта М 1:200 000;
- для уровней филиала и участка – электронные топографические планы М 1:2000 с детализацией в зонах расположения объектов газовых сетей М 1:500.

Содержание и уровни детализации электронных карт и планов определяются функциональными задачами, которые обеспечивают решение производственных и технологических задач компании, основными из которых являются:

- паспортизация и эксплуатация оборудования;
- диспетчерское управление режимами газоснабжения;
- предупреждение, реагирование и локализация аварийных ситуаций;
- развитие и реконструкция распределительной газовой сети и др.

Для комплексного решения вышеперечисленных задач необходимо создать единую систему, использующую общие источники информации, единую геоинформационную технологию и технологию интеграции с базами данных что позволяет:

- обеспечивать руководителей подразделений всех уровней необходимой информацией для принятия управленческих решений;
- сформировать инструментарий поддержки принятия решений;
- сформировать и стандартизировать в рамках компании пространственную и атрибутивную информацию;

– обеспечить доступ к пространственной и атрибутивной информации всем подразделениям и службам.

Распределительная система газоснабжения области относится к классу сложных технических систем, имеющих несколько уровней иерархии. Это определяет требования к структуре пространственных и атрибутивных данных, которая основывается на модели данных ArcGIS. При разработке корпоративной ГИС используется объектная модель системы газоснабжения ArcFM Energy компании Miner&Miner, с доработками, которые определяются функциональными задачами РАСУ. Модель данных системы построена с использованием нескольких уровней иерархии, каждый из которых имеет различную степень детализации, как для отображения, так и для решения функциональных задач. Кроме этого структуры данных системы должны обеспечивать взаимодействие отдельных подсистем РАСУ и интеграцию с другими корпоративными системами.

Создание подобной системы требует достаточно крупных финансовых затрат, однако, при условии соблюдения в компании единой концепции внедрения ГИС – технологий имеется возможность последовательного и модульного их внедрения в подразделениях и на отдельных рабочих местах, с использованием общих баз данных, в зависимости от поставленных задач и финансовых возможностей. Это в дальнейшем приведет к перерождению набора сравнительно маломощных ГИС, выполняющих ряд локальных задач, в мощный информационно-аналитический инструмент на базе ГИС.

Выбранные решения для создания корпоративной ГИС областного газосбытового предприятия, как интегрирующей основы региональной автоматизированной системы управления, вначале апробируются в рамках разработки и внедрения пилот-проекта системы на всех трех уровнях: участок – филиал – головное предприятие. Результаты опытной эксплуатации будут служить основой для принятия решения о масштабировании системы на всю компанию.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В СРЕДСТВАХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

Лапинский Виталий Васильевич

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского (ХАИ)

тел.раб.044 481 37 39, E-mail vit_lap@ua.fm

Для установления температурных и концентрационных зависимостей теплопроводности большинства конструкционных

материалов необходимо получение набора данных полученных с погрешностями не более 3%. Учитывая особенности полимерной матрицы, такие данные можно получить, только применяя методы стационарного теплового потока. Для получения температурных зависимостей более пригодны динамические методы, выбор которых обусловлен также и возможностью структурных и химических изменений при нахождении полимерного композита при повышенных температурах в течении достаточно длительного времени.

Совмещение в одном устройстве преимуществ стационарного и квазистационарного методов измерения теплопроводности является достаточно сложной задачей. Вместе с тем, общим для упомянутых методов есть применение одномерных описаний температурного поля в образце в виде пластины.

Поскольку организация одномерности температурного поля вблизи боковой поверхности образца малого размера принудительным регулированием температуры окружающей среды, даже с использованием современных технологий, крайне затруднительна, была предпринята попытка оценить вклад стока тепла через боковую поверхность и возникающей при этом многомерности температурного поля, в погрешность определения теплопроводности. Условно считая образец вместе с контактными слоями и тепломером однородным диском с ортотропной теплопроводностью, было рассмотрено стационарное температурное поле в нем при направлении теплового потока, совпадающего с осью диска.

В качестве масштабов приведения выбраны Z_0 и T_0 ; граничные условия: при $Z=0$ $\Theta=T/T_0$, при $Z=h/r$ $\rho=R$, $\Theta=0$; где h – высота диска, r – его радиус (радиус тепломера). В качестве модельных образцов использованы меры образцовые теплопроводности и образцы полиэтилена, поливинилиденфторида и политетрафторэтилена.

Выводы относительно завышения значений теплопроводности при установке тепломера между нагревателем и образцом, полученные ранее, можно получить и более простым путем, более важным является получение выражения, позволяющего ограничить радиус зоны контакта тепломера с образцом.

Вычисленные по полученным формулам значения погрешностей определения теплопроводности для различных соотношений r и h показывают, что существуют оптимальные для данного класса материалов соотношения размеров образца и сопрягаемых с ним частей установки. Расчет относительной погрешности измерения теплопроводности при различных расположениях тепломера и соотношении их радиусов, результаты которого представлены на рис. 1, дают возможность

минимизации погрешности за счет краевых эффектов при конструктивно осуществимых размерах. Учет тепловых контактных сопротивлений, представляющий определенную сложность, однако не может существенно изменить температурное поле в образце. Более того, при использовании относительного метода градуировки тепломера, существенным является только изменение контактного сопротивления от опыта к опыту и соотношение теплового сопротивления образца и теплового сопротивления контактов.

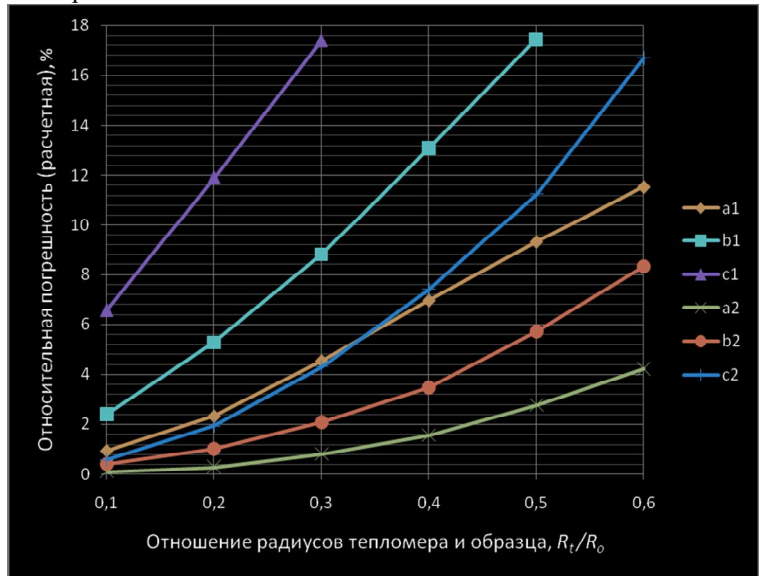


Рис.1. Зависимости относительной погрешности измерения теплопроводности от соотношения радиусов тепломера R_t и образца R_o : $a - 0,5$; $b - 1,0$; $c - 2,5$ и при различных способах расположения источника тепла: 1 – под образцом, 2 – над образцом.

Наличие принципиально нестабильного теплового сопротивления в последовательной цепи: контактное сопротивление $P_k \Leftrightarrow$ сопротивление образца $P_o \Leftrightarrow$ контактное сопротивление P_k налагает дополнительные требования на значение h образца. Измерение температуры рационально проводить термочувствительными элементами, заделанными в высокотеплопроводные тонкие пластины, контактирующие с образцом и являющиеся продолжениями нагревателя (источника теплового потока) и теплоприемника. Погрешность измерения температур в динамическом режиме может быть довольно большой (до 2...5 K), но она быстро уменьшается при уменьшении dT/dt и, в случае $dT/dt = 0$, может быть сведена до величины $2 \sqrt{P_k}$.

Из рассмотрения электрической аналогии тепловой схемы следует, что полученные выше выводы относительно возможности оптимизации температурного поля и геометрии температурного блока должны быть дополнены ограничениями возможных значений P_0 .

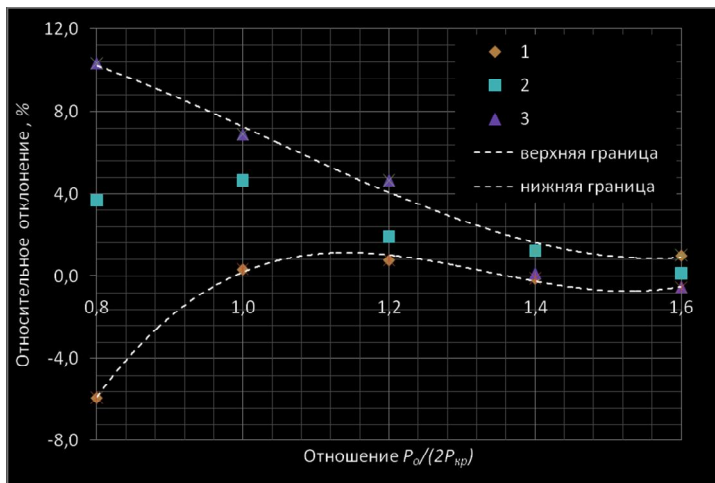


Рис.2. Зависимости относительного отклонения измеренного значения теплопроводности от соотношения тепловых сопротивлений образца P_0 и суммы контактных сопротивлений тепломер-образец и образец-нагреватель $2P_k$.

С целью моделирования влияния возможной нестабильности теплового сопротивления контактных сопротивлений были проведены серии измерений на установке, подобной описанной в [1, с.51-53]. Результаты численного моделирования зависимости относительного отклонения измеренного значения теплопроводности от и экспериментальные зависимости (кривые 1-2) представлены на рис. 2. За истинное значение теплопроводности принимались данные использованных образцовых мер теплопроводности, численное моделирование велось для них же.

Из анализа данных, приводимых на рис. 1 – 2., достаточно просто сделать вывод о наиболее приемлемой геометрии температурного поля и расположении пакета "источник-тепломер-образец-приемник" в температурном поле.

Литература

1. Барановский В.М., Лапинский В.В., Шилов В.В., Черенков А.В. Теплофизические свойства полимеров этиленового ряда, содержащих фтор и материалов на их основе.- И-во Восточнoукраинского у-та, К.-Луганск : 1996.- 182с.

FUZZY ANALYSIS IN PLANT BIOTECHNOLOGY

¹*Ewa SKRZYPCZAK-PIETRASZEK, ²Jacek PIETRASZEK*

¹*Jagiellonian University, Collegium Medicum*

²*Cracow University of Technology, Institute of Computing Science*

1. Introduction

Biotechnology is an interdisciplinary science covering both engineering science and natural science, using achievements of molecular biology, biochemistry, microbiology, pharmacy, economics and technology. That means any technological application that uses biological systems, living organisms, or derivatives thereof to make or modify products or processes.

Integration of modern techniques of molecular biology and genetic engineering for obtaining genetically modified organisms played the pioneering role in the development of biotechnology. Achievements in biotechnology are used in many fields such as medicine, pharmacy, analytics, agriculture, horticulture, forestry, food industry, chemical industry. Given the specific characteristics of research facilities that have a large individual variation, statistical techniques are widely used to describe data and – in recent years – fuzzy approach [1].

Plant biotechnology is a part of biotechnology, where a plant, in a broad sense, is an investigation object. Selected examples of biotechnology aspects will be discussed.

2. Biotechnology in the protection of plant genetic resources [2, 3]

About 250 thousand species of vascular plants is identified and described so far in the world. The currently observed rapid decline of biodiversity is due to the transformation of habitats (ecosystems), overexploitation of natural resources, introduction of alien species, environmental pollution and climate change. As a result the genetic erosion appears, that is, rapid decrease in the number of species and varieties of plants in the areas of their former range. This phenomenon occurs in most regions of the world. Over 120 species of plants extinct on Polish territory during the past 200 years. Biotechnology can be very helpful in protecting plant genetic resources through:

- storage of plants or their organs in culture *in vitro* under conditions of sluggish growth,
- storage of vegetative tissues in liquid nitrogen (cryopreservation) using the method of encapsulation,
- propagation under *in vitro* culture (micropropagation, somatic embryogenesis) of rare and endangered species for reintroduction.

2.1. *In vitro* cultures [4]

In vitro culture means breeding of plants, plant parts, tissues or individual cells on artificial media in sterile conditions. *In vitro* cultures utilize the phenomenon of totipotency what means the ability to reproduce the whole plant from individual cell. There are, among others:

- callus culture,
- suspension cultures,
- shoots culture,
- roots culture.

Each type of culture may be used to regenerate whole plants by adding appropriate growth regulators to the medium. *In vitro* culture may be a way to protect plant genetic resources. *In vitro* cultures are kept in constant (controlled) conditions of temperature, light, medium composition, etc. Therefore obtained a large independence from climatic conditions, seasons, etc. This makes that *in vitro* culture can be a source of biomass (also on an industrial scale) to obtain plant secondary metabolites with valuable pharmacological activity without having to crop plants from the natural state.

2.2. Micropropagation [4, 5]

Micropropagation is a method of vegetative propagation in *in vitro* culture, used for mass multiplication of plants on a production scale. Micropropagation can be performed directly from existing meristems (eg peak and lateral buds), indirectly with the participation of callus tissue or from adventitious meristems remaining on explants. The aim of micropropagation is to obtain large numbers of genetically uniform plants. Number of species propagated using *in vitro* culture is now about 300, while the world is produced by this method about 800 million pieces of plants, of which about 90% are ornamental plants.

Mikropropagacja in *in vitro* cultures of protected species is one of the active strategy of *ex situ* conservation of species. In the case of species threatened with extinction, while dramatically decreasing the number of their positions, the regeneration of *in vitro* culture is a possible way to protect the gene pool of these species and allow their reintroduction.

2.3. Somatic embryogenesis [5]

This is a special case of micropropagation. It means that somatic embryos, so called. embrioids, forms in callus tissue or suspension culture. This is the fastest and most efficient method of micropropagation. With a few grams of callus can receive up to approximately one million embryos. Somatic embryos after covering the hydrogel and encapsulation can be transformed into so-called. artificial seeds. Artificial seeds after freezing in liquid nitrogen (cryopreservation) can be stored for a long time and provide good protection of the gene pool of plants.

3. Phytoremediation [6, 7]

Environmental pollution associated with industrial development and urbanization causes the accumulation of various toxic substances in soil, water and air. As a result of these phenomena, both abiotic components and organisms, as well as relations between them, are degraded. The changes relate to the entire biosphere, and their outcome following global changes in the ecosystem. According to UNESCO experts the most dangerous factors for pollutants today are: carbon dioxide, carbon monoxide, sulfur dioxide, nitrogen dioxide, phosphorus, mercury, lead, petroleum, DDT and other pesticides. High concentrations of heavy metals: cadmium, chromium, iron, mercury, nickel, lead and zinc occur in soils polluted by industry and automobile communication. They are also associated with oil spills. From the soil heavy metals leak into other parts of the environment - water, air and living organisms, which are subject to a substantial accumulation and join the food chain. For a man dangerous are: cadmium, mercury and lead, while the plants threatens the copper, nickel and zinc.

The degree of accumulation of toxic compounds is faster than human actions taken to eliminate them. Therefore, more attention is paid to efficient utilization of resources of the same nature in order to reduce its pollution.

Phytoremediation means the use of plants for storage, sequestration, removal or degradation of inorganic and organic contaminants of soil, sediment, surface water and groundwater. Plants have a range of potential cellular mechanisms that may be involved in the detoxification of xenobiotics and thus confer tolerance for induced stress. Pivotal role in collecting pollutants from the environment plays a root system. The most significant are its individual and collective (habitat) extent and efficiency of collection of xenobiotics from the soil and groundwater.

An important function of roots in the phytoremediation processes is the interaction between plants and microbes in the root-soil interface in the zone called the rhizosphere. Microbes support phytoremediation by reducing the phytotoxicity of pollutants to a level allowing the growth and development

of plants with a lower tolerance for pollution. Plants secrete sugars, acids and alcohols to the rhizosphere. In this way, plants provide an additional source of carbon and energy, stimulating microorganisms to better growth. The process of metals and toxic compounds collecting by plants begins in the root zone. In the case of metals, increased mobility is due to the secretion of organic acids to the rhizosphere or by chelators. They are bound by the ion exchanger present in the cell wall. Intracellular transport systems to high-affinity binding sites mediate the collection inside cell. An important role is played here by protein channels and transporters associated with H^+ . Detoxification processes mainly concern the xenobiotics. Strategies to defend against these substances are different: the production of alternative metabolic pathways, formation of specific protein products (capture and binding of xenobiotic molecules, thereby inactivate it, or allow a further decomposition processes).

Plants have some degree of resistance to heavy metals in soil and it is constitutive resistance. Some, however, growing in areas with particularly high content of metals, they have exceptionally well-developed mechanisms of tolerance implied from the constant contact with large doses of metal, which is called induced resistance. Plants preferring contaminated habitats or naturally rich in large quantities of metals are called metallophytes. Hyperaccumulators of metals are those plants that accumulate metals in amounts greater than 1% (for manganese), 0.1% (for cobalt, copper, lead, nickel, zinc) and 0.01% (for cadmium) in terms of dry weight. Common feature of hyperaccumulators is that the concentration of toxic substances in the tissues of the plant is higher than the concentration of the soil.

The plants being nickel hyperaccumulators are *Thlaspi goesingene*, *Leptoplax emarginata*, *Bornmuellera tymphaea*, *Alyssum bertolonii*, *A. pintodasilvae*, *A. troodii*, *Sebertia acuminata*, *Streptanthus polygaloides*. Other plants accumulating metals are *Armeria maritima* (zinc, lead), *Pteris Vittata* (arsenic), *Thlaspi caerulescens* (zinc, cadmium and uranium, the latter after the addition of citric acid to the surface), *Brassica juncea* (lead, cadmium, chromium, zinc), *Iberis intermedia* (thallium), *Pteridium aquilinum* (arsenic).

Poplars (*Populus* sp) are very effective in the phytoremediation of organic pollutants, particularly pesticides. These trees develop a strong root system to a depth of several meters into the ground and show an intense transpiration. This makes that poplars remove from the soil phenol, benzene, toluene, m-xylene and pentachlorophenol on the basis of fitoevaporation and toluene and o-xylene by rhizodegradation method. Birch (*Betula* sp), false acacia (*Robinia pseudoacacia*), wild apple (*Malus* sp) and mulberry (*Morus* sp) carry out the remediation process through interaction with microorganisms stimulated by phenolic compounds secreted by trees. Alfalfa (*Medicago sativa*) causes rhizodegradation of such compounds as anthracene, phenol, pyrene,

toluene. Phytoremediation potential also shows soybean (*Glycine max*), various species of clover (*Trifolium* sp), wheat (*Triticum aestivum*), sunflower (*Helianthus annuus*), maize (*Zea mays*).

Phytoremediation applies to cleaning the environment mostly in the system *in situ*, by introducing a particular type of vegetation. In special cases, the contaminated soil can be collected and placed in areas where it is subjected to phytoremediation, while a groundwater and surface water are addressed to flooded areas in order to clear. Plants can accumulate pollutants in leaves, stems and roots. In contrast to microorganisms, plants carry out the degradation of organic compounds only slightly. For this reason, the plants contaminated by collected xenobiotics and their metabolites need to be removed from the environment. Among others, it is used controlled burning. Applying this method to dispose of plants accumulating metals allows them to recover (*phytomining*).

The advantage of phytoremediation is its economic viability, non-destructive, the effectiveness in preventing soil erosion and dispersion of pollutants in the environment. Limitation is the length of the process, lasting from a few to several years.

In order to increase phytoremediation, such studies are conducted on the use of genetically modified plants. This leads to improvement of plants, who previously were already certain capabilities and usefulness in phytoremediation. The research is focused on increasing the activity of biomolecules, which affect the inactivation and degradation of organic pollutants, or the accumulation of metals. Discussions are also attempts to introduce these plants new genes from other organisms, whose purpose is to enhance and extend the phytoremediation potential.

4. Allelopathy [8]

Allelopathy refers interactions occurring in systems: plant-plant, plant-microorganism and microorganism-microorganism. These are the biochemical effects of a harmful or beneficial types. Allelopathy is a phenomenon, which involves secondary metabolites produced by plants and microorganisms, which affect the growth and development of biological and agricultural systems. Allelopathic compounds (*allelopathins*) are organic compounds of very diverse chemical structure. These include terpenes, such as volatile oil constituents of *Artemisia* (*Artemisia* sp): alpha-pinene, beta-pinene, camphene, cineol, and are complex polycyclic sesquiterpenoids, sesquiterpene lactones (eg in sunflower – *Helianthus annuus*). Allelopathic compounds may be excreted into the environment in different ways. This process can be carried out through: the release of volatile substances (evaporation), leaching by water

such as precipitation, secreted by the roots (exudation); decomposition of dead plant parts.

Due to the impact on yields there is a big interest in allelopathic interactions between weeds and crops. It was noted that the adverse impact of weeds on crops is associated not only with competition for light, water and minerals, but also may be the result of weeds production of allelopathins inhibiting growth and development of crops. This process was found in weeds such as those of *Artemisia* (*Artemisia* sp), *Centaurea* (*Centaurea* sp) and in wheat grass (*Agropyron repens*). Detailed examination of allelopathins secreted by weeds can afford to construct in a future resistant, genetically modified crops. The traditional battle with weeds is based on the use of synthetic herbicides. Its mechanism of action relates to inhibition of basic life processes of the plant. They inhibit the process of photosynthesis, the process of respiration, biosynthetic processes (fatty acids, lipids, amino acids, proteins), cell division and growth of meristems. Synthetic herbicides pollute heavily. Therefore, the research is conducted for new compounds that meet the criteria of perfect plant protection products: high efficiency, broad-spectrum resistance to rain, high level of safety (lack of carcinogenic and toxic to humans and animals), low production costs. It seems that allelopathins can be the basis to construct on their base herbicides safe for the environment and human. Allelopathy could become an alternative method of protecting plants. The development of biotechnology can improve its efficiency. Conceptions of research include:

- allelopathin production and isolation from plants, which biosynthesis is increased by molecular engineering methods,
- construction of transgenic crops producing allelopathins,
- manufacturing of herbicides, a structure identical to natural allelopathins, by chemical synthesis methods or creating derivatives with a stronger effect.

Biochemical mechanism of action of some allelopathins is generally known, and these compounds could be potential natural herbicides. These are such as quinones – juglon and sorgoleon; monoterpenes – 1,8-cineol and its analog cinnemetylina; sesquiterpene lactones - artemizin and dehydrozaluzamin.

Some crops have high allelopathic potential. You can mention here, eg rice (*Oryza sativa*), sorghum (*Sorghum bicolor*), wheat (*Triticum aestivum*), sunflower (*Helianthus annuus*). Rice roots secrete into the soil, a very large number of compounds in a type of allelopathins. Their actions may be synergistic or additive. A very promising object of research is sorghum – a source of allelopathins and potential object of biotechnology manipulation. The roots of the plants secrete sorgoleon into rhizosphere – a compound with strong allelopathic behavior. Have been identified the gene responsible for its

biosynthesis. Research is underway on sorghum genetic modification aimed at increasing the sorgoleon synthesis. Allelopathins can be considered as a basis for developing the structure of new herbicides. Sunflower (*Helianthus annuus*) has allelopathic potential. More than 100 compounds of such action were isolated from the plant. Using sunflowers as the model plant, as an attempt to develop new herbicides were conducted. Compounds produced by *Saussurea lappa* and artichoke (*Cynara scolymus*) – costunolactone and cynaropicrin – have also been used as standards to obtain their derivatives, of which over 20 compounds showed strong herbicidal activity in excess of commercially used herbicide. A big success in the field of allelopathins research is to implement into agricultural practice a mesotrione (commercial product name: Callisto), a herbicide developed by Syngenta AG. It is used to control weeds in corn crops. This compound is a synthetic derivative of leptospermon produced by plant roots of the genus *Callistemon citrinus*. Callisto herbicide is approved for use in the U.S. and some European countries, including Poland. This is an example showing the practical use of allelopathins to obtain safe for humans and the environment, plant protection products.

5. Uncertainty in biotechnology research

The matter of pharmacobotanic investigations are objects with very large natural variety: plants and their tissues. Uncertainty related to this matter may be pure random or systematic. Classic statistics is very good approach to evaluation of measure results with pure random errors. Related models are known, well recognized and appropriate procedures are routinely applied. The worse situation is in a presence of systematic errors because – in a contrast to technical investigations – a randomization is only a partial success. It is related to the fact that particular specimen of investigated plants or *in vitro* cultures has its individual attributes, growth process is under the influence of many uncontrolled and unknown disturbances, and the investigations have typically destructive character. The investigated plant is transformed and obtained substances are directly observed. For that reason classic statistical analysis are associated with large confidence intervals acceptance or with mute acceptance of many assumptions' breaks. The assumptions, which are fundamentals for performed analysis. Applying of too precise values of parameters appears unfounded also, e.g. significance level. Appropriate distributions, which may be a base for parameters identification, are poorly known or completely unknown. It appears to be purposeful to check non-probabilistic descriptions of uncertainty in those investigations because it may allow to use sentences like 'significance level about 0.05' or 'confidence interval about 0.95'.

As the beginning of a fuzzy approach to statistical problems, particularly statistical hypothesis testing, the article of Casals and Giles [9]

may be recognized. They generalized Neymann-Pearson lemma, where a concept of fuzzy information system proposed by Tanaka, Okuda and Asai [10] were utilized. It allowed to construct the uniformly most powerful test for point-based hypotheses with assumed precise significance level. It is characteristic for this approach that fuzzy event taken from a limited set of fuzzy observations is considered and memberships (belongness) for all considered events must sum to 1.

In the year 2004 Buckley [11] proposed and then in the year 2006 [12] extended a different approach introducing fuzzy conditions, particularly fuzzy significance level. It allowed to introduce e.g. '0.95 confidence interval' or to test hypothesis 'with significance level 0.05'.

In the year 2006 Grzegorzewski [13] proposed a general classification of possible fuzzy generalization for classic theory of statistical hypothesis testing, where three main elements constituting a decision system were distinguished. The theory of statistical hypothesis testing is only the particular case of the system. The three main elements are: data, hypothesis and conditions. Each of these elements may be described precisely or imprecisely. The traditional theory requires the precision for each of these elements.

Literature

- [1] Skrzypczak-Pietraszek E., Pietraszek J. (2009), *A Comparison of Statistical Analysis and Fuzzy Analysis Related to an Example of Callus Tissue Growth of Melittis melissophyllum L. with Various Variants of Murashige and Skoog's Medium*, Polish Journal of Environmental Studies Vol.18, No. 3B, 290-293.
- [2] Seroczyńska A. (2009), *Plant Biotechnology*, S. Malepszy (ed.), PWN, Warszawa, 653-684. (in Polish)
- [3] Podyma W. (2005), *Plant Biotechnology*, S. Malepszy (ed.), PWN, Warszawa, 549-555. (in Polish)
- [4] Skucińska B. (2005), *Plant Biotechnology*, S. Malepszy (ed.), PWN, Warsaw, 1919-1986. (in Polish)
- [5] Bach A. (2005), *Plant Biotechnology*, S. Malepszy (ed.), PWN, Warszawa, 261-273. (in Polish)
- [6] Kononowicz A.K., Macioszek V.K. (2009), *Plant Biotechnology*, S. Malepszy (ed.), PWN, Warszawa, 579-605. (in Polish)
- [7] Wojcik P., Tomaszewska B. (2005), *Biotechnology in the remediation of organic pollutants*, *Biotechnologia* 4 (71), 156-172. (in Polish)
- [8] Gniazdowska A. (2007), *Biotechnology opportunity for allelopathins application as an alternative method of weed control*, *Biotechnologia* 2 (77), 1942-1953. (in Polish)

- [9] Casals M.R., Gil M.A., Gil P. (1986), *On the use of Zadeh's probabilistic definition for testing statistical hypotheses from fuzzy information*. Fuzzy Sets and Systems **20**, 175-190.
- [10] Tanaka H., Okuda T., Asai K. (1979), *Fuzzy information and decision in statistical model*. In: Gupta M.M., Ragade R.K., Yager R.R.: Advances in Fuzzy Sets Theory and Applications. North-Holland, 303-320.
- [11] Buckley J.J. (2004), *Fuzzy statistics*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Hong Kong, London, Milano, Paris, Tokyo.
- [12] Buckley J.J. (2006), *Fuzzy probability and statistics*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Hong Kong, London, Milano, Paris, Tokyo.
- [13] Grzegorzewski P. (2006), *Decision aiding at uncertainty. Statistical methods for imprecise data*. AOW EXIT, Warszawa (in Polish).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ЦИФРОВОГО КОДА НА МАТЕРИАЛЬНЫХ НОСИТЕЛЯХ

¹Богорош А.Т., ²Воронов С.А., ³Шкилев В. Д., ⁴Бубулис А., ⁴Жебелис К.

¹Центр исследований научно-технического потенциала
и истории науки им. Г.М.Доброва НАН Украины,

²Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический
институт», ³ГП «ЦГИР Registru» Республики Молдова, ⁴Каунасский технологический
университет Литовской Республики

Экономики всех стран без исключения болеют одной и той же болезнью, и название этой болезни – теневая экономика, причина и питательная среда коррупции. В некоторых странах теневая экономика по объему выпускаемой продукции превышает результаты легальной экономики [1].

Анализ экономических отношений показывает, что на протяжении жизненного цикла экономики будут существовать одновременно и теневая и легальная экономики, что в легальной экономике будет присутствовать контрафактный товар, а легальный товар, будет присутствовать в теневой экономике. Это взаимное проникновение и обеспечивает философскую нерасторжимость этой дуальной пары. При эволюционном развитии, особенно на начальном периоде, экономика может проходить через период, когда теневая структура сильнее легальной (*прошедшей официальный государственный*

учет) экономки. Это вовсе не катастрофа для государственного организма, это всего лишь его болезнь, причем болезнь излечимая.

Выход, подсказываемый информационными технологиями, очень прост – и этот выход в плавном, постепенном и гармоничном выдавливании теневой экономики «на свет».

Теневой бизнес заинтересован в неотличимости своей продукции (*по крайней мере во внешней неотличимости*) от продукции мировых лидеров и активно продвигает свою фальсификацию на мировой рынок. А что делать, если в государстве размеры теневой экономики по своим размерам уже превысили размеры официальной экономики? Остаются ли в этом случае хоть какие-то шансы на победу у легальной экономики? Или это сражение окончательно проиграно? На наш взгляд в этой ситуации необходимо к воспитательным технологиям – сертификации и стандартизации добавить государственный экономический кнут в виде технологии, которая называется идентификацией. Да, как во все времена, нужна политика кнута и пряника. Системообразующей технологией в наведении порядка в экономике можно признать идентификационные информационные технологии [2].

Большинство международных экспертов в области идентификации склоняются к тому, что существует два основных вида идентификации, а именно – документальная и объективная. В некотором смысле эти два вида идентификации противостоят между собой и одновременно неразрывно между собой связаны.

Документальная идентификация фактически сводится к оформлению документов на тот или иной материальный ресурс. Этот вид идентификации – первейший и наиболее распространенный при построении экономических отношений. К сожалению, этот уровень идентификации полностью освоен теневой экономикой, которая с легкостью на свой контрафактный товар получает ничем не отличимые от легальных, а порой и просто легальные, документы.

Объективная идентификация, в отличие от документальной, - это серьезный шаг вперед, поскольку она допускает часть информации хранить не только в документе, но непосредственно в (*на*) самом материальном ресурсе.

Но высшей ступенью в развитии идентификации может стать идентификация с применением нанотехнологии. Именно такой подход способен создать индивидуальную идентификационную метку для каждого изделия. Особенность такой метки весьма существенна – ее нельзя повторить дважды, даже обладателю технологии.

В мире макроизделий (*изделий, полученных с помощью классического промышленного производства*) идентификационная метка

представляет собой цифровой код, нанесенный на объект с помощью иглоударных, гравировочных или схожих технологий. Такой подход давно скомпрометирован по очень простой причине – представители теневой экономики закупают идентификационное оборудование и на своей контрафактной продукции выбивают те же номера.

Что может дать нанотехнология для идентификации? Вспомним детство и сказку о Золушке. Для попадания на бал Золушка получает задание от мачехи – разделить несколько мешков с перемешанными черными и белыми бобами на мешки отдельно с черными и белыми бобами. Работа длительная, нудная, но в принципе выполняемая. Нанотехнология может поставить перед теневой экономикой задачу невероятно более сложную – зафиксировать расположение в мешке черных и белых бобов и попробовать еще раз заполнить мешок тем же расположением черных и белых бобов относительно друг друга. Задача окажется невыполнимой. Невыполнимой даже на уровне смещения ультрадисперсных порошков разного цвета и разных размеров. При переходе на нанотехнологический уровень задача для теневой экономики становится еще более трудной. У каждого цифрового кода будет своя информационная нанотехнологическая защита в виде индивидуальной матрицы, которую нельзя повторить дважды.

Для создания наноидентификационной метки необходимо выполнение нескольких условий:

1. Цифровой код на метке.
2. Система координат.
3. Индивидуальная матрица, защищающая цифровой код.
4. Программное обеспечение и оборудование, сравнивающее индивидуальную матрицу на изделии, с аналогичной в базе данных.

В крайнем случае, цифровой код можно нанести на боковой поверхности идентификационной метки. Учитывая наноразмеры индивидуальной матрицы формировать на ней систему координат, сделанную физической технологий не представляется возможным. Система выстраивается в следующей последовательности. На наноповрхности наносится только две реперные точки сделанные любым механическим способом. Такая реперная точка на фоне нанопорошка из карбида вольфрама со средним размером частиц в 30 нм – целая воронка. Здесь также нужен программный продукт, определяющий центр такой воронки (*рис. 1*).

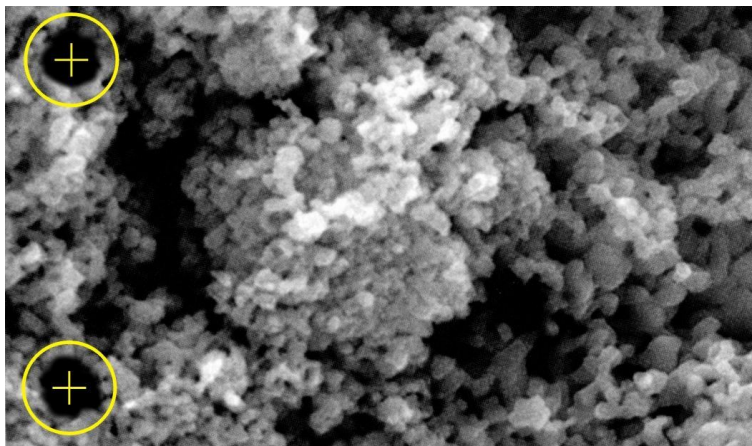


Рис. 1 Идентификационная метка с обнаруженными центрами реперных точек

Затем на отсканированной идентификационной метке формируется виртуальная информационная сетка (рис. 2) с привязкой к реперным точкам:

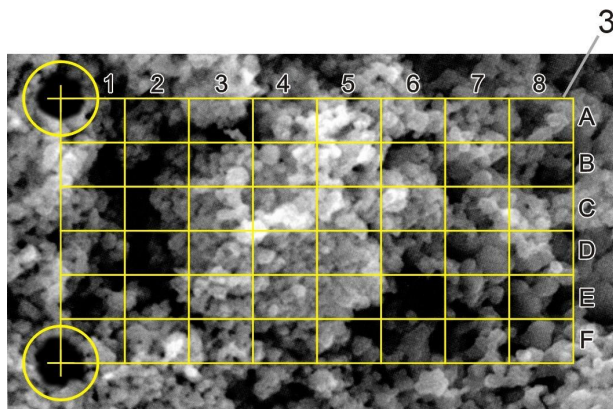


Рис. 2 Идентификационная метка с информационной сеткой

После чего из всех ячеек информационной сетки выбирают наиболее информативную, например, 5В, и, если надо, сканируют этот небольшой участок информационной сетки под еще большим

увеличением (рис.3). Такой подход позволяет использовать значительно меньший ресурс памяти. Процесс идентификации осуществляется путем поиска в базе данных метки по цифровому коду и сравнения индивидуальной картинке этого небольшого участка на метке с этой же картинкой в базе данных. Если картинка совпадают, объект признается идентифицированным.

Цифровой код необходим, без него невозможен быстрый поиск в многомиллионной базе данных. Но подтвердить единственность экземпляра изделия с этим цифровым кодом может только индивидуальная матрица, которую в принципе невозможно повторить дважды. Идентификационная метка на нанотехнологических принципах напоминает стволовую клетку живого организма. Только имея такую индивидуальную метку, основанную на совместном использовании цифрового кода и индивидуальной матрицы, можно приступить к созданию информационных систем, способных отличать легальный товар от контрафактного, а следовательно, и внести свой технологический аспект в борьбу с коррупцией. Сама невозпроизводимая матрица может изготавливаться путем спекания нанопорошков, использования нанопленок со случайно разбросанными по поверхности дефектами, электроискровой перенос материала и т.д.

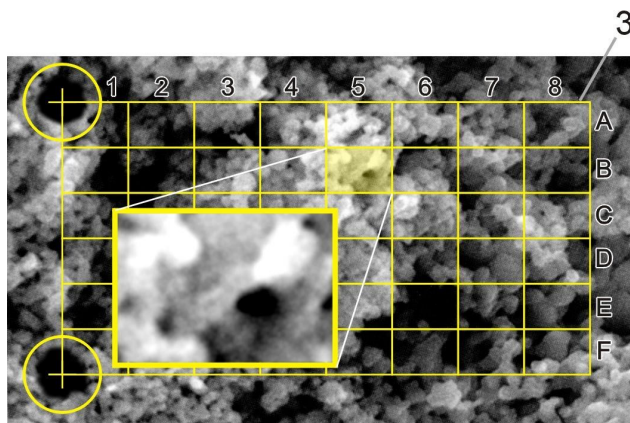


Рис. 3 Выделенный участок на нанометке, помещенный в базу данных.

Перенос наночастиц на идентификационную метку с помощью искрового разряда [6] хорош, прежде всего, тем, что используется стохастический процесс, при котором вероятность повтора метки

практически равна бесконечно малой величине. Вероятность подделки набора электроразрядных пятен на метке существенно снижается и за счет другого эффекта – неповторимости формы каждого электроразрядного пятна. Еще более существенную защиту может дать использование высоковольтного острого электрода, спеченного из набора разных наночастиц. При таком подходе каждое электроразрядное пятно на идентификационной метке будет отличаться набором разных атомов, а следовательно иметь отличающиеся друг о друга спектральные характеристики [3].

Плавное и гармоничное внедрение таких технологий позволит создать принципиально новую автоматизированную систему государственной экономической безопасности [4], что может удвоить бюджет некоторых стран. Предлагаемые технологии позволяют защитить как документы особой важности [5-6], включая национальные валюты, так и изделия из металла [7-8].

Трудно представить другую такую технологию коммерциализация, которой при относительно простом подходе, может существенно повлиять на заполнение бюджета всех стран без исключения.

Выводы:

1. Наиболее перспективным и самым простым нанопроизводством можно признать изготовление идентификационных меток, поскольку для их создания не требуется программного обеспечения, и ассемблер может действовать с использованием набора простейших генераторов случайных чисел.

2. На первом этапе, до создания первого ассемблера, можно идентификационную метку создавать путем предварительного перемешивания и спекания нанодисперсных порошков разных размеров, имеющих контрастные цветовые гаммы.

3. Создание идентификационных нанометок позволяет приступить к разработке автоматизированных систем управления, способных решать считавшуюся ранее неразрешимой задачу - отличать легальный товар от контрафактного. Борьба с коррупцией при этом переходит из стадии юридического латания коррупционных «дыр» в законодательстве в стадию профессиональной разработки новой технологии.

Литература:

[1]. Бучацкий П.А., Ротару О.М., Тигиняну И.М., Шкилев В.Д. Нанотехнология и объективная идентификация материальных ресурсов. Материалы 10 Юбилейного международного форума «Высокие технологии XXI века» Москва, 2009, с.93- 98.

- [2]. Моложен В.А., Шкилев В.Д. Информационные технологии и экономическая безопасность. Журнал «Мысль», сентябрь, 2006с . 46-52.
- [3]. Шкилев В.Д. Электроразрядный способ изготовления невоспроизводимой идентификационной метки. Положительное решение по заявке РФ №2007119972.
- [4]. Шкилев В.Д. Положительное решение по заявке Автоматизированная система управления государственной экономической безопасностью и контроля правовой и финансовой дисциплины. ВОПИ, №4, 2008, с.17.
- [5]. Шкилев В.Д., Способ нанесения метки на документы на бумажном носителе. Положительное решение по заявке 20070322 MD-ВОПИ/ 5/2009,с. 14
- [6]. Шкилев В.Д., Адамчук А.Н. Новые информационные технологии при изготовлении бумажных купюр с квантовым уровнем защиты. ICT-2009 Кишинев, С. 186-188.
- [7]. Шкилев В.Д. Мартынюк Н.П. Способ идентификации изделий из металла. Патент Республики Молдова №3389.
- [8]. Шкилев В.Д. Индивидуальная идентификационная метка и способ ее изготовления. Положительное решение по заявке MD №20070321. ВОПИ 5/2009, с. 16.

Выражение благодарности.

Поддержка для настоящей публикации была оказана Литовско-Украинской программой сотрудничества , финансируемой Литовским Советом Науки: проекты ТРА-32/2010 ,ТРА-58/2010.

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ СИСТЕМА РАЗОГРЕВА ЖИДКОСТИ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Минченя В.Т., Асимов Р.М.**, Роппельт Х.***, Бубулис А.****, Юренас В..*****

**Белорусский национальный технический университет, РБ, **ООО
«Сенсоника», РБ,*

**** GmbH «HPF» , Германия, **** Каунасский технологический
университет, Литва*

В холодное время года эксплуатация автомобильного транспорта значительно усложняется, т.к. при низких температурах происходит «загустение» дизельного топлива с осаждением в нем кристаллов парафина. В результате этого закупориваются фильтры и топливопроводы, прекращается подача топлива к двигателю, и запуск двигателя становится серьезной проблемой /1/. Одним из способов восстановления подачи дизельного топлива является подогрев топливной системы автомобиля электрическими нагревателями. Недостатком подобных нагревателей является их небольшая тепловая мощность (250-300 Вт вместо требуемых 1,5-2,5 кВт), из-за чего они не в состоянии

обеспечить прогрев всей топливной системы автомобиля и могут быть использованы только для локального подогрева ее отдельных участков. Нами проведены экспериментальные исследования по влиянию ультразвука на процесс разогрева дизельного топлива. Исследования проводились в два этапа.

Вначале исследовалось влияние влияния ультразвука на тепловые процессы в длинных гибких волноводах. Для этой цели использовалась экспериментальная установка приведенная на рисунке 1. Установка состоит из ультразвукового преобразователя 1, связанного с гибким металлическим волноводом 6, ультразвукового генератора 2, измерительного комплекса для записи температуры комплекса для записи температуры от термопар 3, датчика контроля амплитуды 4, полихлорвиниловой трубки 5.

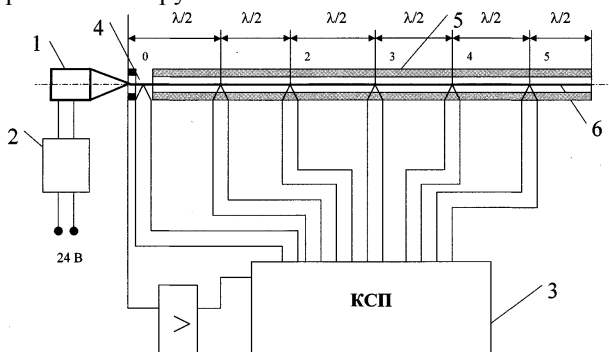


Рис.1 - Установка для изучения тепловых процессов в ультразвуковых волноводах

Известно, что распространение упругой энергии при колебании волновода приводит к затуханию ультразвуковых волн, при этом ультразвуковые металлические волноводы, работающие при амплитудах деформации $10^{-4} - 10^{-3}$ мм заметно нагреваются, так как часть звуковой энергии рассеивается в материал. Причем скорость выделения тепла зависит от амплитуды деформации, которая, как правило, неодинакова по длине гибкого тонкого волновода. В связи с тем, что в гибком волноводе большой длины имеет место бегущая волна, то практически температура усредняется по длине волновода.

В приведенной на рисунке экспериментальной установке, озвучивание волновода осуществляли при помощи ультразвукового пьезопреобразователя от генератора высокочастотных колебаний, питающего от аккумуляторной батареи на 24 В. Акустическая система

настроена на резонансную частоту $26 \pm 0,2$ кГц. Резонансная настройка обеспечивалась по амплитудному значению в цепи питания преобразователя. Исследование температуры по длине волновода проводили без дизтоплива. Измерение температуры осуществляли в точках на расстоянии $\lambda/2$ от места крепления волновода к концентратору ультразвукового генератора. Термопары крепились к поверхности волновода при помощи контактной сварки. Регистрацию ЭДС термопар осуществляли путем непрерывной записи в базу данных на персональный компьютер с последующей расшифровкой записи. Амплитуда колебаний измерялась на входе волноводной системы при помощи специального бесконтактного индуктивного преобразователя, размещенного в пучности колебаний в точке 0 (рис. 1).

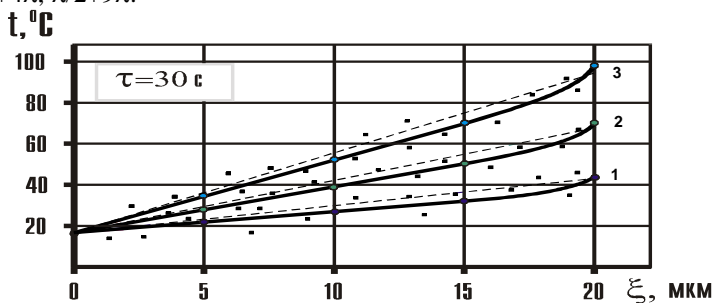
На рис. 2а,б представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований влияния амплитуды ультразвуковых колебаний на входе длинного волновода на распределение температуры в контролируемых точках и время озвучивания.

Установлено, что с увеличением времени озвучивания, температура в контрольных точках растет равномерно и достигает максимального значения на входе за 30 с.

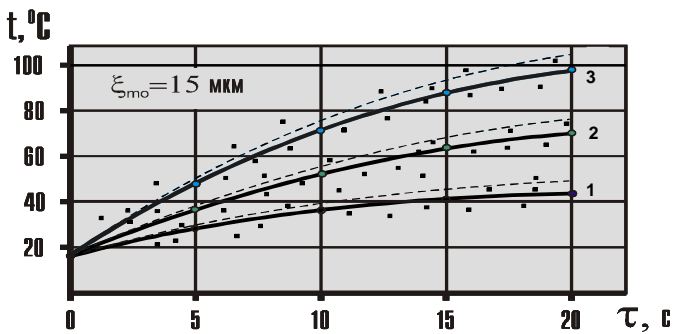
Причем, при дальнейшем увеличении времени озвучивания температура по длине волновода в среднем составляет $\approx 60^\circ$, градиент температуры от 55 до 85° .

Установлено, что с увеличением амплитуды колебаний температура возрастает плавно до амплитуды 15 мкм, а при амплитуде свыше 20 мкм происходит резкое повышение температуры в контрольных точках и разрушение волновода.

Кривые 1, 2, 3 соответствуют распределению температур в точках лежащих от торца преобразователя на расстоянии, соответственно, $\lambda/2$; $\lambda/2+4\lambda$; $\lambda/2+9\lambda$.



а)



б)

— — — - теоретические данные
 ————— - экспериментальные данные

Рис.2- Зависимость температуры волновода от амплитуды колебаний (а) и времени озвучивания (б) волновода

Расхождение теоретических и экспериментальных данных составляет 15-20% и ошибка увеличивается с увеличением амплитуды. Очевидно, что в расчетах не возможно учесть, возникающие в гибком волноводе изгибные и крутильные колебания при увеличении амплитуды свыше 15 мкм. Теоретический расчет основывался только с учетом продольных колебаний волноводов, поэтому полученные экспериментальные исследования позволили внести поправку в расчетные зависимости по амплитуде продольных колебаний.

Второй этап исследований проводился с использованием специально разработанной экспериментальной установки, приведенной на рисунке 3. В топливопровод вводится гибкий проволочный металлический волновод, на который подавались ультразвуковые колебания. В результате чего, за счет диссипации акустической энергии и внутреннего трения и трения о замершую жидкость волновод разогревается, вокруг него образовывается кольцевой микроканал и топливо начинает свободно распространяться по топливопроводу.

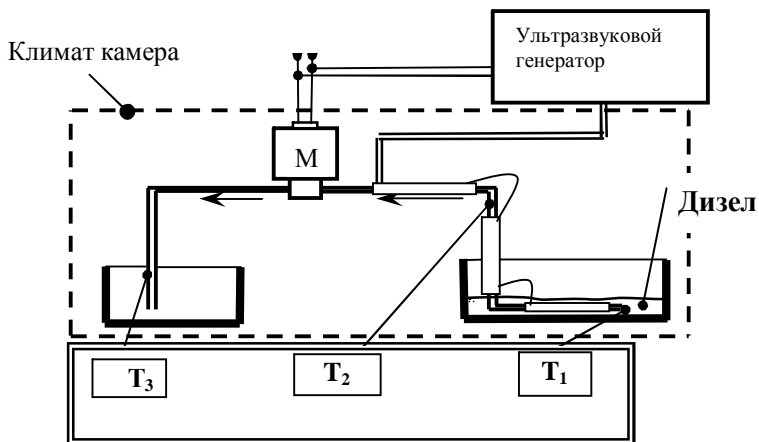


Рис.3- Установка для исследования ультразвукового разогрева дизельного топлива.

При этом ширина проходного сечения канала возрастает, и топливо свободно может перемещаться по трубопроводу. Разработаны и другие способы подвода ультразвуковой энергии, отличающиеся тем, что разогрев топлива осуществляют волноводами изготовленными из ферромагнитного материала или материала обладающего магнитострикционным эффектом за счет воздействия на них переменным магнитным полем с частотой не ниже 1 кГц, которое получают путем подачи на обмотки провода переменного напряжения от ультразвукового генератора, при этом волноводы располагают внутри трубопровода на котором расположены обмотки провода, сами обмотки провода располагают по всей длине волновода на расстоянии относительно друг друга, кратном половине или четверти длины волны продольных колебаний волновода.

Система разогрева испытана в климат камере фирмы [HPF GmbH](#) Германия при температуре -40 градусов (рисунок 3). Вся система перекачки топлива помещалась камеру и выдерживалась до полного замерзания дизельного топлива по всему каналу топливной системы. Контроль температуры осуществлялся при помощи термпар на входе T_1 , в середине T_2 и на выходе T_3 системы. После замерзания всей топливной системы, включался ультразвуковой генератор и при достижении положительной температуры, включался насос М и дизельное топливо перекачивалось из одной емкости в другую.

Исследования показали, что за время разогрева, температура волновода не превышает 40°C , т.к. в начале происходит диссипативный

нагрев при возрастающей скорости ультразвука, а затем, скорость распространения ультразвуковых волн убывает с ростом температуры. Это приводит к тому что температура в жидкости не может быть повышена до критической величины, т.е. происходит саморегуляция системы разогрева топлива в трубопроводе, это обеспечивает взрыво- и пожаробезопасность топливной системы.

На предложенный способ разогрева дизельного топлива при низких температурах и устройство для его осуществления получены Евразийский Патент, патент РБ, патент Германии.

Изготовленная и введенная в эксплуатацию ультразвуковая система позволит быстро восстанавливать проходимость в трубопроводах при низких температурах при малой мощности потребления электроэнергии.

Акустическая система может размещаться на топливопроводах средств передвижения, летательных аппаратов и других аппаратах, где необходимо восстановить проходимость каналов при низких температурах.

Разработка системы осуществлялась совместно фирмой «Sensotronica» Республика Беларусь (www.sensotronica.com), фирмой [HPF GmbH](#) Германия, испытания волноводных систем осуществлялось в лаборатории «Мехатроника» Каунасского технологического университета.

IMPROVING DESIGN OF SUPERHEATERS IN PC-FIRED BOILERS BY PREDICTING DEPOSITION

K. Waclawiak

*Silesian University of Technology, Department of Metallurgy,
ul. Krasinskiego 8, 40-019 Katowice, Poland*

corresponding author: krzysztof.waclawiak@polsl.pl

Deposition in power plant boilers, especially fired by coal, is a problem to their operators. Firstly it decreases energy transfer from combustion gas to water and steam in tubes of heat-transfer surfaces. Secondly deposits, especially at high temperature become aggressive and speed up the corrosion processes. Thirdly lumps of deposits (Fig. 1) can fall off and damage boiler elements. Different mechanisms describe formation of deposits, depending on thermal and flow conditions in boilers. Source of deposition is presence of mineral matter in coal. The overwhelming majority of the minerals in coal are: aluminosilicates, sulfides, carbonates, and silica. There is a number of

proposed mechanism depicting transformation of mineral matter of coal into high-temperature coal ash. Eventually all of them predict solid ash particles, of more or less accurate composition assessed, and some gaseous compounds in combustion gas. Interaction between them is sometimes taken into consideration as well.

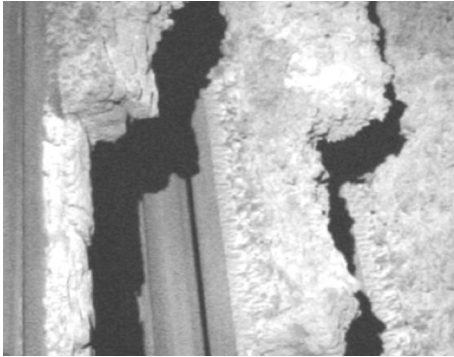


Fig. 1. An example of deposit on superheater tubes in coal fired boilers

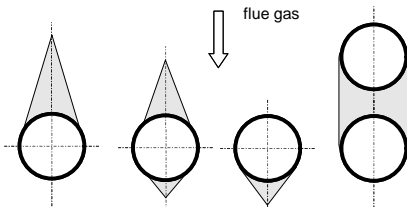


Fig. 2. Various deposit shapes on superheater tubes

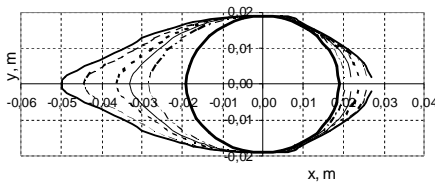


Fig. 3. An example of predicted deposit growth on superheater tubes in coal fired boilers

Deposit shape and height depend on arrangement of the tubes in superheaters too. Balance of forces acting on a particle of ash impacting onto the boiler superheater tube determines if the particle bounces off the surface or stays there building the powder deposit. One of mechanisms describing formation of bonded deposit is that gaseous salts of alkali condense from flue gas onto heat exchange surfaces and create a sticky layer capturing particles of ash.

Slagging and fouling of heat-transfer surfaces is usually assessed by empirical correlations. However a constant progress in fluid dynamics methods can help predict deposition. This presentation shows results of numerical two-dimensional modeling of deposits formation onto superheaters tubes. The mechanisms of various kinds of deposition were implemented with User Defined Files (UDFs) in Fluent-Ansys (computational fluid dynamics) software.

DEFINE_DPM_EROSION procedure defines deposition

flux by using mass flow rate of ash particles, area of the face hit by the particles, and an angle of impaction. In DEFINE_GRID_MOTION procedure shape of the predicted deposit is modelled. The forming deposit insulates the

tube, so the new surface temperature is computed in the procedure DEFINE_PROFILE.

In Fig. 2 typical shapes of deposits are presented, while in Fig. 3 an estimated growth of deposit onto a single tube in function of time is shown. Prepared procedures can be a help to boiler designers and operators. It is possible to test how various tube arrangements, velocity of the flue gas, temperature of the tube surface, ash particles properties like density, size distribution etc. affect deposit growth during boiler operation, making design of this boiler parts more exact and reducing cost of tests in real conditions.

REBURNING AS A WAY TO IMPROVE ENVIRONMENTAL QUALITY OF OPERATION OF CIRCULATING FLUIDIZED BED BOILERS

B. Gradoń, K. Waclawiak, Z. Jastrzb
Silesian University of Technology, Department of Metallurgy,
ul. Krasiskiego 8, 40-019 Katowice, Poland
* corresponding author: boguslaw.gradon@gmail.com*

Apart from NO_x emission, N_2O is an active greenhouse gas too, which reducing to NO , destroys the ozone layer in the atmosphere. Lifetime of N_2O is estimated of about 150 years. The main sources of N_2O emission are natural processes on earth, although human activity cannot be neglected, reaching 20-40% of the total emission [1]. Among human activities agriculture, chemical industry and power industry with fluidized bed boilers are the major contributors to the whole emission. Among boilers especially circulating fluidized bed boilers (cfb) emit large concentrations of N_2O in flue gas up to 380 mg/m^3 [2,3], while the bubbling fluidized bed boilers (bfb) can produce $30\text{-}100 \text{ mg/m}^3$. To reduce N_2O emission from fluidized bed boilers some primary methods are believed to be ready soon. First method is called “reversed air staging”, which is a modification to a traditional air supply distribution. In this method the air supply is increased in the bottom part of the boiler, and decreased in the top part, where the extra fuel is injected. In the second method called “reburning”, extra gaseous fuel is injected into the further part of flue gas duct to increase temperature there and provide conditions for N_2O reduction. The N_2O formation and destruction rates in the fluidised bed combustors depend on many parameters, such as [5-10]: fuel properties, properties of the bed material, power of the boiler, amount and properties of sorbents, fuel feeding and air distribution. Particularly two parameters, bed temperature and air ratio have a significant impact on the N_2O emission level.

Unfortunately these parameters affect simultaneously emission of other pollutants, SO₂, NO and CO, as well as the efficiency of the combustion process. Because of this problem reburning is considered as a simple and simultaneously very effective method [3, 11-13], resulting in the N₂O destruction rate up to 90% [14].

The research was set up with the aim of investigating reduction of N₂O in reburning process through homogenous reactions. To achieve this goal, firstly the experiments were done and then modelling of the process based, on previous experience of NO_x formation. The experiments were done in a horizontal quartz tube reactor of 16 or 34 mm in diameter, and 2.5 or 5 cm⁻¹ wall surface to reactor volume numbers. The reactor was heated up to temperature of 750÷950°C. The mixture of substrates of different composition was supplied from one or more cylinders, through pressure governors, mass flow controllers, and finally mixed before the inlet of the reactor. The excess air ratio was changed from 0.7 to 3.5. The products were extracted from the reactor, cooled, and analysed with FTIR Awatar 350 spectrometer, produced by Nicolet, fitted with liquid nitrogen cooled sensor.

Results of the experiments provided data to investigate what reactions describe properly the reburning process. Combustion process was modelled with Bowman and Miller model or GRI. Formation and reduction of NO_x were analysed with submodel by Tomeczek and Gradoń [15], with in-house computer code COMRATE by B.Gradoń. This code includes 600 reactions for 30 reactants and proved to be useful in describing the combustion process and the nitrogen oxides formation and destruction [16]. The main reactions which can describe the reduction process observed in the experiments were shown in Table 1.

Table 1. The main reactions of N₂O destruction

Reaction
$N_2O+M \rightarrow N_2+O+M$
$N_2O+O \rightarrow N_2+O_2$
$N_2O+H \rightarrow NH+NO$
$N_2O+HCN \rightarrow N_2+HCNO$
$N_2O+CH_3 \rightarrow N_2+CH_3O$
$N_2O+O \rightarrow NO+NO$
$N_2O+H \rightarrow N_2+OH$
$N_2O+OH \rightarrow N_2+HO_2$
$N_2O+CH_3 \rightarrow CH_3N+NO$

For example at temperature of 900°C and air ratio 3.07 the fastest reaction is that of $N_2O+H=N_2+OH$. contributing to nearly 36% of the whole process, while reactions with HCN and CH₃ make 28% contribution. Also reaction of $N_2O+O=NO+NO$ and $N_2O+O=O_2+N_2$ are important. The measured overall N₂O reduction changed 75 to 95%. As it is expected increase in temperature of the process improves reduction efficiency. Literature shows that energy input of extra reburning fuel can be up to 26% in the total

energy input [14]. It seems a lot and means a one-fuel boiler will change into a two-fuel boiler, with a need to adopt the boiler design.

To sum up a lot of positive features of circulating fluidized bed boilers result in increase in N_2O emission from power industry. Reburning method produces condition for reduction of N_2O emission not requiring major changes in boiler desing and operation. Major reactions contributing to N_2O destruction in the reburning zone with methane as a reburning fuel, were identified on base of the experiments. The most important reaction in N_2O destruction is $N_2O+H=N_2+OH$ (around 36% contribution). Important impact of reactions with CH_3 and HCN , was shown. Decrease of reburning fuel consumption can be obtained with addition of extra additives into the reburning zone, especially promising can be Fe, non-toxic and cheap. Future works focus on heterogenous destructions of N_2O with char, ash, additives like dolomite and calcite.

REFERENCES

1. Hayhurst A.N., Lawrence A.D.: Emissions of Nitrous Oxide from Combustion Sources. *Progress in Energy and Combustion Science*. 18, (1992), pp. 369-380.
2. Bonn B., Pelz G., Bauman H.: Formation and Decomposition of N_2O in Fluidized Bed Boilers. *Fuel*, 74, (1995), pp. 165-171.
3. Nowak W.: Emisja zanieczyszczeń z kotłóv fluidalnych. Materiały konferencji „Niskoemisyjne Techniki Spalania”, Ustroń-Zawodzie 1996 (in Polish).
4. Lyngfelt A., Amand L.E., Leckner B.: Reversed air staging - a method for reduction of N_2O emissions from fluidized bed combustion of coal. *Fuel*, 77, (1998), pp. 953-959.
5. Leckner B.: Emissions of Nitrous Oxide from Large Combustion Plants. Paper presented on the meeting of The Second European Climate Change Programme, Topic Group “Other Green House Gases”, Brussels, 2006-01-30.
6. Tarelho L.A.C., Matos M.A.A., Pereira F.J.M.A.: Axial Concentration Profiles and N_2O Flue Gas in a Pilot Scale Bubbling Fluidized Bed Coal Combustor. *Fuel Processing Technology*, 86, (2005), pp. 925-940.
7. Jansohn P., Kaiser T.: Advanced Combustion Technologies for a Wide Spectrum of Fuels. The 5-th Int. Conference on Technologies and Combustion for a Clean Environment, Lisbon, Portugal 1999.
8. Jensen A., Johnsson J.E., Dam-Johansen K.: Nitrogen Chemistry in FBC with Limestone Addition. *Proceedings of 26-th Symposium (Int.) on Combustion*, The Combustion Institute, Pittsburgh 1996, pp. 3335-3342.
9. Glarborg P., Jensen A.D., Johnsson J.E.: Some Aspects of Fuel Nitrogen Conversion in Solid Fuel Fired System. The 6-th Int. Conference on

- Technologies and Combustion for a Clean Environment, Porto, Portugal 2001.
10. Armesto L., Boerrigter H., Bahillo A., Otero J.: N₂O Emissions from Fluidised Bed Combustion. The effect of fuel characteristics and operating conditions. *Fuel*, (2003), 82, pp. 1845-1850.
 11. Reidick A., Kremer H.: Pollutant Formation during Coal Combustion in a CFB Test Furnace. *Proceedings of 26-th Symposium (Int.) on Combustion*, The Combustion Institute, Pittsburgh 1996, pp. 3309-3315.
 12. Leckner B., Gustavsson L.: Reduction of N₂O by Gas Injection in CFB Boilers. *Journal of the Institute of Energy*, 64, (1991), pp. 176-182.
 13. Marban G., Kapteijn F., Moulijn J.A.: Gas Injection as a Measure to Reduce N₂O Emissions from Fluidized Bed Combustion of Coal. *Coal Science*, (1995), pp. 1915-1918.
 14. Marban G., Kapteijn F., Moulijn J.A.: Fuel-Gas Injection to Reduce N₂O Emissions from the Combustion of Coal in a Fluidized Bed. *Combustion and Flame*, 107, (1996), pp. 103-113.
 15. Tomeczek J., Gradoń B.: The Role of N₂O and NNH in the Formation of NO via HCN in Hydrocarbon Flames. *Combustion and Flame*, 133, (2003), pp. 311-322.
 16. Gradoń B.: Rola podtlenku azotu w modelowaniu emisji NO z procesów spalania paliw gazowych w piecach wysokotemperaturowych. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej*, z. 67, *Hutnictwo*, Gliwice 2003 (in Polish).

ОСОБЛИВОСТІ АЛГОРИТМУ ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНКУ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ВІБРАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ГІДРОДРОБОЗМІЦНЕННЯ РІЖУЧОГО ІНСТРУМЕНТУ

*Сілін Р.І., Гордєєв А.І, Сілін Р.С.
Хмельницький національний університет, Україна*

З метою збільшення надійності і довговічності деталей машин, шляхом надання їх поверхневого шару необхідних фізико-механічних властивостей, в наш час в машинобудуванні широко використовують різні методи поверхневого пластичного деформування (ППД), яке є одним із найбільш простих ефективних методів зміцнення [1]. Суть способу вібраційного гідродроброструмінного зміцнення (ВГДСЗ) полягає

в обробці матеріалу кульками, які періодично ежектуються змашуючи – охолоджуючою рідиною, що значно усуває недоліки зміцнення сухим дробом.

Методика проектування та алгоритм розрахунків конструктивних параметрів вібраційного обладнання для гідродробозміцнення, на початку, полягає в слідуючому: вибираємо конструктивну схему обладнання з поворотом деталі [2,3], яка оброблюється (див. рис.1), призначаємо амплітуду коливань A , задаємось діаметром насадка на виході струменя та розраховуємо діаметр камери гідропульсатора. Застосуємо вібраційний ексцентриковий привод. Робоче середовище: олія «Індустріальна 20», сталеві загартовані кульки розмірами від 1мм до 2 мм [1].

Вибираємо діаметр насадка на виході струменя d . Тоді діаметр камери гідропульсатора приймаємо за залежністю: $D = d \cdot 12$.

Проводимо розрахунок внутрішньої форми насадка за умови максимального динамічного напору за формулою [3]:

$$d_x = \sqrt{D_1^2 e^{\frac{\rho \left(\frac{\pi D_0^2}{4} \right)^2}{\frac{m \pi D_1^2}{4}}}}, \quad (1)$$

де D_0, D_1, d_x – відповідно діаметри мембрани, входу в насадок, поточний діаметр насадка.

Знаходимо довжину насадка. $L = (5...6)d_n$. Вісь насадка розташовуємо під кутом від 45^0 до 90^0 до осі деталі, яка оброблюється. Особливістю методики проектування є розрахунок внутрішнього розміру сопла для створення шару робочих тіл – кульок (див.рис.2).

З метою зменшення співударів робочих тіл та розсіювання енергії, робочі тіла всмоктуються, при ході мембрани униз, у прийомний карман в один шар, завдяки певним розмірам вікон h_e , при ході мембрани уверх струмінь рідини викидає їх на поверхню, яка оброблюється.

Діаметральний розмір сопла D_c при різних видах максимальної можливої укладки визначаємо за залежностями:

- з центральною кулькою та розташуванням кульок у шестикутники, кількість кульок шару можна знайти в залежності від номера k – го шестикутника:

$$n_k = 3k^2 + 3k + 5 \quad (2)$$

Тоді діаметр сопла має вираз:

$$D_c = d \sqrt{k^2 - k + 1 + 1} \quad (3)$$

- з відсутньою центральною кулькою, укладкою е концентричні трикутники. Кількість кульок у шарі сопла:

$$n_k = 3k^2 \quad (4)$$

Розрахунковий діаметр сопла має вираз:

$$D_c = d \left(2 \sqrt{k^2 - k + \frac{1}{3} + 1} \right) \quad (5)$$

З урахуванням щільності укладки та забезпечення необхідних зазорів для зменшення тертя

Рис. 1 – Установка для гідродробоструменевого змичнення інструментів та деталей машин: 1 – рама; 2 – вібропривод; 3 – мембрана; 4 – камера; 5 – насадок; 6 – отвори; 7 – сітка; 8 – гайка; 9 – сопло; 10 – трубка; 11 – кільце; 12 – розділююча сітка; 13 – ванна; 14 – кришка; 15 – оброблюваний виріб; 16 – шпindelь; 17 – двигун-редуктор; 18 – кульки

між кульками, при їх заповненні, остаточно визначаємо внутрішній розмір сопла (рис.2) за залежністю:

$$D_c = D_n + 0,2 \text{ мм.} \quad (6)$$

Кількість прийомних вікон приймаємо 3 штуки. Висоту прийомних вікон h_e визначаємо за залежністю:

$$h_e = d_k + 0,3 \text{ мм.} \quad (7)$$

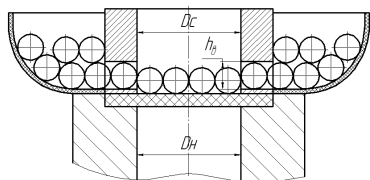


Рис. 2 – Конструктивна схема визначення розміру сопла D_c та висоти прийомних вікон h_k

Якщо частота коливань, отримана при максимальному тиску, не співпадає із стандартними числами електродвигунів, то при повторному розрахунку максимального тиску, використовуючи оригінальну програму «Визначення тиску», проводимо коректування частоти коливань f змінюючи амплітуди коливань A у відповідну сторону (збільшення амплітуди A зменшує значення частоти коливань f при максимальному тиску і навпаки).

За допомогою оригінальної програми «Гідродробозміцнення» (див.рис.3) [3], задавшись глибиною зміцненого шару поверхні, визначаємо максимальну енергію удару кульки E_y

Згідно формули (8) [4] уточнюємо глибину зміцненого шару поверхні інструменту або деталі при динамічному вдавлюванні кульки і відомій енергії удару E_y та розміру кульки:

$$h = \sqrt[4]{\frac{k_2^4 \cdot \pi^2 \cdot b^2 \cdot d_k \cdot E_y}{1,6 \cdot k_3 \cdot HB}}, \quad (8)$$

де $K_2 \approx 2$ – співвідношення найбільшого діаметру відбитку до діаметру відбитку, отриманому при першому ударі кульки;

$b = \frac{HB}{2\sigma_T}$ - простійна величина для більшості металів;

d_k – діаметр кульки;

E_y – енергія удару кульки;

K_3 - коефіцієнт динамічної твердості $k_3 = \frac{H_a}{HB}$,

де $H_a = \frac{32 \cdot E_y \cdot d_k}{\pi d^4}$.

Проводимо розрахунок максимального тиску у насадку, за прийнятими параметрами, та визначаємо частоту коливань віброприводу за допомогою оригінальної програми «Визначення тиску» [3].

Отримуємо максимальний тиск P_{max} , мПа та частоту коливань f , Гц.

ВІБРАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ СТРУМЕНЕВО-ПУЛЬСУЮЧОГО ТИПУ ДЛЯ ПРОМИВАННЯ ОТВОРІВ ВІД СТРУЖКИ

*Сілін Р.І., Гордєєв А.І, Сілін Р.С.
Хмельницький національний університет, Україна*

При виготовленні різних корпусних деталей, таких як газові і водяні лічильники, існує проблема очищення отворів в корпусах лічильників від стружки після операції різьбонарізання та залишків жирових і змащувально-охолоджувальних рідин. Традиційні методи, продуванням вручну стисненим повітрям, надто трудомісткі і часто недостатньо ефективні.

Одним з способів промивки деталей від забруднень та стружки є спосіб, в якому використовується зворотно - поступальний рух рідини через насадок з гострими крайками на вході в насадок [1,2] . Цей спосіб промивки є різновидом струменево - пульсаційного способу очистки. При цьому використовується імпульсний гідродинамічний ефект збільшення швидкості руху рідини, а відтак і кінетичної енергії потоку рідини, при витіканні крізь насадок у гідропульсаторі. Накладання коливань на рідину, за допомогою вібраційного приводу, призводить до пульсації потоку рідини, його турбулізації і при проходженні крізь насадок з гострими крайками виникає кавітація, що прискорює процес промивки внаслідок турбулентного обміну між шарами потоку. До того ж використання направленої пульсуючої струменю з гідропульсатора дозволяє проводити процес промивки в обмеженому об'ємі рідини, що дозволяє економно витратити очисну рідину. За певних умов при протіканні пульсуючого потоку рідини через насадок з гострими крайками на вході відбувається виділення повітря, розчиненого в рідині у вигляді газових пухирців, і на виході з насадка отримується газорідинна суміш. Газові пухирці мають досить малі розміри і ведуть себе як «тверді домішки», посилюючи очисну дію пульсуючого потоку рідини при його розтіканні в отворі, що очищується.

При проектуванні устаткування для віброгідравлічної очистки важливо вибрати параметри робочого органа, які забезпечують максимальні значення вихідних характеристик устаткування - сили гідродинамічного тиску і швидкості руху потоку після його виходу з насадка. До числа цих параметрів входять конструктивні параметр гідропульсатора: діаметр та довжина пульсаційної камери, діаметр насадка, гідравлічні характеристики насадка і параметри приводу, що забезпечують потрібний коливальний процес - амплітуда та частота

коливань. Для описання коливального руху рідини в устаткуванні утворення пульсуючого газорідинного потоку з метою визначення взаємозв'язку конструктивних параметрів та режимів роботи приводу, складене диференціальне рівняння, виходячи з енергетичного балансу руху рідини:

$$\frac{F_n}{g} \gamma \frac{L}{F_k} \frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{F_n \omega x^{\max}}{2g} \frac{\gamma}{F_k} \xi \frac{dx}{dt} + \gamma \frac{F_n}{F_k} x = \Delta p \frac{\sin(\omega H_n / c)}{\cos(\omega H_p / c)} \sin \omega t, \quad (1)$$

де F_n - площа перерізу насадка;

g - прискорення вільного падіння;

γ - питома вага рідини; L - довжина пульсаційної камери;

F_k - площа перерізу пульсаційної камери;

ω - кутова частота пульсацій;

x^{\max} - максимальна амплітуда пульсацій;

$\psi = \zeta + \lambda \frac{l_n}{d_n}$ - гідравлічні характеристики насадка;

ζ - коефіцієнт місцевого опору насадка; λ - коефіцієнт гідравлічного опору насадка;

Δp - перепад тиску в пульсаційній камері гідропульсатора;

H_n - рівень під поверхнею, на якому знаходиться насадок;

H_p - висота стовпа рідини від поверхні до мембрани гідропульсатора;

c - швидкість переміщення гідравлічного удару.

Частковий розв'язок диференціального рівняння можна записати у формі:

$$x^* = \frac{\Delta p}{\sqrt{(a_3 - a_1 \omega^2)^2 + a_2^2 \omega^2}} \sin \left(\omega t + \arctg \left(- \left(\frac{a_2 \omega}{a_3 - a_1 \omega^2} \right) \right) \right), \quad (2)$$

де $a_1 = \frac{d_n^2 L \rho}{D_k^2}$, $a_2 = A \mu \psi \omega$, $\psi = \varepsilon \varphi$, $a_3 = \frac{\gamma d_n}{D_k}$,

Звідки отримуємо D_k - діаметр камери; d_n - діаметр насадка.

Запропонована методика розрахунку та проектування робочого органа устаткування для віброгідравлічної очистки, яка розроблена на основі аналітичної моделі (1) і експериментальних досліджень,

розроблено ескізний проект типової установки прохідного типу для очистки отворів від стружки в корпусі газового лічильника (рис.1).

Обладнання працює слідуєчим чином: деталі 1 (див.рис.2) встановлюються на цангові оправки, розташовані на диску 2, що обертається від приводу 3. Диск занурює деталі у ванну з миючою рідиною. Вони послідовно проходять напроти насадків з яких б'ють пульсуючі струмені рідини, які очищають отвори. Пульсуючі струмені рідини утворюються за допомогою мембранного гідропульсатора, який з'єднано з ексцентриковим приводом 4. При виході з ванни деталі знімаються з цанги та просушуються.

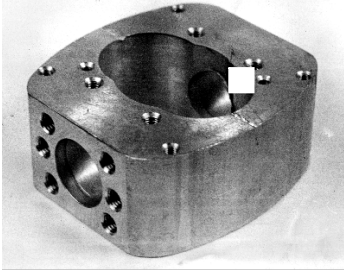


Рис. 1 - Корпус водяного лічильника з різьбовими отворами

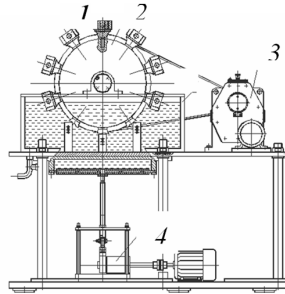


Рис. 2 - Установка для промивання від стружки порожнини корпусу газового лічильника: 1 – деталь; 2 – диск; 3 – привод; 4 – вібропривод

Література:

1. Гордеев А.И. Исследование гидропульсаторов и использование их в устройствах для обработки поверхностей деталей/ А.И.Гордеев, Р.И. Силин // Республ. межведомств. н-т сб. «Автоматизация произв. проц. в машиностр. и приборостроении», Львов, Вып. 29, 1990, С.54-59.
2. Гордеев А.И. Використання вібраційних гідропульсаторів в технологічних процесах / Праці між нар. н-т конфер. "Прогресивна техніка і технологія приладобудування і зварювального виробництва", Том 3, Київ, 1998, С. 285-287.
3. Сілін Р.І. Применение гидропульсатора как модуля при проектировании вибрационных машин /Р.І. Сілін, А.І. Гордеев // Materialy 3 Międzynarodowej konferencji Naukowo-Technicznej-MTK 2002. МЕХАНІКА. Z.59: Modulowe technologie i konstrukcie w budowiej maszyn. – Rzeszow. – 2002. – С.29–33.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ АВТОМАТИЧНОГО БАЛАНСУВАННЯ (САМОБАЛАНСУВАННЯ) РОТОРІВ МАШИН РІДИННИМИ РОБОЧИМИ ТІЛАМИ

*Ройзман Вілен Петрович, Банах Людмила Яківна, Нікіфоров Андрій,
Драч Ілона Володимирівна, Ткачук Віталій Павлович
Хмельницький національний університет
Україна, 29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 11
Тел. (0382) 728743, Факс (03822) 23265, E-mail: roizman@mailhub.tup.km.ua*

Для машин із змінним дисбалансом ротора і при балансуванні роторів машин без зупинки в експлуатаційних умовах традиційні методи зниження вібрацій малоефективні. До таких машин належать сепаратори та центрифуги, які використовуються в різних галузях народного господарства (харчовій, хімічній, цукровій, гірничій і т.д.), медицині, побуті. Найбільш надійним, перспективним, а часто і єдиноможливим методом зниження вібрацій таких машин є автоматичне балансування за допомогою пристроїв з вільним переміщенням коригувальних мас [1].

Дана робота присвячена дослідженню фундаментального явища природи – самобалансування ротора за допомогою пасивних автобалансуючих пристроїв (АБП), які мають вигляд порожнистої камери, частково заповненої робочими тілами (рідиною, сипучими тілами) і є пасивними регуляторами прямої дії, що не потребують підводу енергії та системи керування для переміщення корегуючих мас.

Першим етапом теоретичного дослідження було побудова і аналіз математичних моделей стаціонарного руху в жорстких опорах жорсткого ротора з циліндричною камерою, що містить рідину з вільною поверхнею. Розглянуті випадки необмеженої і обмеженої зверху камери, ексцентрично і симетрично розташованої на валу. У кожному з випадків на основі інтегрування диференціальних рівнянь рівноваги рідини установлені закони розподілу тиску в рідині, що знаходиться в стані відносного спокою і визначені форми поверхонь рівного тиску. Аналіз побудованих моделей вказує на те, що автоматично збалансувати жорсткий ротор у жорстких опорах рідиною неможливо.

Далі розглянуто механічну систему, яка є гнучким ротором з циліндричною камерою, що містить рідину з вільною поверхнею, і побудовано математичну модель її стаціонарного руху [2]. В основу математичної моделі покладено принцип найменшої дії у формі Гамільтона-Остроградського. Складено рівняння стаціонарних рухів в явному вигляді.

$$\frac{\partial W}{\partial \gamma_1} = -\omega^2 \left[(A-C)\gamma_1 + D\gamma_1\gamma_2\gamma_3^{-1} - E(\gamma_3 - \gamma_1^2\gamma_3^{-1}) - F\gamma_2 \right] + M_c g (x_c - z_c\gamma_1\gamma_3^{-1}) = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial W}{\partial \gamma_2} = -\omega^2 \left[(B-C)\gamma_2 - D(\gamma_3 - \gamma_2^2\gamma_3^{-1}) + E\gamma_1\gamma_2\gamma_3^{-1} - F\gamma_1 \right] + M_c g (y_c - z_c\gamma_2\gamma_3^{-1}) = 0,$$

де $W = \frac{1}{2} \frac{k_0^2}{I} + \Pi$ - змінена потенціальна енергія системи тверде тіло-рідина; Π - потенціальна енергія діючих на систему активних сил: сили тяжіння і відцентрової сили; k_0 - значення сталої для випадку рівномірного обертання всієї системи з кутовою швидкістю ω ; I_0 - значення I (моменту інерції системи) для усталеного руху, A, B, C - осьові моменти інерції; D, E, F - відцентрові моменти інерції системи; M - маса системи; x_c, y_c, z_c - координати центра ваги системи; γ_i - проекції орта нерухомої осі на рухомі осі.

Визначено розв'язок рівнянь (1),

$$\gamma_1 = \gamma_2 = 0, \gamma_3 = 1, \quad (2)$$

якому відповідає умова автобалансування. Розв'язок (4) має місце при будь-якій величині ω ($\omega \neq 0$). З умови стійкості стаціонарних рухів системи визначено, що висота циліндричної порожнини h має бути значно менша за її радіус R .

Дослідження даної просторової моделі стаціонарного руху ротора з циліндричною порожниною, яка частково заповнена рідиною, показує, що автобалансування рідиною можливе при стаціонарних рухах системи з будь-якою кутовою швидкістю. Однак запропонована модель не дає пояснення, як саме і під дією яких сил відбувається переміщення рідини в камері АБП.

Тому наступним етапом дослідження була розробка математичної моделі переміщення рідини в камері АБП під впливом зміни сумарного дисбалансу системи і прогину. Для цього розглянуто роботу найпростішої роторної системи, що містить у собі АБП із рідиною (дисбаланс якої є меншим за дисбаланс ротора) для вертикального гнучкого ротора на двох жорстких опорах, що обертається з кутовою швидкістю ω при різних її значеннях ($\omega = 0$, $\omega \ll \omega_{кр}$, $\omega < \omega_{кр}$, $\omega \approx \omega_{кр}$, $\omega > \omega_{кр}$). У кожному з випадків побудовано геометричну модель поведінки системи [3].

Основна ідея полягає в тому, що при швидкості обертання системи $\omega < \omega_{кр}$ зовнішній опір (сили тертя в підшипниках, сили тертя циліндра об повітря і т.д.) обумовлює відставання площини прогину ($I - I$) від площини сумарного дисбалансу (OC_c) на фазовий кут δ (рис.1) і виникаюча при цьому тангенціальна складова T відцентрових сил інерції

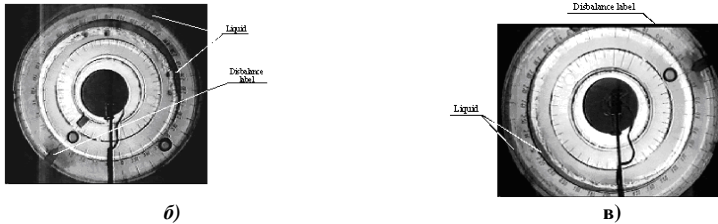


Рис.2 - Розташування робочих тіл при: а) дорезонансній; б) резонансній; в) зарезонансній частоті обертання ротора

Таким чином, відеозапис положення рідини наочно підтвердив, що робочі тіла намагаються встановитися проти дисбалансу і дозрівноважити ротор не тільки на робочих частотах обертання, але й на резонансі, а також ще задовго до резонансу.

Література:

1. Ройзман В.П., Драч І.В., Ткачук В.П. Вібрації та автоматичне балансування машин із змінним дисбалансом // Матеріали І Україно-Польської наукової конференції „Сучасні технології виробництва в розвитку економічної інтеграції та підприємництва”. – смт.Сатанів: Технологічний університет Поділля. – 2003. – С.176-177.
2. V.Royzman, I.Drach. Improving theory for automatic balancing of rotating rotors with liquid self balancers // ISSN 1392 - 1207. МЕХАНІКА. 2005. №.4(54). Р.38-44.
3. Ройзман В.П., Драч І.В., Ткачук В.П. Теорія автоматичного балансування роторів машин рідинними робочими тілами // Вібрації в техніці та технологіях. – 2007. - №1. С.45-50.
4. Ройзман В.П., Малигін О.В., Чоловський Р.Г., Борко І.В. Експериментальні дослідження роботи авотбалансира // Сборник трудов II междунар. конференции «Динамика роторных систем». – г. Каменец-Подольский. – 1998. – С.91-96.

Автори висловлюють подяку державним фондам фундаментальних досліджень України та Росії, за підтримкою яких виконувалась ця робота в рамках спільного російсько-українського проекту Ф 28.1/001 «Дослідження динаміки і зниження вібрацій роторних машин з врахуванням гідродинамічної взаємодії їх елементів».

СЕКЦИЯ ЭКОНОМИКИ, УПРАВЛЕНИЯ И ОБРАЗОВАНИЯ

МОТИВАЦИЯ РАБОТНИКА: ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ

Костин Д.Ю.

Экономический успех развития Китая побуждает к стремлению изучить его методы и механизмы организации оплаты труда. В Китае она представляет собой сложную систему стимулирования населения к трудовой деятельности, основанную на использовании его разнообразных экономических интересов. Стремясь выжить и добиться успеха в условиях мировой экономики, Китай стал уделять внимание поиску новых форм организации и мотивации труда. Каждая компания, исходя из своих специфических условий функционирования и потребностей, для повышения эффективности производства внедряет разные системы и формы оплаты труда [1,2].

В КНР действующий механизм оплаты труда не способствует полной реализации трудового потенциала работников. В стране пока еще не сформирована такая социально-экономическая среда, в которой уважают квалифицированных работников и материально вознаграждают за компетентность и творческое отношение к труду.

Основными правовыми документами, регулирующими трудовые отношения в Китае, являются: Конституция, Трудовой кодекс (Закон о труде КНР), «Временное положение об уплате взносов на социальное страхование», закон «О трудовых договорах». В Трудовом кодексе законодательно закреплены права и обязанности трудящихся, работодателей и других сторон, участвующих в трудовых отношениях. С 22 января 1999 г. действует «Временное положение об уплате взносов на социальное страхование», согласно которому работодатель обязан ставить всех работников на персональный учет и платить на обязательное социальное страхование. В стране наблюдается многочисленное нарушение трудовых прав работников. Встречаются случаи их обмана, когда работодатели не выдавали заработную плату, задерживали ее, выплачивали сумму, меньше оговоренной в устном порядке при приеме на работу. С 1 января 2008 г. вступил в силу закон «О трудовых договорах», который обеспечивает защиту работника от произвола работодателя. Закон предъявляет более высокие требования к работодателю за невыполнение норм Трудового кодекса.

Китай накопил большой и разнообразный опыт организации заработной платы и других форм мотивации труда на предприятиях, в учреждениях и организациях, который в определенной мере можно использовать в Украине.

В экономике Беларуси теневая заработная плата - сегодня одна из самых актуальных проблем [3,4]. Причин несколько - страна

недополучает налоги, что приводит к дефициту денежных средств в социальных фондах, деформируется рынок труда, развивается недобросовестная конкуренция, снижается социальная защищенность работников.

Несмотря на то, что теневые выплаты в последние годы несколько сократились, они составляют значительную долю в оплате труда. Наибольшую «теневую» заработную плату получают руководители и высококвалифицированные специалисты.

В Беларуси с экономической точки зрения уже созданы необходимые предпосылки для выхода заработной платы «из тени» (относительно низкий подоходный налог, отмена многих налогов на предприятия, рост оплаты труда для низкооплачиваемых работников и др.). В то же время узкими местами являются слабость практики правоприменения и общий строй ценностных ориентации населения (доверие граждан к реформам в области пенсионного обеспечения, здравоохранения и т.п.).

Проблема вывода заработной платы «из тени»- комплексная, и ее решение может быть обеспечено за счет реализации системы мер в области законодательного, экономического и административно-организационного регулирования.

В структуре заработной платы работников в энергетической отрасли Словакии 60,5% составляла базовая ставка, 5,92 – дополнительные выплаты и 18,09% - премии и бонусы. В структуре затрат в энергетической отрасли 67,16% составляли прямые затраты и 32,14% составляли косвенные затраты. Динамика средней месячной заработной платы довольно сильно коррелирует с динамикой производительности труда [5].

Выводы. В условиях мировых глобализационных экономических процессов важная роль на рынке труда принадлежит системам мотивации работника, поскольку процесс труда, его эффективность неразрывно связаны с уровнем и качеством жизни населения.

Приведенный опыт разных стран предполагает наличие разных форм и методов мотивации труда работника, и являются методическим материалом для совершенствования системы мотивации в Украине.

Литература

1. Морозова В.В. Оплата труда: Китайский опыт [Текст] / В.В. Морозова // Проблемы прогнозирования и государственного регулирования социально-экономического развития: материалы XI Междунар. науч. конф. (Минск, 14-15 окт. 2010 г.) Т.2. – Минск: НИЭИ М-ва экономики Респ. Беларусь, 2010. – С. 269-270.

2. Вей Фэн, Хуан Чуньган. Китай: чело веские ресурсы и рынок труда [Текст] / Ф. Вей, Ч. Хуан // Человек и труд. – 2007. - №1. – С. 4-6.

3. Шарова К.И. Особенности использования человеческого капитала в реальном секторе экономики [Текст] / К.И. Шарова // Проблемы прогнозирования и государственного регулирования социально-экономического развития: материалы XI Междунар. науч. конф. (Минск, 14-15 окт. 2010 г.) Т.2. – Минск: НИЭИ М-ва экономики Респ. Беларусь, 2010. – С. 298-300.

4. Корж Г.Ш. Проблемы выплаты заработной платы «в конвертах» и основные подходы к её решению в Республики Беларусь [Текст] / Г.Г. Корж // Проблемы прогнозирования и государственного регулирования социально-экономического развития: материалы XI Междунар. науч. конф. (Минск, 14-15 окт. 2010 г.) Т.2. – Минск: НИЭИ М-ва экономики Респ. Беларусь, 2010. – С. 237-239.

5. Костин Д.Ю. Производительность труда и доход персонала в тенденциях развития энергетической отрасли Словакии (зарубежный опыт) [Текст] / Д.Ю. Костин // Бизнес Информ. - №3. – 2008. – С. 61-66.

НОВЫЕ ИДЕИ В УПРАВЛЕНИИ НОВОВВЕДЕНИЯМИ

Костин Ю.Д., Уцаповский К.В.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

61166, г. Харьков, ул. Авиационная, 1, кв. 40

тел. (057)702-50-90, e-mail olechka109@rambler.ru

В наиболее общем виде нововведения (инновации) можно охарактеризовать как внедрение новшеств в производственную, маркетинговую, инвестиционную и финансовую деятельность организации, качественные изменения видов, форм и методов ее хозяйственной деятельности, обусловленные внешними причинами и внутренними возможностями. Выделяют следующие признаки инновации [1]:

- научно-техническая новизна, совокупность новых знаний;
- способность удовлетворить определенные запросы потребителей, которая означает, что новшество «воспринято» рынком, т.е. реализуемо на рынке;
- эффект (экономический, технический, социальный), необходимый для воспроизводства инновационного процесса.

Можно назвать по меньшей мере три системные проблемы, которые сдерживают инновационную деятельность в Украине.

Во-первых, государственное управление инновационной деятельностью осуществляется без четко сформулированной стратегии научно-технологического и инновационного развития, построенного государственного менеджмента ее реализации, последовательной и взвешенной внешней и внутренней экономической политики.

Во-вторых, в Украине слишком долго длится процесс перераспределения собственности путем приватизации государственного имущества.

В-третьих, мировой рынок высокотехнологичных товаров и услуг уже фактически сформирован, и Украине как субъекту придется отвоевывать свое место в международном разделении труда, а это сделать очень непросто.

На сегодня мы имеем валовой национальный продукт, который в пересчете на одного украинца в 20 раз меньше, чем на каждого финна, в 25 раз меньше, чем на каждого Сингапура [2].

В рыночных условиях инновационный процесс должен обеспечиваться несколькими источниками финансирования.

Финансирование инновационных фирм – это совокупность форм и методов, принципов и условий финансового обеспечения их инновационной деятельности. Предприятие не может планировать какие-либо инвестиции, не имея источников финансирования.

Финансирования деятельности инновационного предприятия делятся на внутренние (собственный капитал) и внешние (заемный и привлеченный капитал). Внутреннее финансирование предполагает использование собственных средств, прежде всего чистой прибыли и амортизационных отчислений. Оно имеет ряд преимуществ:

- пополнение из прибыли собственного капитала повышает финансовую устойчивость предприятия;
- формирование и использование собственных средств происходит стабильно;
- минимизируются расходы по внешнему финансированию (по обслуживанию долга кредиторам);
- упрощается процесс принятия управленческих решений по развитию предприятия, так как источники покрытия дополнительных затрат известны заранее.

Отличительными особенностями организации финансирования инновационной деятельности (помимо ее целевой ориентации) являются: 1) множество источников финансирования, обеспечивающих комплексность охвата им разнообразных направлений инновационного процесса, разных его субъектов, 2) способность гибко приспосабливаться к динамично изменяющимся условиям внешней среды с целью

обеспечения максимальной эффективности использования финансовых ресурсов. Рост финансовой отдачи от реализации инновационных проектов выступает в качестве важнейшего обобщающего показателя, на основе которого определяют конечные результаты инновационной деятельности и действенность финансовой политики, реализуемой самими хозяйствующими субъектами, комплексным экономическим субъектом - государством.

Привлечение средств для финансирования инновационной деятельности возможно на основе коммерческого кредитования, предусматривающего предоставление поставщиками своим покупателям кредита в виде отсрочки платежа, оформляемого векселем. Вексельный оборот в сфере инновационной деятельности может получить распространение при принятии заказчиком (векселедателем) обязательств уплатить исполнителям инновационных работ сумму, указанную в векселе (простой вексель), либо уплатить причитающуюся сумму своим кредиторам - соисполнителям (переводной вексель) за поставленные материалы, оборудование и прочее при распространении страховых услуг на риски, связанные с научно-исследовательской и инновационной деятельностью и могущие привести к неприятию заказчиком инновационного продукта в целом или его отдельных объектов.

Формами государственной поддержки инновационной деятельности являются:

- прямое финансирование;
- предоставление индивидуальным изобретателям и малым внедренческим предприятиям беспроцентных банковских ссуд;
- создание венчурных инновационных фондов, пользующихся значительными налоговыми льготами;
- снижение государственных патентных пошлин для индивидуальных изобретателей;
- отсрочка уплаты патентных пошлин по ресурсосберегающим изобретениям;
- реализация права на ускоренную амортизацию оборудования;
- создание сети технополисов, технопарков и т.п.

Проблемы инновационного развития Украины стоят очень остро и требуют кардинальных решений. Необходимо создание нового механизма координации деятельности всех участников инновационного процесса как по горизонтали, так и по вертикали посредством рыночных рычагов. Это налоги, цены, государственные заказы, кредиты, кадры специалистов, бизнес-парки, различные программы, проекты, информационно-консультационная и маркетинговая поддержка.

В целях совершенствования государственного финансирования инновационных процессов в бюджете целесообразно выделить в качестве направления финансирования инновации в приоритетных стратегических областях, т.е. в создании высокоэффективных технологий, машин и оборудования. Принципиально новым качеством раздела инноваций в бюджете должно стать возвратное инвестирование развития малых предприятий и венчурных фирм на основе участия их в инновационных программах, прошедших государственную экспертизу.

Инструментами государственного регулирования инновационно-инвестиционного процесса должны стать:

- социально-экономические и научно-технические прогнозы государственной политики в области финансов, цен, денежного обращения, воспроизводственной, структурной политики и др.;

- государственно-административные, общеэкономические и рыночные регуляторы;

- федеральные и региональные программы, балансы и модели оптимизации экономических процессов;

- государственные заказы и современные контрактные системы;

- индикативные механизмы и регуляторы деятельности предприятий и организаций государственной и других форм собственности.

Выводы. Процесс формирования денежных средств, направляемых на инновационную деятельность, имеет большое значение. Рационально построенная стратегия стимулирования инновационной деятельности и венчурного инвестирования в условиях Украины может способствовать эффективному использованию конкурентных преимуществ, связанных с наличием в стране, как природных ресурсов, так и научно-технического потенциала.

Литература

1. Чхугашвили Л.В. Управление инновационно-инвестиционным процессом в экономике России [Текст] / Л.В. Чхугашвили // Проблемы прогнозирования и государственного регулирования социально-экономического развития: материалы XI Междунар. науч. конф. (Минск, 14-15 окт. 2010 г.) Т.4. – Минск: НИЭИ М-ва экономики Респ. Беларусь, 2010. – С. 169-175.

2. Швец Г.А. Проблемы функционирования инновационной системы Украины [Текст] / Г.А. Швец // Проблемы прогнозирования и государственного регулирования социально-экономического развития: материалы XI Междунар. науч. конф. (Минск, 14-15 окт. 2010 г.) Т.4. – Минск: НИЭИ М-ва экономики Респ. Беларусь, 2010. – С. 175-177.

АЛГОРИТМ ОПЕРАТИВНО-КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Петровская С.В., Тюпишева О.Ю.

*Национальный авиационный университет, Украина
03680 г. Киев, пр. Космонавта Комарова, 1, тел. (044) 497-81-96*

E-mail: post@nau.edu.ua

В энергетике при построении практических расписаний функционирования сложных обслуживающих систем, как правило, длительность выполняемых операций заранее неизвестны и не всегда удается определить закон распределения вероятностей случайных длительностей операций (примером может служить газотранспортное предприятие), подлежащих выполнению. Иными словами в практических задачах оперативно-календарного планирования при построении расписаний обслуживания требований, как правило, известны только интервалы возможных значений длительностей операций, которые требуется выполнить в обслуживающей системе [1,2].

Следует также отметить, что в практических задачах оперативно-календарного планирования число n обслуживаемых требований может быть довольно большим, что определяет необходимость использования на практике эффективных (т.е. полиномиальных) алгоритмов для решения практических задач оперативно-календарного планирования в энергетике:

Множество требований $J = \{J_1, J_2, \dots, J_n\}$ одновременно поступает в обслуживающую систему, состоящую из одного прибора. Требование $J_i \in J$ должно быть обслужено прибором в течение времени p_i , для которого на момент построения расписания известна лишь нижняя граница $a_i \succ 0$ и верхняя граница $b_i \geq a_i$. Иными словами, составителю расписания известны только включения $p_i \in [a_i, b_i]$ $j \in \{1, 2, \dots, n\}$, причем законы распределения вероятностей случайных величин p_i , в интервалах (a_i, b_i) , $j \in \{1, 2, \dots, n\}$ составителю расписания не известны. Каждому требованию $J_i \in J$ приписан вес $w_i \succ 0$, определяющий его важность.

Задача $1 | a_i \leq p_i \leq b_i | \sum w_i C_i$ заключается в построении такой перестановки обслуживания требований $J = \{J_1, J_2, \dots, J_n\}$, при которой суммарное взвешенное время $\sum_{i=1}^n w_i C_i$ обслуживания требований принимает наименьшее значение. Здесь и далее C_i , обозначает момент завершения обслуживания требования $J_i \in J$.

Пусть S - множество всех $n!$ перестановок $\pi_i = (J_{i_1}, J_{i_2}, \dots, J_{i_n})$ n «требований» из множества $J : S = \{\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_{n!}\}$. Пусть T обозначает множество допустимых векторов длительностей обслуживания требований $p = (p_1, p_2, \dots, p_n)$:

$$T = \left\{ p \in R_+^n : a_i \leq p_i \leq b_i, J_i \in J \right\}$$

Поскольку вектор T может оставаться неопределенным вплоть до момента завершения обслуживания требований J , то и момент завершения C_i обслуживания требования $J_i \in J$, вообще говоря, нельзя определить на стадии построения расписания. Таким образом, задача $1 | a_i \leq p_i \leq b_i | \sum w_i C_i$, по сути, является неопределенной, поскольку значения целевой функции для различных перестановок из множества S не определены вплоть до момента завершения обслуживания требований J .

Для такой неопределенной задачи $1 | a_i \leq p_i \leq b_i | \sum w_i C_i$ может не существовать перестановки $\pi_i \in S$, которая оставалась бы оптимальной для всех детерминированных задач $1 | p | \sum w_i C_i$, порождаемых неопределенной задачей $1 | a_i \leq p_i \leq b_i | \sum w_i C_i$ в результате фиксации того или иного напора длительностей обслуживания требований $p \in T$. Поэтому в монографиях [1,2] при решении неопределенной задачи $1 | a_i \leq p_i \leq b_i | \sum w_i C_i$ на этапе составления расписания обслуживания требований строилось не одно расписание (как это делается при решении детерминированной задачи $1 | p | \sum w_i C_i$), а строилось минимальное по включению подмножество $S(T)$ множества

перестановок S , которое доминирует все перестановки множества S по критерию минимизации суммарного взвешенного времени $\sum_{i=1}^n w_i C_i$.

Иными словами, для каждого вектора $p \in T$ длительностей обслуживания требований множество $S(T)$ должно содержать хотя бы одну оптимальную перестановку для задачи $1 | p | \sum w_i C_i$, с вектором $p \in T$ длительностей обслуживания требований, причем ни одно собственное подмножество множества $S(T)$ таким свойством не обладает.

Решение $S(T)$ задачи $1 | a_i \leq p_i \leq b_i | \sum w_i C_i$ можно определить в результате построения орграфа $G = (J, A)$ отношения доминирования требований из множества J . Орграф $G = (J, A)$ можно построить за время $O(n^2)$ в результате проверки условий доминирования требований, доказанных в статьях [3,4]. Требование J_u доминирует требование J_v относительно T , если существует множество $S(T)$ для задачи $1 | a_i \leq p_i \leq b_i | \sum w_i C_i$, в котором все перестановки имеют вид $(\dots, J_u, \dots, J_v, \dots)$ или (\dots, J_u, J_v, \dots) .

Для практической реализации предлагается выбирать из множества $S(T)$ перестановку с максимальным объемом многогранника устойчивости согласно следующему определению.

Определение. Пусть существует вектор $p \in T$, при котором перестановка $\pi_k \in S$ является оптимальной для задачи $1 | p | \sum w_i C_i$. Максимальный замкнутый многогранник

$$SB(\pi_k, T) = \left\{ \left\{ \left[p_{k_i}, u_{k_i} \right] \right\}_{k_i \in N_k} \left\{ \left[p_{k_j}, p_{k_j} \right] \right\}_{k_j \in N \setminus N_k} \right\} \subseteq T$$

называется многогранником устойчивости перестановки π_k относительно T , если эта перестановка остается оптимальной для задачи $1 | p' | \sum w_i C_i$ при любом векторе $p' = (p'_1, p'_2, \dots, p'_n) \in SB(\pi_k, T)$ длительностей обслуживания требований. Если не существует вектора длительностей обслуживания требований $p \in T$, при котором

перестановка $\pi_i \in S$ является оптимальной для задачи $1 | p | \sum w_i C_i$, то полагаем $SB(\pi_k, T) = O$.

Пусть $C_i(\pi_k, p)$ - момент завершения обслуживания требования $J_i \in J$ для задачи $1 | p | \sum w_i C_i$ при обслуживании требований в порядке, определяемом перестановкой $\pi_k \in S$. Многогранник устойчивости $SB(\pi_k, T)$ является подмножеством области устойчивости $K(\pi_k, T)$ перестановки π_k относительно T :

$$K(\pi_k, T) = \left\{ p \mid p \in T, \sum_{i=1}^n w_i C_i(\pi_k, p) = \min_{\pi_v \in S} \left\{ \sum_{i=1}^n w_i C_i(\pi_v, p) \right\} \right\}.$$

При отсутствии информации о законах распределения вероятностей случайных длительностей $p_i \in (a_i, b_i)$, $j \in \{1, 2, \dots, n\}$ перестановка, область устойчивости которой имеет наибольший объем, представляет наибольший интерес (для критерия минимизации суммарного взвешенного времени $\sum_{i=1}^n w_i C_i$) среди перестановок множества S при эвристическом решении задачи $1 | a_i \leq p_i \leq b_i | \sum w_i C_i$. К сожалению, выбор перестановки с максимальным объемом области устойчивости представляет собой весьма трудоемкую задачу из-за сложной структуры области устойчивости $K(\pi_k, T)$. В настоящее время нам неизвестен полиномиальный алгоритм даже для построения области устойчивости произвольной перестановки из множества S .

В отличие от области устойчивости $K(\pi_k, T)$ многогранник устойчивости $SB(\pi_k, T)$ имеет существенно более простую структуру, что позволило разработать полиномиальные алгоритмы для его построения.

Для определения многогранника устойчивости $SB(\pi_k, T)$ перестановки π_k относительно T был разработан алгоритм сложности $O(n \log n)$. Для выбора перестановки из множества S с максимальным объемом многогранника устойчивости разработан алгоритм сложности

$O(n^2)$). Разработаны также алгоритмы эвристического решения задачи $1 | a_i \leq p_i \leq b_i | \sum w_i C_i$, в которых строится перестановка $\pi_k \in S$ с максимальным объемом многогранника устойчивости $SB(\pi_k, T)$. Если же несколько перестановок множества $S(T)$ имеют максимальный объем многогранника устойчивости, то среди них выбирается перестановка в соответствии с эвристическим правилом предпочтения перестановок.

Выводы. Приведенный алгоритм календарно-оперативного планирования может быть реализован на широком круге энергетических объектов при решении неопределенной задачи, когда доминируют множества перестановок S по критерию минимизации суммарного взвешенного времени.

Литература

1. Егорова Н.Г., Сотсков, Ю.Н. Минимизация суммы взвешенных моментов завершения обслуживания требований с интервальными длительностями [Текст] / Н.Г. Егорова, Ю.Н. Сотсков // Информатика. - 2008. - № 3 (19). - С. 5-16.

2. Сотсков Ю.Н. Минимизация суммарного взвешенного времени обслуживания требований [Текст] / Ю.Н. Сотсков // Проблемы прогнозирования и государственного регулирования социально-экономического развития: материалы XI Между нар. науч. конф. (Минск, 14-15 окт. 2010 г.) Т.5. – Минск: НИЭИ М-ва экономики Респ. Беларусь, 2010. – С. 16-20.

К ВОПРОСУ УСТОЙЧИВОСТИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

Абибуллаев Мемет Серверович

Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского,

г. Симферополь, проспект Академика Вернадского, 4, E-mail: memrel@mail.ru

Динамичное развитие предприятия и достижение коммерческого успеха подразумевает не только удачный и результативный сбыт производимых товаров или услуг, но и планирование внедрения и использования новых технологий производства, а также разработку новых видов продуктов. Для современного предприятия необходимы постоянные изменения инновационного характера, внедряемые в его деятельность. Только находясь в режиме постоянного обновления –

технологического, организационного, экономического, предприятие может выжить, укрепить свои позиции на внутреннем и внешнем рынках.

Целью исследования является разработка методического инструментария обеспечения устойчивости инновационного развития предприятий.

Устойчивость как свойство системы сохранять свое первоначальное состояние в условиях внешних воздействий является наиболее важным для любой системы, и в частности для предприятия и управления его инновационным развитием. Для обеспечения устойчивости наиболее важными факторами являются: непрерывность управления; исключение ошибок в оценке состояния объекта управления; исключение задержек в оценке состояния объекта управления; четкие и последовательные действия персонала.

Исследователи устойчивости экономических систем рассматривают обычно два вида устойчивости: равновесие и гомеостазис (устойчивое динамическое поведение системы под воздействием внешней среды). Нас интересует модель инновационного развития предприятия на основе экономического гомеостаза, т.е. устойчивого развития системы в ее взаимодействии с внешней средой.

В рамках предлагаемой модели рассматривается экономическая система с n переменными, которые являются основными параметрами модели устойчивого инновационного развития предприятия – уровень продаж инновационной продукции, доля рынка и другие показатели инновационной и финансово-хозяйственной деятельности предприятия, которые были рассмотрены выше (данные переменные могут выбираться в зависимости от цели и стратегии инновационного развития). Предполагается, что существует желаемый уровень, или планируемая величина, для каждой переменной.

Руководство предприятия имеет в своем распоряжении m инструментов децентрализованной политики устойчивого инновационного развития – инвестиции, регулирование капиталовложений в организацию новых производств, уровень затрат на научные исследования и разработки и др. (в модели могут использоваться показатели, характеризующие эти процессы). Эти параметры назовем параметрами управления.

Уровень каждой переменной является некоторой функцией уровня различных параметров управления. Обозначая вектор плановых параметров через Y , а вектор параметров управления через X можно построить вектор-функцию, такую, что $Y=G(X)$ (все параметры измеряются в равновесных величинах).

Упростим анализ, полагая, что $m=n$. Пусть $G(x)$ – линейна или локально линеаризована вблизи планируемых величин. Тогда система может быть записана в виде

$$y=Ax, \quad (1)$$

где A - квадратная матрица порядка n .

Предполагается, что в системе могут возникать случайные затраты. Следовательно, система должна быть устойчивой относительно равновесия $y=0$.

В полностью централизованной системе управления инновационным развитием предприятия связь между параметрами управления и плановыми параметрами известна. Поэтому здесь не возникает задачи стабилизации (обеспечения устойчивости).

Нас интересует децентрализованная система управления инновационным развитием предприятия: а) существует n полуавтономных контролеров инновационной политики (соответствующие инженерно-технический персонал, руководители структурных подразделений и т.д.). Каждый контролер единолично проводит контроль над отдельным параметром управления; б) каждый контролер может менять параметр управления в ответ на изменение единственного планового параметра, за которым ему предназначено наблюдать; в) высшее руководство предприятия определяет начальное распределение задач (в частности, центральный орган управления решает: 1) какой контролер должен приспосабливать свой параметр управления к какому из плановых параметров; 2) в каком направлении контролер может менять параметр управления при заданном направлении отклонения планового параметра от планируемой величины); г) предполагается, что каждый контролер реагирует без запаздывания и меняет свою стратегию со скоростью, пропорциональной отклонению планового параметра от значения планируемой величины.

При подходящем выборе единиц поведение контролера, отвечающего за i -й параметр, может быть описано системой дифференциальных уравнений вида:

$$\frac{dx_i}{dt} = \pm y_j, \quad (2)$$

где знак \pm и номер j задаются высшим руководством.

Так как $y_j=A_j\varphi(x)$, где A_j - j -я строка матрицы A , то поведение всех контролеров может быть описано системой дифференциальных уравнений:

$$\frac{dx}{dt} = Cx, \quad (3)$$

где матрица C получена из матрицы A некоторой перестановкой строк, причем знаки всех или некоторых строк изменены.

Очевидно, что модель децентрализованной политики инновационного развития экономической системы устойчива тогда и только тогда, когда устойчива матрица C . Рассматриваемая здесь задача состоит не в исследовании устойчивости матрицы A (то есть не в выяснении вопроса, все ли ее корни имеют отрицательную действительную часть). С помощью специальной перестановки строк матрицы A можно перейти к матрице C , которая будет устойчива в указанном выше смысле. Таким образом, будет построена устойчивая система, а значит, модель децентрализованной системы инновационного развития предприятия будет работоспособной, что будет способствовать наиболее эффективному инновационному развитию.

INNOVATIVENESS OF NATIONAL POSTAL OPERATORS AS THE WAY FOR INCREASING EFFICIENCY, RELIABILITY AND LONG-TERM USABILITY OF TECHNOLOGICAL PROCESSES

*Ing. Alena Chrenkova, PhD., prof. Ing. Maria Rostasova, PhD.
University of Zilina, Faculty of Operation and Economics of Transport and Communications,
Department of Communications, Univerzitna 1, 010 26 Zilina, Slovakia
tel.: +421415133118, e-mail: Alena.Chrenkova@fpedas.uniza.sk,
Maria.Rostasova@fpedas.uniza.sk*

Most postal operators have had monopoly position in the market for a long time. Their main aim was to allow public access to information exchange. As postal services were important for development of society and economy, monopolies have not change for a long time. Postal operators did not focus on customer requirements and most of innovation has been implemented only as a result of new technologies, not the customers' needs. Nowadays, the situation is different and postal enterprises compete with other companies providing postal services. Postal operators are interested to innovate their services and so increase customer satisfaction and loyalty. Felisberto (2008) proposed two indicators for evaluation of innovation - *cumulative number of innovations and Innovative Index*.

Cumulative number of innovations reflects total number of innovations that have implemented selected European postal operators in the period from 1995 to 2007. Based on data from expert studies, annual reports of postal operators and interviews with experts active in the postal sector, Felisberto (2008) has set several key innovations, such as: optimization of

routes collecting items, hybrid mail, digital sign, application of RFID technology, automatic sorting line using Optical Character Recognition (OCR), implementation of video encoders, etc.

Data for this analysis were collected in the survey in selected countries – Bulgaria, Romania, Estonia, Latvia and Poland. Based on this methodology, we have realized the calculation of cumulative number of innovations and innovative index also for Slovak national postal operator (Slovenska posta, a. s.) – illustrated on Fig. 1.

The second indicator for measuring innovativeness of postal operators is **Innovative Index**. It expresses average advance or delay in implementation of key innovations. Selected countries were compared with set benchmark – the United States (US were based on evaluation of quality indicators directly related to this area).

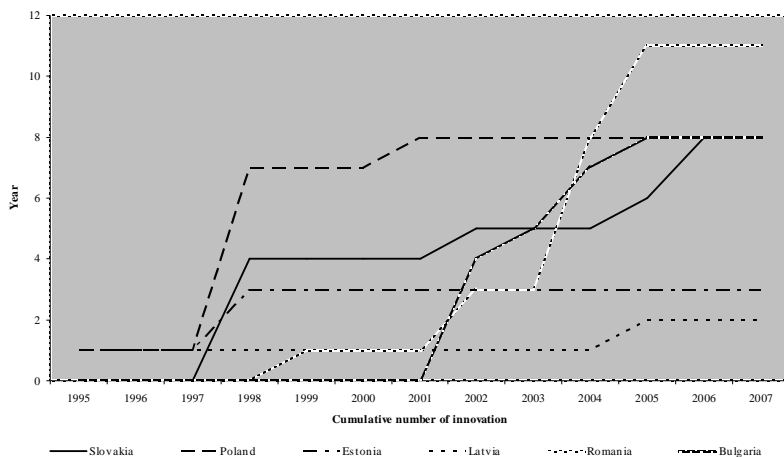


Fig. 1: Cumulative number of innovations of selected national postal operators

(Source: own analysis based on internal materials of Slovenska posta, a. s. – according to: FELISBERTO, C.: Evidence on the effect of liberalization on Innovation and Competition in the Postal Sector. Lausanne: EPFL CDM, 2008)

If comparing country does not use the innovation, it deducts number of years between the implementation of innovation in pioneering country and the year in which the evaluation was realized. Conversely, when comparing countries implement innovation before pioneering country, the number of years between implementation and the year, in which the evaluation was realized, is added. Obtained values for each key innovation in the country are averaged in order to calculate the value of the Innovation Index for particular year.

Innovative Index of postal operators in selected countries is displayed in Fig. 2. (Felisberto, 2008)

Countries with the most technological lag are Estonia and Latvia. Situation before 2001 in Bulgaria and also before 2004 in Romania had negative trend, but then national postal operators have implemented innovations which helped improved the service quality. Slovakia has realized significant change in 1998 when Slovenska posta, a. s. implemented automatic sorting using OCR technology which is able to read handwritten address side. (Chrenkova, 2009)

Innovation Index compared with cumulative number of innovations provides richer information, because it does not consist only of the sum of implemented innovations, but also takes into account the period when they were implemented.

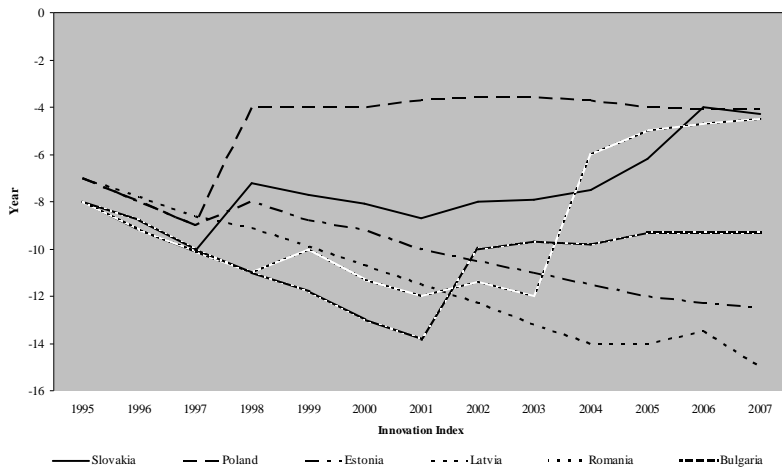


Fig. 2: Innovative Index of selected national postal operators

(Source: own analysis based on internal materials of Slovenska posta, a. s. – according to: FELISBERTO, C.: Evidence on the effect of liberalization on Innovation and Competition in the Postal Sector. Lausanne: EPFL CDM, 2008)

Nowadays, postal operators work on development and implementation of further innovation that will contribute not only to increasing efficiency, reliability, but especially to increasing customer satisfaction.

References:

FELISBERTO, C. 2008. The Effect of Liberalisation on Incumbent's Innovation. The Case of the Postal Sector. [online]. [Cit. 2008-12-04]. Available on: <http://biblion.epfl.ch/EPFL/theses/2008/4085/4085_abs.pdf>.

CHRENKOVÁ, A.: Postup tvorby inovačných logistických riešení v poštovom sektore [dizertačná práca]. Žilina : Žilinská univerzita, 2009.

ROSTASOVA, M. a kol.: Manazment inovacii v službach. Teória a prax v inovačných procesoch. Žilina : Žilinska univerzita v Žiline/EDIS – Vydavateľstvo ŽU, 2010. ISBN 978-80-554-0240-6.

Grant support:

APVV 0230-07 *Regional dimensions of knowledge economy*

ON THE KNOWLEDGE TRANSFER AND DIFFUSION PROCESSES OF TECHNOLOGY

Tatiana Čorejová

University of Zilina, Univerzita 8215/1, 010 26 Zilina, e-mail: tatiana.corejova@uniza.sk

Knowledge – the word that is using by politicians and researchers in many cases but the sense and content of this word is not always the same. Both categories use it in the context of the changes of society and economy. When we analyze the knowledge related to economy then we can discuss the processes of creating, producing, sharing, protecting, transferring and using the knowledge in production process but we can also deals with the knowledge as a one of production factor. So we always have to define the context for measuring the knowledge and its flows or transfer and diffusion processes. The economics introduce the knowledge as a public or private good and today also as a common good. Each of these possibilities reflect some features of knowledge and some of them emphasis.

Definition of knowledge as a public good emphasizes that:

- it cannot be separate, eliminate, exhaust, owned, traded
- focus on science and research, unforeseeable results, top-down approach and linear model of transfer innovations
- dominancy of large firms in using of knowledge including their sources in the process of its creation, as well as the focus on patents,
- ...
- governments have to support public research, universities, public demand
- main constraints are low stimuli, low transparency, poor allocation, insufficient dissemination

Definition of knowledge as a private good concentrates on:

- tacit knowledge, its limited trading, costs on imitation
- inductive approach to creation/producing the knowledge as well as the ability to absorb or imitate
- firms as the key location where knowledge is created.

Dominating companies are large global corporations. Universities provide knowledge services on a commercial basis

- companies are able to allocate enough finance, but the optimum is not given by the market
- problems are connected with the concentration of knowledge and exclusion some units on the market

Definition of knowledge as a common good is the concept that reflects the different features of knowledge:

- characteristics knowledge like dispersion, fragmentability, cumulateness, indivisibility, complementarity
- complementarity of codified and tacit knowledge, internal and external knowledge
- creation of knowledge networks, joint ventures, technology platforms, outsourcing in business environment
- the role of intermediation institutions, non-exclusive intellectual property, diffusion of knowledge – knowledge supporting infrastructure
- level transaction and communication expenses and their balance.

The transfer process includes definition of requirements and needs of transfer and the answers on the main questions: why? what? how? who? where? how much? Transfer process and diffusion process has to include:

- institutions – stakeholders, public administration, units in or off the university or another academic institution [5]
- business model – investor, business angels or market acceptance
- resources:
 - technology – new products, innovations, incremental or radical changes, life-cycle of technology and product etc.
 - finance – venture capital, public resources, grants etc.
 - human – academicians, scientists, developers, entrepreneurs. They are also drivers tacit knowledge
 - social and culture – networking and partnerships, main users

For the reason of knowledge creation/production and diffusion mapping, it is convenient to structure the activities more detailed, whereby, the others activities enter the value chain. The standard value chain includes infrastructure, human resources, technology development, procurement and

logistics [4]. The realized activities scope, influence the form and economic characteristics of the value chain. It is possible to assign some of the factors influencing the value chain like level of vertical, horizontal and lateral diversification of knowledge creation/production or knowledge transfer, or integration level/degree of knowledge institution, level of technology used, customers segments or geographic aspect [2]. All factors mentioned have an impact on value chain and also value chain has got an impact on all factors mentioned. The basic tool for understanding the value chain structure is to analyze all factors mentioned before.

The value chain of the knowledge creation process is determined by external value chain attributes that contain socio-economic environment, natural environment, level of information and communication platforms, and other subjects of spatial economic and influence the size of value added [3]. They also present research institution opportunities and threats presenting external situation analysis. Research institution can respond to changes and tendencies in development of appropriate strategies and tactics and findings of appropriate elements of knowledge. Infrastructure, law and finance, human resources, information and communication technologies, information systems, technical support, logistics fall under strengths and weaknesses, depending on the degree of their effective allocation and implementation and final value added. Internal value chain attributes include research institution infrastructure, individual and industrial property rights to the knowledge, invention and innovations, law and finance, consumer protection and fair trading, human resource management, working environment, ICT, securing of resources, logistics.

We can conclude that the way to the success in knowledge and technology transfer and diffusion is to understand and react in time on demands of firms, institutions, stakeholders and also to understand their way of thinking. Complex of knowledge, experiences, and results of development project must be given to partner in clear and understandable way.

Acknowledgement: This contribution was undertaken as part of the research project APVV-0230-07 Regional dimensions of knowledge economy and VEGA 1/0149/10 Diffusion processes of new mobile services (m-commerce) and their value chain.. It benefited from grant Ministry of Education of Slovak Republic for which the authors express their gratitude.

References

1. Feller, A., Shunk, D., Callarman, T. Value Chains Versus Supply Chains, March 07, 2006, www.bptrends.com , [cited 2.6.2009]

2. Gočálová, L.: Implementácia metód strategického manažmentu v podniku služieb - analýza hodnotového reťazca v poštovom podniku DP, Žilina, F PEDAS ZU, 2005
3. Imriskova, E.: Hodnotové reťazce v postovom sektore, dizertačná práca, ZU Fakulta PEDAS, Zilina 2008
4. Porter, M. Competitive Advantage, Creating and Sustaining Performance, The Free Press, New York, 1985
5. Rostášová, M.: Úloha univerzít v inovačných procesoch podnikateľskej sfery. In: Academia, r. XV, c. 4/2004, p. 3-7
6. 2016: The Future value chain. GCI, CPGEMINI, Intel. 26 Global Commerce Initiative, Capgemini, Intel.

KNOWLEDGE PROCESSES IN ENTERPRISES

*prof. Ing. Maria Rostasova, PhD., Ing. Alena Chrenkova, PhD.
University of Zilina, Faculty of Operation and Economics of Transport and Communications,
Department of Communications, Univerzita 1, 010 26 Zilina, Slovakia
tel.: +421415133109, e-mail: Maria.Rostasova@fpedas.uniza.sk,
Alena.Chrenkova@fpedas.uniza.sk*

Increasing of efficiency, reliability and long-term usability of technical systems and technological processes is very close connected to enterprises' activities in which they are implemented. Enterprises are perceived as place where new knowledge is materializing into innovations which lead to the development and competitiveness in business. Enterprise with conscious application of knowledge in innovation of processes or products is characterized as knowledge enterprise. University of Zilina cooperates in the project "*Regional dimensions of knowledge economy*" (No. APVV 0230-07). In one phase of the project, there were examined selected companies and was mapped importance of knowledge and dynamics of its application. Through such micro-approach it was possible to monitor how enterprises create, process, utilize and disseminate new knowledge in different environments (sectors and regions). Assumptions for creation of knowledge biography were: regional and sectoral analysis, qualitative research (using personal questioning by pre-selected scenario) and fulfillment of process steps according the methodology of knowledge biography creation.

Main research questions, which were the subject of qualitative research, were related to development of enterprises in terms of creation, acquisition, usage and dissemination of knowledge; the role of individuals and networks of experts in this process; and also role of external and internal environment of the enterprise.

The aim of creating knowledge biographies was to analyze dynamics of knowledge, its relationships not only within enterprise but also between enterprises themselves and to understand complex of events, participants and flows that create knowledge dynamics which is necessary for ensuring product, process or organization change. During solving the project, it was possible to identify innovations as easily observable results of knowledge dynamics. It means that innovation in a broader sense has become so-called "red thread" of discovering the knowledge dynamics in enterprises. Conclusions from survey showed different evolution of these processes in various sectors, in different regions and different time periods. (Rostasova, 2010)

Example of knowledge biography processing and evaluation is transport and logistics sector – on which are focused educational activities at University of Zilina. In general, abilities of enterprises (know-how) in development, processing, usage and dissemination of knowledge in this sector are influenced by increasing pressure from customers on quality of services and increasing advantages on the one hand and often also by pressure from European Union to achieve systematic improvement of services on the other hand. Holders of knowledge in selected companies (know-who) are mainly management members, but impulses come from external environment of enterprises - from business partners or similarly oriented foreign enterprises. Negative point is low level of creation information networks and support activities that help to create value through processing and using knowledge. Only small number of enterprises have systematic approach to correct timing and to choice of correct rhythm of new products development. Life time of products is not managed and the correct time of entry is estimated more on intuition than on the basis of detailed market analysis. Analyzed enterprises in this sector often show ability to identify need of knowledge application (know-where) for finding appropriate market places for new or existing products, for understanding of market needs and for transforming enterprise knowledge into solutions that meet customer needs, which will provide benefits for customer and thus increase the competitiveness of enterprises. Knowing the context of knowledge and innovation management in enterprises in this sector (know-why) and background connections in business during creating, processing, usage and dissemination of knowledge can be evaluated as average to good. The spread of knowledge is realized through cooperation between enterprises and academia and also by business presentations at scientific events and conferences in Slovakia and abroad. Part of noticed project is compilation of knowledge processes maps in individual enterprises. Example of time-spatial representation of specific knowledge process in enterprise is in the figure 1.

Realized research has pointed out the existence of distinct specifics of knowledge processes in enterprises in transport and logistics sector.

For example, in one of case studies, there are identified two equally important partners – enterprise of respondent (as a user of solution result) and an external enterprise (as creator of innovative solution), whose leadership alternate during different phases of knowledge/innovation process of innovation.

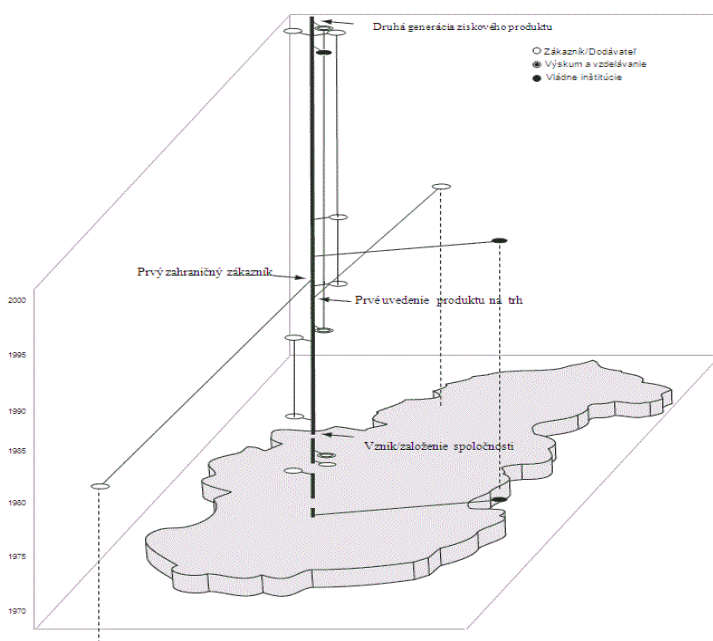


Fig. 1:

Time-spatial illustration of knowledge map

Specific feature of another case study is significantly centralized process of large enterprise to implementation of change. Incentives, impulses and the whole management process based on enterprise's headquarter were also supported by results of externally and internally conducted regular measurements (for example by University of Zilina). During research process it was not possible to determine degree of acceptance of changes at all levels of enterprise management. Also, it was not possible to alert on duration of the first phase of change process, thereby the implementation of change was significantly delayed.

Another interesting aspect of case study is significant number of participants. Internal participants have crucially contributed to final solution. It was necessary to exactly define objectives and requirements to suppliers and in appropriate time negotiate the best price terms or convince them about perspective planned amount of transported goods. However, to a large extent it was necessary to engage into innovation experience, knowledge, possibilities of external suppliers, especially the operators of warehouses. Geographic location of warehouse proved to be the most important factor in planning of the whole distribution chain and optimization of pricing conditions throughout the transport of one pallet of finished product from Slovakia to the customer in Germany.

As it results from project's brief conclusions, change in the form of innovation accompanies enterprises' activities and so as all indicated aspects, as well increased efficiency, reliability and long-term usability of technical systems and technological systems is directly linked to the creation, processing and usage of knowledge in enterprises.

References:

ROSTASOVA, M.: Vyznam a postup zostavovania biografie znalosti vo firmach pre analýzu súčasného stavu v oblasti znalostnej ekonomiky regionov. In: Zbornik z vedeckej konferencie Hradecké ekonomické dny 2010, Hradec Kralove, 2. – 3. 2. 2010. Hradec Kralove : Gaudeamus, 2010. ISBN 978-80-7435-041-2.

ROSTASOVA, M., - CHRENKOVA, A: Diagnostika procesov zmeny ako predpoklad uspesnej realizacie zmeny. In: Zbornik z konferencie Diagnostika podniku, controlling a logistika, Zilina, 21. – 22. 4. 2010. Zilina: Zilinska univerzita v Ziline, 2010. ISBN 978-80-554-0175-1.

Grant support:

APVV 0230-07 *Regional dimensions of knowledge economy*

CONTRIBUTION OF ENTERPRISE RISK MANAGEMENT TO CREATION OF FIRM'S VALUE

*Varcholova Tatiana, Dubovicka Lenka
University of Economics Bratislava, Tajovskeho 13, 041 30 Kosice, Slovakia
+421556223814, tatiana.varcholova@euke.sk, lenka.dubovicka@euke.sk*

Literature Review

Managing risk is an important concern in today's global crisis environment. In recent years a risk management paradigm shifts to strategic

perspective. The trend is to take a holistic view of risk management. This holistic approach toward managing an organization's risk is commonly referred to as enterprise risk management (ERM). In [3] ERM is defined as “*a structured and disciplined approach: it aligns strategy, processes, people, technology and knowledge with the purpose of evaluating and managing the uncertainties the enterprise faces as it creates value*”. A general argument gaining momentum in the literature is that the implementation of an ERM system will improve firm performance and this to contribute for firm's value [5], [1], [7], [8], [11], [2], [10]. These authors argue that ERM benefits firms by decreasing earnings and stock-price volatility; reducing capital costs and creating synergies between different risk management activities. The fact that many firms have adopted ERM is also driven by key factor that there is a competitive advantage in being risk aware and managing risk [9], [4]. Yet, research indicates that six of ten senior executives “lack high confidence” that their company's risk management practices identify and manage all potentially significant business risk. We also find in the empirical study that “ERM premium is statistically and economically significant and approximately 17 percent of firm value” [6]. Many firms have embraced an ERM approach over the past several years with the current financial crisis. The primary objective of the article is to present the argument that ERM is related to firm's value. This paper deals the fundamental shortcomings of traditional risk management and presents an ERM approach as the answer of today changes and is presented this approach that is making risk management integral to creating value and managing a business. We suggest that this approach is deliver significant benefits to firms, while retaining the synergy of separate systems. This article is originated as part of project VEGA – 1/ /0121/10 “Integration of risk management into strategic management of non-financial enterprises”.

Why ERM Adds Value to the Firm

Most organizations view risk management primarily from the traditional programs of managing selected financial and hazard exposures through products and transactions and appropriate internal controls. The risks being managed via products like insurance, derivatives and like are largely financial in nature, but also in evidence are certain elements of operational risk management – health and safety, for example. Often is applied a “risk as downside” paradigm. The traditional risk management model uses derivatives, embedded derivatives, insurance policies, contractual indemnities and the like to mitigate the potentially negative effects of discrete or closely related events.

The new paradigm is presented an ERM that is making risk management integral to creating value and managing a business, this risk is both downside and upside. ERM adopts a new paradigm in redefining the value proposition of risk management to business and equipping managers with

needed tools and frameworks for evaluating the activities of the corporation. This approach represents the state of the art for non-financial organizations, with features such as sophisticated controls for extensive trading operations, a capital allocation process driven by a rigorous and comprehensive risk evaluation, and a culture that fosters rich dialogues among managers about opportunities and risks.

With the heightened focus on risk management, it has become increasingly clear that traditional risk management approaches do not adequately identify, evaluate and manage risk. Traditional approaches tend to be fragmented, treating risks as disparate and compartmentalized. These risk management approaches often limit the focus to managing uncertainties around physical and financial assets. Because they focus on loss prevention, rather than adding value, traditional approaches do not provide the framework most organizations need to redefine the risk management value proposition in this rapidly changing world. Under enterprise risk management, the focus is on integrating risk management with existing management processes, identifying future events that can have both positive and negative effects, and evaluating effective strategies for managing the firm's exposure to those possible future events. ERM transforms risk management to management to a proactive, continuous, value-based, broadly focused and process-driven activity.

The underlying goal of ERM is that every entity exists to provide value for its stakeholders. All entities face uncertainty and the challenge for management is to determine how much uncertainty to accept as it strives to grow firm's value. Uncertainty presents both risk and opportunity, with the potential to erode or enhance value. ERM enables management to effectively deal with uncertainty and associated risk and opportunity, enhancing the capacity to build value. Value is maximized when management sets strategy and objectives to strike an optimal balance growth and return goals and related risks, and efficiently and effectively deploys sources in pursuit of the entity's objectives.

Events can have negative impact, positive impact, or both. Events with a negative impact represent risks, which can prevent value creation or erode existing value. Events with positive impact may offset negative impacts or represent opportunities. Opportunities are the possibility that an event will occur and positively affect the achievement of objectives, supporting value creation or preservation. Management channels opportunities back to its strategy or objective-setting processes, formulating plans to seize the opportunities. In sum, an ERM approach is anticipatory, proactive and supports the business model for creating value.

Conclusion

In sum, ERM helps an organizations that protecting shareholder value to focus on those value drivers determining its long-term growth potential and of the firm's value. To help ensure success while the organization uses the COSO ERM components as a framework against which to benchmark ERM requirements. ERM provides a driver for strategic growth opportunities estimate that a priority for any efficiently organized company. Because risks and opportunities are inextricably linked, ERM is integrated the protect assets and enhance firm's value. In sum, the contribution of enterprise risk management to establishing sustainable competitive advantage, improving business performance and risk management costs optimising. Herein lays the true value proposition of ERM to a business – wealth creation.

References

- [1] **Barton, T. L., Shenkir, W. G., Walker, P. L.:** Making Enterprise Risk Management Pay Off: How Leading Companies Implement Risk Management. FEI Research Foundation, 2001.
- [2] **Beasley, M. S., Clune, R., Hermanson, D. R.:** Enterprise risk management: An empirical analysis of factors associated with the extent of implementation. *Journal of Accounting and Public Policy* 24 (2005) 521-531.
- [3] **DeLoach, J. W.:** *Enterprise-Wide Risk Management*. London, Prentice Hall 2000.
- [4] **DeLoach, J.W.:** ERM: *Practical Implementation Ideas*. MIS SuperStrategies Conference in Las Vegas, April 26-29, 2005
- [5] **DeLoach, J. W., Temple N.:** *Enterprise-Wide Risk Management: Strategies for Linking Risk & Opportunity*. London, Financial Times Management 2000.
- [6] **Hoyt, R.E., Liebenberg, A.P.:** *The Value of Enterprise Risk Management*. Working paper. 2009.
- [7] **Lam, J.:** *Enterprise Risk Management: From Incentives to Controls*. New York, John Wiley & Sons 2003.
- [8] Merna, T., Al-Thani, F. F.: *Corporate risk management: An Organisational perspective*. John Wiley & Sons, 2005.
- [9] Porter, M. E.: **The five competitive forces that shape strategy**. *Harvard Business Review* 86 (1), 78-93.
- [10] **Varcholova, T., Dubovicka, L.:** *Novy manazment rizika*. Bratislava: Iura edition, 2008.
- [11] **Varcholova, T.:** K postaveniu manazmentu rizika. *Politicka ekonomie*, 2004, č. 5, s. 663-675.
- [12] www.coso.org/Publication/ERM/COSO_ERM_ExecutiveSummary.pdf

OPERATIONAL PERFORMANCE IN STRATEGIC MANAGEMENT SYSTEMS

*Dubovicka Lenka, Varcholova Tatiana
University of Economics Bratislava, Tajovskeho 13, 041 30 Kosice, Slovakia*

Introduction

Performance management is the strategy and process for leveraging best practices, methodologies and technologies to manage the performance of an organization and its business network by leveraging assets to achieve a common set of goals and objectives. Performance management focuses on understanding, optimizing, and aligning actions and decisions and ensuring the collaboration and empowerment of all individuals across the business network. This enables all individuals to work strategic, tactical and operational levels to align actions to ensure optimal performance [7].

Measures should be examined in wider perspective not as isolated number, with connection to over whole enterprise strategy [1]. The conceptual strategy should cascade goal of organization through tactical goals to operational tasks. Since the era of performance prism and balanced scorecards organizations nowadays force the new paradigm in their performance management systems known as redesign and revision.

Article is a part of fulfilment of research project VEGA – 1/ /0121/10 “Integration of risk management into strategic management of non-financial enterprises”.

Performance management systems

Performance management systems known as strategic performance management systems are used to produce positive change in organization – its processes, system and culture [6]. Organizational performance is related to setting goals to the firm’s actions, to allocation and definition of resources’ priorities, and to information flow from managers to lower levels and vice versa. The flow of information is very important issue while without these capabilities it is impossible to establish good performance management system as a system of early alerts in performance improvement or failure. The performance management system is responsible for implementation of organization’s strategy and to control this process.

Upon given structure of performance management systems there is set of recommended features such as structures and basics which should be taken into account while designing companies’ performance improvement initiatives. After definition of system requirements, recommendations, features, functionalities such as strategic orientation, performance criteria to meet firm’s objectives, evaluation of each business unit, the control of performance measures on customers, suppliers, employees, managers. It is also necessary to link horizontal and vertical dimensions as well as financial and non-financial criteria, competing roles of managers, owners and workers in organization.

Thus, performance management system should [6]:

- implement strategic management functionality in the strategic operations management system providing the system with the jointly improvement of operational efficiency and overall business effectiveness,
- be responsible for articulating strategy and monitoring business results,
- produce positive change in organizational systems and processes,
- develop a continuous improvement capability through implementation and management of an integrated operations strategic management system,
- produce positive change in organizational culture,
- provide a closer understanding of market needs to create a perceived value for customers,
- show how the system design requirements lead to desirable results, and
- comply with external requirements, not directly managed by organization.

Use of business intelligence in performance management systems enable to communicate strategy and to monitor the achieved goals through organization. All business intelligence enablers such as dashboards, scorecards, alerts, reports [2], [3], [4] are used in strategic and operational performance management systems.

For business intelligence in performance management systems it is necessary to connect strategic, analytical and operational initiatives in a cycle [5]. In a high-performance culture, strategic, analytical and operational cycles work together. Strategic performance management initiatives set goals for whole organization, analytical cycle provides issues and opportunities to growth and operational cycle focuses on how to use this opportunities in benefit of organization. Business intelligence is crucial for each cycle, on strategic level monitors and communicates the strategy, promote the continued improvement including middle management and front-line workers as well as direct analytical business intelligence toward potential problems. Analytical cycle isolates and identifies good and bad on historical trends as well as forecasts future trends and directs the focus of operational initiatives. Operational cycle implements operational initiatives to automate and accelerate the processes, empower employees' decisions and enhance relations with customers as well as monitor performance initiatives.

In addition to meeting data access requirements for use of business intelligence in strategic and operational performance measurement and management systems it is necessary to distinguish between leading and lagging factors. According to Kaplan and Norton concept [2], the lagging factor is main

goal and leading factor is underlying. For example company's main goal is profitability and it is lagging factor. We are asking how to increase this factor. It is possible by reduction of cost or increase in sales. So these two factors are leading factors.

Results on research done in Slovak enterprises

The aim of research done in Slovak enterprises was to find out which operational measures are commonly used and to map the situation to which extend these companies use systems such as Balanced Scorecard and other integrated performance measurement systems. The research sample consisted of 11 % from food and brewery, 16 % textiles, 8 % wood and paper, 7 % chemicals, 7 % non-metallic mineral products, 6 % metals, 14 % machinery, 13 % electronics, 6 % power supply, 6 % construction in comparison to 52 companies which underwent the hypothesis testing of which 12 % were food and brewery, 18 % textiles, 8 % wood and paper, 8 % chemicals, 6 % other non-metallic mineral products, 4 % metal, 15 % machinery, 13 % electronics, 6 % for power supply, 6 % construction industries. We could say that all the representative industries of East Slovakia in which large companies operate there were covered. We examined how many companies used any form of integrated performance measurement system. From 52 East Slovak large industrial, power supply and construction companies 17 had implemented some kind of performance measurement system and 35 had not.

According to twelve characteristics on production process, employment, procurement we concentrate on following: decision on new product, budget setting, working methods and production principles, the choice of used machinery and tools, requirement on subordinate workers, choice of vendors and subcontractors, selection of machinery brand and type, the cost control methods application, setting the sale price, job, task and role descriptions, pays to subordinate workers. We also examined costs, work force, prices, changes in production methods, in market and distribution chain. Our findings were that firms still mostly relied on "hard" financial measures and they used "soft" non-financial operational measures less. If there was strategic performance system implemented and where companies more concentrated on controlling issues the situation is better and improvement in operational performance is more visible and tracking.

References

- [1] DUBOVICKA, L.: *Modelove pristupy k meraniu strategickej vykonnosti podnikov*. Dissertation Thesis, 2007.
- [2] KAPLAN, R.S., NORTON, D.P.: The balanced scorecard – measures that drive performance, *Harvard Business Review*, 1992, pp. 71-80

- [3] LYNCH, R. L., CROSS, K. F.: *Measure Up! How to Measure Corporate Performance*. Malden: Blackwell Publishers Inc., 1995
- [4] NANNI A. J., DIXON, R., VOLLMANN, T. E.: Integrated performance measurement: management accounting to support the new manufacturing realities, *Journal of Management Accounting Research*, Vol. 4, 1992, 1-19 pp.
- [5] PINHEIRO DE LIMA, E., GOUVEA DA COSTA, S. E., MUNIK, J., ANGELIS, J. J.: Operations performance measurement systems roles. *Proceedings of the 2010 Industrial Engineering Research Conference*. A. Johnson and J. Miller (eds.)
- [6] QUINN, K.: *How Business Intelligence Makes Performance Management Work*. In: *Business Intelligence Journal*. Vol. 15, No. 1, 8-16 pp.
- [7] SMITH, M.: Performance Management Methodology. In *Business Credit*, Nov/Dec 2005, 54-55pp.

ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНИЙ АНАЛІЗ І ПРОЕКТУВАННЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ

Постіл Степан Дмитрович

*Національний університет ДПС України, 08200, м.Ірпінь, Київської області,
в.Мечнікова, 37-Б, тел.8-04497-60442,*

E-mail: sdp_irp@ukr.net

Модернізація ДПС України на основі автоматизації її діяльності (як сукупності бізнес-процесів) шляхом впровадження інформаційних систем пов'язана із певними ризиками [1].

Для уникнення негативних наслідків уже на початкових стадіях виконання проекту з автоматизації відомства, організації або підприємства відповідно до стандарту ІСО 9001-2001 необхідно визначити бізнес-процеси і керувати ними як взаємозалежною системою з метою підвищення ефективності їх діяльності. Якщо поширити вимоги даного стандарту на процес автоматизації діяльності відомства, у ході якого, як правило, існуючі бізнес-процеси так чи інакше змінюються, стає зрозумілим, що, насамперед, необхідно їх визначити, тобто описати такі його атрибути, як: адміністратор, споживачі, регламент і його модель.

Важливим моментом, що спрощує завдання виявлення і наступного опису бізнес-процесів, є той факт, що більшість процесів для більшості предметних областей є "стандартними" у певному сенсі цього слова. Для процесу управління загальнопоширеною є концептуальна схема "планувати – робити – контролювати (перевіряти) – діяти", що покладена в основу стандарту ІСО 9001-2001 як технологія реалізації бізнес-процесу.

При створенні складних програмних систем, в тому числі

інформаційних систем, можна користуватися різними парадигмами програмування, аналізу і проектування. Слід відмітити, що програмування направлено на правильне і ефективне використання конкретних мов, а проектування направлені на правильну і ефективну структурування складних систем. Основними парадигмами є наступні: 1) процедурно-орієнтована, що направлена на представлення програмної системи множиною процедур, які по черзі викликаються; 2) об'єктно-орієнтована, що направлена на представлення програми як набору взаємодіючих об'єктів; 3) логіко-орієнтована, що направлена на виконання цілей, які виражаються в термінах численні предикатів; 4) орієнтована на правила, тобто виконання правил "якщо - то", і на обмеження. При цьому неможливо визнати яку-небудь парадигму проектування архітектури складних систем найкращою в усіх областях практичного застосування, проте об'єктно-орієнтований підхід є одним з найбільш прийнятних для широкого кола задач.

Кожна парадигма проектування має свою концептуальну базу. Для об'єктно-орієнтованого підходу концептуальна база - об'єктна модель, яка має чотири основні властивості (абстрагування, інкапсуляція, модульність і ієрархія). Ці властивості є головними і за відсутності будь-якої з них модель не буде об'єктно-орієнтованою. Важливе місце для об'єктно-орієнтованого підходу в аналізі і моделюванні бізнес-процесів займає методологія та системи, що використовують уніфіковану мову моделювання (Unified Modeling Language - UML). UML - мова для специфікації, візуалізації, конструювання і документування складних інформаційно-наповнених об'єктних систем.

Для опису логіки процедур, бізнес-процесів і потоків робіт використовуються діаграми *Діяльності* (Activity Diagram) мови UML. Діаграми *Діяльності* дозволяють відобразити не тільки сам процес, але і каркас проекту. Крім того, дії, що становлять аналізований процес, можуть бути класифіковані на діаграмі *Діяльності* відповідно до інших критеріїв, набір яких може залежати як від специфіки аналізованої предметної області, так і цілей, передбачених аналітиком. До найбільш загальних критеріїв можна віднести: діапазон собівартості або витрат на виконання, частоту виконання або періодичність, діапазон ефективності (низька, середня, висока) і виконавці (задіяні підрозділи або організації, користувачі, інформаційна система або системи). Якщо виникне потреба відобразити класифікацію виконуваних дій у ході аналізованого процесу за декількома критеріями, можна зобразити кілька діаграм *Діяльності* для того самого процесу, кожна з яких буде окремим поданням для даного процесу. Нотація діаграми *Діяльності* така, що її елементи дозволяють

виконати повноцінний опис бізнес-процесів. Більш того, за допомогою діаграм *Діяльності* можна відобразити всю необхідну послідовність дій з моделювання бізнес-процесів предметної області з метою наступної автоматизації.

UML як мова моделювання не визначає технологічно процес реалізації проекту. Серед відомих технологій реалізації моделі можна виділити такі, як Rational Unified Process (RUP), Agile process, eXtreme Programming (XP) або Microsoft's Services Oriented Architecture (SOA - сервіс-орієнтована архітектура). RUP є набором різних методів, заснованих на UML, що визначає невеликі повторювані макрофази проектування водоспадної стратегії, що включають початок аналізу, проектування, реалізацію і розгортання. XP - це конструктивно-нестандартне програмування. Ідея в цілому полягає в технології розробки, що ґрунтується на уявному сприйнятті системи розробником, на готовності до постійних змін у проекті, а також на використанні таких методик, як рефакторинг і програмування двома фахівцями одночасно для внесення змін в міру поглиблення розуміння завдання. Agile - це нова методологія, яка подібна до XP, і за своєю концепцією перебуває десь між RUP і XP. SOA являє собою архітектурний стиль створення розподілених систем і представляється у вигляді сервісів функцій додатків для кінцевого застосування чи для створення інших сервісів. Це дозволяє клієнтам швидко і легко створювати складні програми і рішення за допомогою інтегрування нових та існуючих сервісів. Будь-яку бізнес-функцію в компанії можна реалізувати у вигляді сервісу, який можна інтегрувати з іншими сервісами відповідно до бізнес-вимог компанії. У будь-якій галузі промисловості компанії шукають способи більш швидкого та ефективного реагування на зміни ринкових умов. Для досягнення такого рівня гнучкості бізнесу застосовують SOA для розробки сервіс-орієнтованих додатків.

Автоматизацію моделювання бізнес-процесу на основі об'єктно-орієнтованого підходу досить ефективно можна здійснити за допомогою CASE-паketу IBM Rational Software Architect (RSA) [2]. CASE-паket RSA дозволяє розробникам візуально моделювати і проектувати гнучку архітектуру сервісів за допомогою UML і автоматично застосовувати шаблони проектування для SOA від аналізу та розробки до впровадження проекту. Даний паket дає можливість архітекторам і аналітикам створювати різні подання розроблювальної інформаційної системи з використанням мови UML 2.0, а розроблювачам - виконувати розробку J2EE, XML, Web-сервісів тощо. Крім того, дотримуючись також принципів RUP, CASE-паket RSA дозволяє створювати необхідні моделі

в рамках робочих процесів таких дисциплін, як управління вимогами, аналіз і проектування, реалізація.

Методологія об'єктно-орієнтованого аналізу і проектування була успішно апробована за допомогою CASE-паketу IBM RSA v.7.0.0.6. в рамках виконання науково-дослідної роботи "Комп'ютерне моделювання та аналіз бізнес-процесів ДПС України".

Література

1. Наказ ДПА України №160 від 7.04.2003р. "Стратегічний план розвитку ДПС України на період до 2013р."
2. www.componentsourche/...rational-sowtware-architect.

КРИМІНОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ПОПЕРЕДЖЕННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ЯК СКЛАДОВОЇ ОХОРОНИ ПРАЦІ

Цимбал П.В., Мельник П.В.,

Національний університет ДПС України, м.Ірпінь, тел.04497-63464

В умовах розвиненої економіки найвищим пріоритетом діяльності держави є забезпечення нормального функціонування населення держави й здоров'я людей. Охорона праці – ключовий інститут соціальної політики сучасної держави і являє собою складну систему заходів і засобів, скерованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Актуальність дослідження саме кримінологічної проблематики щодо попередження професійних ризиків не втрачає свого значення та інтенсивно підвищується з кожним роком. Це пояснюється протиріччями між потребою людини та станом навколишнього виробничого середовища, між психофізичними особливостями людей та об'єктивними результатами науково-технічного прогресу.

Фахівці з різних галузей науки все більш настійливо звертались і звертаються до проблематики моделювання небезпечних процесів у відносинах людини, техніки, природи. Зокрема, П.Г. Белов, стосовно взаємин з природним середовищем, наголошував, що першопричина цих протиріч зумовлена еволюційною кризою людства – застарілим ставленням людей до

біосфери як до невичерпного запасу ресурсів, невідповідністю нових засобів виробництва і традиційних способів їх використання [2, 4].

Тому важливо наголосити, що врахування значення кожного професійного ризику спрямоване на підвищення реального рівня його нейтралізації (усунення). Інакше кажучи, необхідно виходити з того, що "минуле не можна змінити, а майбутнє - можна" [5, 16]. Головне полягає в тому, щоб своєчасно встановити той чи інший професійний ризик, а потім оперативно на нього впливати, нейтралізуючи або, як максимум, знешкоджуючи його.

Тобто професійне життя сповнене факторами передбачених і непередбачених ризиків, багато з яких мають тенденцію до криміналізації, особливо в умовах певної криміналізації економіки взагалі [4, 142].

Попереджувальна ідея стосовно боротьби з професійними ризиками полягає і в тому, щоб психологічна адаптація являла собою єдність адаптації індивіда до фізичних і психічних умов виробничого середовища, особливо до засобів праці – джерел підвищеної небезпеки, та тих чи інших складних технологічних процесів. "Загальними показниками адаптованості є задоволення змістом та умовами праці", але тоді, коли ці умови спроможні зводити ризики до прийнятного мінімуму [3, 107].

Звичайно, зведення професійних ризиків до прийнятного мінімуму та вміння бачити і враховувати залишкові ризики активно сприяють адаптаційним процесам до діючих умов праці. В основі адаптації працівника до виробничого середовища знаходиться єдність почуття безпечних умов праці та професійної культури, яка передбачає формування професійної свідомості, моралі.

В основі методологічних розробок щодо боротьби з професійними ризиками знаходяться інформаційні підходи. Проте практика свідчить, що традиційні методи, головним чином, кількісного та якісного аналізу статистики і динаміки професійних ризиків нерідко страждають на формалізм.

Отже, з метою забезпечення виконання Закону України "Про охорону праці" важливе значення має надаватися громадському контролю, створенню сприятливих умов для роботи і розширення навантажень професійних спілок. Закон враховує й можливість безпосередніх працівників відстоювати свої права на безпечні умови праці [1, ст. 6,7,24,41,42].

Особливе значення повинно надаватися співдружності науки і практики, науковому обґрунтуванню змісту Закону та його практичного

застосування. За необхідне вважається створення відповідних загальнодержавних програм відповідними "науково-дослідними інститутами, проектно-конструкторськими установами та організаціями, вищими навчальними закладами та фахівцями".

Послідовний курс України на Європейську та Євроатлантичну інтеграцію, сприйняття нею міжнародних норм та стандартів у галузі охорони прав і свобод людини, ратифікація Конвенції про захист прав людини та основоположних свобод покладають на нашу країну додаткові зобов'язання у сфері гарантій конституційних прав і свобод, які вже виходять за межі суто внутрішньодержавних зразків нормотворчості та висувають високі вимоги щодо відповідності найкращим зразкам, виробленим у розвинених країнах світу.

Тому, ефективне попередження професійної безпеки як складової охорони праці повинне створити умови, при яких люди можуть бути вільними від страху отримати професійне захворювання і в країні буде належним чином забезпечуватись право на охорону праці.

Література

1. Про охорону праці: Закон України від 14 жовтня 1992 року N 2694-ХІІ // Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1992, N 49, ст.663.
2. Белов П.Г. Моделирование опасных процессов в техносфере. - Киев, 1999. - С. 4.
3. Дмитриева М.А. Социально - психологическая профессиональная адаптация // Практикум по психологии профессиональной деятельности. СПб., 2000. – С. 107.
4. Нестеров А., Вакурин А. Криминализация экономики и проблемы безопасности // Вопросы экономики. - 1995. - № 1. - С. 135-142.
5. Руднев В. Прочь от реальности. - М., 2000. - С. 16.

КРИМІНАЛІСТИЧНІ АСПЕКТИ КОМП'ЮТЕРНИХ ЗЛОЧИНІВ

*Козак Наталія Степанівна, Цимбал Петро Васильович,
Національний університет ДПС України, E-mail: postil.nata@mail.ru*

Комп'ютерні злочини - це суспільно-небезпечні діяння, що завдають шкоди суспільним відносинам у сфері комп'ютерної інформації, знаряддям (засобом) вчинення яких є електронно-обчислювальні машини

(комп'ютери), системи або комп'ютерні мережі. Дані злочини передбачені в статтях Розділу 16 КК України.

Більшість комп'ютерних злочинів вчиняється в кредитно-фінансовій сфері; комп'ютерну інформацію і комп'ютерні технології нерідко використовують для вчинення таких «традиційних» злочинів, як шахрайство, фальсифікація платіжних документів, відмивання коштів, продаж секретної інформації, підробка рахунків та платіжних відомостей, ухилення від сплати податків [1] і т.д.

Структура окремих криміналістичних методик, на думку вчених, має наступні елементи: 1) криміналістична характеристика злочинів; 2) обставини, що підлягають встановленню; 3) типові ситуації та програми з метою виявлення ознак злочину на стадії порушення кримінальної справи; 4) типові слідчі ситуації початкового та наступного етапів і програми розслідування; 5) особливості тактики окремих слідчих дій, проведення інших заходів тощо [2].

Криміналістична характеристика злочинів – це інформаційна модель, що становить собою сукупність істотних, стійких якісно-кількісних систем опису типових ознак конкретного виду (групи) злочинів, що мають значення для їх виявлення та розкриття. До основних елементів криміналістичної характеристики відносять такі дані, як способи вчинення і приховування певної категорії злочинів; слідова картина цих злочинів; особа злочинця, мотиви і мета вчинення злочинів; деякі обставини вчинення злочинів та ін.

Розглядаючи способи вчинення комп'ютерних злочинів, деякі автори визначають характер підготовчих дій до їх вчинення. До таких дій, зокрема, належать: розповсюдження шкідливих програм, що копіюють і направляють дані законних користувачів злочинцю; візуальне спостереження; підбір співучасників; вивчення спеціальних питань; пошук об'єкта посягання тощо [3, с.692].

Способи вчинення комп'ютерних злочинів поділяють на такі групи: 1) способи безпосереднього доступу до комп'ютерних технологій (операційної системи) та комп'ютерної інформації (вони пов'язані з діями злочинців по знищенню, блокуванню, копіюванню комп'ютерної інформації); 2) способи опосередкованого (віддаленого) доступу; 3) змішані способи, які можуть здійснюватися як шляхом безпосереднього, так і опосередкованого доступу; 4) способи виготовлення, розповсюдження на технічних носіях шкідливих програм для комп'ютерів.

Опосередкований доступ до комп'ютерної інформації може бути здійснений лише за допомогою локальних мереж або глобальних систем типу Інтернет. До способів такого доступу належать: 1) підключення до

лінії зв'язку законного користувача, а також забезпечення доступу до його телекомунікаційної системи; 2) проникнення в чужі інформаційні мережі шляхом автоматичного підбору абонентських номерів з подальшим з'єднанням з тим чи іншим комп'ютером; 3) проникнення в іншу комп'ютерну мережу під виглядом законного користувача, використовуючи при цьому чужі коди та паролі. До числа способів опосередкованого доступу до комп'ютерної інформації відносяться способи безпосереднього і електромагнітного перехоплення.

Способи приховування комп'ютерних злочинів певною мірою детерміновані способами їх вчинення. В разі безпосереднього доступу до комп'ютерної інформації приховування слідів злочину зводиться до відновлення нормальної роботи операційної системи та окремих програм; знищення залишених слідів (слідів пальців рук, взуття, мікрочасток та ін.) тощо. При опосередкованому доступі поширено програмне приховування слідів, що полягає у зазначенні неправдивих телефонних номерів, паролів і анкетних даних особи, що вчиняє злочин.

Слідовою картиною комп'ютерних злочинів є, зокрема, зміни, що відбулися у самій системі, окремому файлі, документі (знищення, модифікація чи заміна каталогів, файлів тощо); зміна первинних даних каталогів і файлів, дати та часу їх створення; зміна розміру документа; поява нових даних, заставок, картинок та ін.; неспрацювання або уповільнення роботи окремо взятої програми; порушення послідовності функціонування системи тощо.

Класифікацію слідів вказаної групи злочинів, а також особливості виявлення їх нетрадиційних (інформаційних) слідів було розглянуто в попередніх дослідженнях авторів [4].

В комп'ютерну злочинність втягнуто широке коло осіб - від професіоналів до дилетантів. Всіх суб'єктів даних злочинів можна поділити на дві групи: особи, які мають з потерпілим трудові або інші ділові стосунки (55%); особи, які не зв'язані діловими стосунками з потерпілим (45%) [3]. За метою та сферою злочинної діяльності комп'ютерних злочинців поділяють на окремі підгрупи: хакери, кракери (або крекери), фрікери, колекціонери, кіберплути, пірати (або торгаші), шпигуни, терористи та ін. Серед мотивів цих злочинів виділяють корисливі, політичні мотиви, хуліганські мотиви та бешкетництво, помста, дослідницька цікавість. З ними пов'язані і цілі (мета) злочинної діяльності. Місце, час та інші умови протиправних дій визначаються суб'єктивними, об'єктивними та іншими параметрами. Обстановка вчинення злочину може знаходитися у взаємодії із особою та способом вчинення злочину.

На швидкість і повноту розкриття комп'ютерних злочинів, якість їх розслідування впливає ряд факторів. Криміналістичними особливостями виявлення, розкриття і розслідування комп'ютерних злочинів є: 1) висока латентність і складність встановлення фактів вчинення комп'ютерних злочинів, вирішення питання щодо порушення кримінальної справи та кваліфікації злочинних дій причетних до злочину осіб; 2) специфічність контингенту осіб, які вчиняють злочини, а в деяких випадках - інтернаціональність злочину; 3) складність у підборі відповідних спеціалістів для їх залучення до участі в проведенні певних слідчих дій; 4) особливі вимоги щодо вибору, підготовки та призначення відповідних судових експертів; 5) доцільність використання засобів комп'ютерної техніки під час розслідування злочинів і водночас відсутність належного рівня знань у галузі комп'ютерних технологій в більшості оперативних працівників і слідчих; 6) недостатня розробленість методики виявлення і розслідування таких злочинів та складність збирання й формування системи доказів.

Література:

1. Козак Н.С. Особливості виявлення, розкриття і розслідування злочинів у сфері оподаткування, що вчиняються з використанням комп'ютерних технологій / Н.С. Козак // Бюлетень Міністерства юстиції України. – 2009. - №12 (98). – С.72-81.
2. Мотлях О.І. Питання методики розслідування злочинів у сфері інформаційних комп'ютерних технологій: автореф.дис.на здобуття ступеня канд.юр.наук: спец. 12.00.09 «Кримінальний процес та криміналістика; судова експертиза» / О.І. Мотлях. - К., 2005. – 20 с.
3. Григорьев В.Н. Справочник следователя / [Григорьев В.Н., Победкин А.В., Яшин В.Н., Гаврилин Ю.В.] – М.: Эксмо, 2008. – 752 с.
4. Постіл Н.С., Цимбал П.В. Класифікація слідів комп'ютерних злочинів // Международное сотрудничество в борьбе с компьютерной преступностью: проблемы и пути их решения: междунар.н/п.конф., 18-19 мая 2006г.: мат. конф. – Донецк: ДЮИ ЛГУВД,2007. – С.138-139.

ВИКОРИСТАННЯ МІЖПРЕДМЕТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ТАБЛИЦЬ

Карташова Любов Андріївна
Київський національний лінгвістичний університет
lkartashova@ua.fm, <http://lkartashova.at.ua>

Навчання інформатики студентів першого курсу технічних дисциплін, як дисципліни із значною прикладною спрямованістю, може виконуватись із використанням методів і прийомів навчання, спрямованих на збільшення навчальної активності студентів шляхом якомога частішої актуалізації отриманих знань, створення умов для усвідомлення ними практичної значимості сформованих умінь. Електронні таблиці (ЕТ), на вивчення яких за чинною програмою відводиться невеликий об'єм навчального часу, є одним з найбільш практично-значимих стандартних програмних засобів, поле застосування якого – майже усі реальні задачі, які вимагають виконання обчислень та візуалізації результатів. З метою найбільш ефективного використання навчального часу та покращення результатів навчання навчальні задачі, які пропонуються студентам, повинні бути наповнені змістом, який сприяє активізації навчальної діяльності. Дослідження показують, що формування міцних знань, умінь та навичок досягається тоді, коли знання утворюють систему, а сформовані при вивченні інформатики уміння та навички використовуються не тільки для вирішення навчальних задач одного навчального предмету, а стають тим, чим повинні бути – універсальним засобом моделювання явищ, опрацювання даних, реалізації алгоритмів опрацювання даних при розв'язуванні задач прикладної спрямованості.

Найбільш доступними для розуміння студентами задачами, які потребують створення математичних моделей реальних явищ, є задачі, які пропонуються першокурсникам при вивченні фізики [2]. Для більшої ефективності міжпредметних зв'язків вивчення тем навчальних предметів, які пов'язуються при формулюванні навчальних задач, повинне бути синхронізоване, що можливе при організації інтегрованих курсів. При неможливості такого підходу, слід обирати теми, які вивчаються за навчальними планами різних предметів або одночасно, або з відставанням (випередженням) на 7...15 днів, тобто на час, протягом якого закріплення засвоєного навчального матеріалу є найбільш ефективним.

Курси фізики та інформатики на першому курсі мають кілька подібних "областей контакту", зокрема вивчення електронних таблиць у курсі інформатики досить просто синхронізувати з вивченням електрики.

Для досягнення максимальної ефективності навчального процесу як інформатики, так і фізики, добір навчальних задач повинен здійснюватись таким чином, щоб максимально проілюструвати ефективність використання засобів обчислювальної техніки. Одним з фундаментальних дослідів, які розглядаються в курсі фізики, є дослід Іоффе-Міллікена. Не розглядаючи тут фізичного змісту цього дослідів,

зазначимо, що при його розгляді (так само, як і при розгляді досліду Резерфорда-Мерсена та ін.) на заняттях виникає проблема пояснення того, як з масиву експериментальних даних було виділено значення фізичної константи, зокрема заряду електрона.

Формулювання навчальної задачі, яке достатнє для ілюстрації методу виділення значень, які систематично повторюються у експериментальних даних, може бути наступним.

У результаті опрацювання експериментальних даних отримано n значень заряду краплі (заряд виражено у кулонах). Передбачається, що ці значення заряду кратні елементарному, який необхідно визначити.

Гіпотетичні значення зарядів крапель слід подати у вигляді неупорядкованої лінійної таблиці, яку пред'явити учням (на папері й у вигляді текстового файлу), створивши тим самим проблемну ситуацію (запитання: Як виділити користну інформацію?). Генерувати ці значення (кількістю, не меншою за 300...1000) слід за допомогою ЕТ, з використанням формули $=\text{СЛУЧМЕЖДУ}(1;1000)*1,6022\text{E}-16$, яку копіюють у відповідну кількість комірок стовпчика. Результат роботи формули слід скопіювати у наступний стовпчик (краще на нову сторінку) з використанням підопції "Вставити ... значения" опції "Специальная вставка". Ці значення та будуть імітувати результати експерименту. Фізичний зміст алгоритму генерування значень полягає у тому, що допускається не менше одного вибивання з краплі електрону і не більше 1000, що не суперечить фізичній моделі явища. Результат роботи (тільки значення) слід експортувати у текстовий файл (*.txt) або універсальний файл даних (*.csv - Coma Separated Values).

Алгоритм, який пропонується для наступного опрацювання, іноді використовується для опрацювання даних експерименту [3]. Спрощення досягається за рахунок відмови від попереднього статистичного опрацювання, але на імітації набору експериментальних даних алгоритм працює безвідмовно і є достатнім для пояснення суті методу. Разом з тим, алгоритм вимагає використання більшості передбачених програмою з інформатики прийомів роботи з ЕТ.

Крок 0. Значення зчитуються як стовпчик ЕТ (Для ЕТ Excel "Файл"... "Открыть"... "Текстовые файлы").

Крок 1. Виконується упорядкування лінійної таблиці (стовпчика А) за зростанням ("Данные"... "Сортировка"... "по возрастанию").

Крок 2. Обчислюються і записуються у стовпчик В різниці між сусідніми значеннями стовпчика А ($=A2-A1$ з наступним копіюванням у $m=n-1$ комірок).

Крок 3. З метою виключення із розгляду однакових значень зарядів краплі, дані переносяться у стовпчик С з використанням логічного

виразу $=\text{ЕСЛИ}(B1>0;B1)$, який копіюється у m комірок, тобто дані переносяться, якщо це не нулі, інакше переноситься значення "ЛОЖЬ".

Крок 4. Знаходиться мінімальне значення в комірках стовпчика С (МИН(С1:Сm)), яке і буде значенням елементарного заряду.

Обчислення, які виконуються при опрацюванні результатів вимірювань, що проводяться в процесі виконання лабораторних робіт теми "Закони постійного струму" розділу "Електродинаміка", також можуть бути використані для закріплення знань про ЕТ, для підкріплення мотивації вивчення відповідного навчального матеріалу з інформатики.

Важливим моментом у навчально-виховному процесі, який можна використати для закріплення умінь роботи з ЕТ є лабораторний практикум, який проводиться протягом спеціально виділеного навчального часу. Досить нескладно організувати практикум таким чином, щоб опрацювання результатів вимірювань проводилось у кабінеті інформатики, а вивчення ЕТ на заняттях з інформатики організувати таким чином, щоб студенти готували ЕТ для робіт практикуму. Слід зазначити, що роботи проводяться за навчальним матеріалом, який вивчається протягом семестру, тому на час вивчення ЕТ у в процесі вивчення інформатики студенти знайомі з теоретичними основами практично усіх робіт практикуму.

Таким чином, реалізація міжпредметних зв'язків фізика-інформатика може стати позитивним чинником, який забезпечить суттєве покращення результатів навчання.

Література

1. Бугайов О., Закота Л., Костюкевич Д., Мартинюк М. Програми для загальноосвітніх навчальних закладів: Фізика 7-11 класи. - Шкільний світ. 2001., С.3-115.
2. Барановський В.М., Лапінський В.В., Черенков О.В., Шилов В.В. Теплофізичні властивості полімерів етиленового ряду, що містять фтор, та матеріалів на їх основі. - К.-Луганськ : В-во Східноукраїнського у-ту. – 1996., - 182с.

MICROTEACHING IN PREGRADUAL PREPARATION OF TEACHERS

Prof. Ing. Jan Bajtos, CSc. PhD.

*Education Department, Faculty of Arts, P.J.Safaric University,
Srobarova 2, 040 01 Kosice, Slovakia, tel: +421 55 2347186, e-mail:*

jan.bajtos@upjs.sk

PaedDr. Renata Orosova, PhD.

Education Department, Faculty of Arts, P.J.Safaric University,

Introduction

The authors of this paper describe the main theoretic issues of micro-educative analyses in education, which cannot be substituted in the pedagogical teaching training.

Psychodidactic competences

Psychodidactic competences includes abilities how to plan a teaching/learning process, how to carry out a plan of teaching, how to manage and support a teaching/learning process according to a plan, evaluate learning process of pupils. It is competence, which appear in ability to educate individuals, it consists of: creating of favourable conditions for teaching/learning, it means to motive towards cognition, to activate thinking, to create a positive social, emotional and working climate, to manage teaching process of individuals.

Microteaching

We have been applying microteaching and microteaching analysis in the educational process in terms of pregradual studies at UPJS Kosice for several years (Bajtos, 2009 a; 2009 b). During active speech at the conference we will present the DVD recordings of microteaching with concrete teaching methods applied in various stages of a lesson.

Microteaching, according to authors of this contribution consists of three phases: *doing the activity, analysis of the activity, (microteaching analysis), revised repeated activity*. Microteaching in conditions of pregradual students' preparation is possible to do within the subjects as the General didactics, or Subject didactics as micro-lessons or sessions (Bajtos, Orosova 2009 a; Bajtos, Orosova 2009 b). A simulated situation gets a closer reality of teaching into the classroom. During microteaching students evaluate their activity – it is their self-reflexion. They analyse and critically evaluate their own teaching activity with focus on their strengths and weaknesses of their micro-lessons headed by a university pedagogue. During student's reflexion, the technical equipments such as DVD, CD, video and tape recorder could be very useful, which also increase reflexion efficiency.

Microteaching in pregradual teacher preparation can be understood as (Zelina, 2006):

a) *non-traditional way of teaching/learning*

It is a learning in the practise by practical action and learning from own mistakes.

b) role-play

A student–teacher during micro-lesson has to put himself/herself into the role of teacher and his/her peers (classmates) have to put themselves into the role of younger students for which microteaching is given. During micro-lesson a real teacher should be acting as a student. Later, during discussion (after micro-lesson), should be acting as a coordinator. Teacher should have in mind the time, since students get instruction about the time limit in advance, that micro-lesson should last 10-15 minutes. Students have to present one teaching method, which can be used in motivational phase, expositional or fixation phase of learning/teaching.

c) educational activity

Peers are in the role of the students who are taught. They learn how to use innovative methods and also they learn how to prepare lesson plan which should be innovative and creative. Many of the participants considered microteaching as an educational activity and some of them viewed it as a step towards the real activity of teaching. During evaluation is important to evaluate understanding of particular teaching method, student's creativity, the quality of learned topic and overall impression from micro-lesson.

d) new approach for obtaining information

This way of learning is also important from the view that it is based on a constructivistic approach to learning/teaching. In present days of information, students have a wide range of obtaining information and knowledge through internet. Microteaching gives us different approach to obtain a pedagogical proficiency.

Conclusion

Implementation of microteaching into pre-gradual preparation of preservice teachers has a significant role mainly in increasing the quality of educational process and psychodidactic preparation. Even though students are often influenced by concerns and fear of recording camera, in the third phase of microteaching their concerns are vanishing and they are concentrating mainly on the quality of their short lessons (micro-sessions), where it is possible to see interaction between teacher – student, cooperation, communication, management of work, timing of lesson, working style, a way of evaluation, teaching methods and forms, using didactic and technical materials and aids.

Reviewer

doc. PaedDr. Jarmila Honzikova, PhD.

Literature

Bajtos, J.: Microteaching as a progressive approach to student preparation. In: Modern achievements of science and education. Khmel'nitsky: XHY, 2009 a). s. 142 - 144. ISBN 978-966-330-070-2

Bajtos, J.: Increasing the quality of pedagogical preparation for undergraduate students through microteaching. In: The improvement of the quality, reliability and long usage of technical systems and technological processes. Hurghada, XHY 2009 b). s. 169-173. ISBN 9789663300764

Bajtoš, J., Orosová, R.: Mikrovyučovanie a mikroanalýzy v pregraduálnom štúdiu v podmienkach PF UPJS – čiastkové výsledky realizovaného prieskumu. In: Technológia vzdelávania. roč. XVII, č.3, 2009 a), s. 11 – 14.

Bajtoš, J., Orosová, R.: Uplatňovanie mikrovyučovania a mikrovyučovacích analýz v príprave učiteľov na PF UPJS – čiastkové výsledky výskumu. In: Media4u Magazine – mimořádné vydání X1/2009. č.1 (2009 b) s. 10 -13. ISSN 1214-9187

Zelina, M.: Kvalita školy a mikrovyučovacie analýzy. Bratislava: OG - Vydavateľstvo Poľana, 2006. ISBN 80-89192-29-7

This article has been elaborated within grant project APVV – 0088 – 07 and grant project VEGA – 1/0193/08.

СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ ИНЖЕНЕРОВ- ПЕДАГОГОВ

*Усеинова Ленера Юсуфовна,
РВУЗ «Крымский инженерно-педагогический университет»,
г. Симферополь, пер. Учебный, 8, E-mail: memrel@mail.ru*

В научной педагогической литературе, и в частности, в трудах представителей компетентностного подхода не уделяется должного внимания значимости производственной практики в процессе обучения как одного из важнейших факторов формирования профессионально-практической компетентности. Исследования, которые проводятся в рамках данной проблемы, касаются в основном узких вопросов организации производственной практики по определенным специальностям и направлениям подготовки отдельно инженеров и отдельно педагогов. До настоящего времени не обоснована и теоретически не разработана целостная система подготовки инженеров-педагогов в условиях производственной практики и оценки ее

результатов. Остаются без внимания проблемы определения роли и места производственной практики и методики оценивания результатов ее прохождения в кредитно-модульной системе организации обучения в вузах.

В этой связи становится актуальной проблема адекватного оценивания результатов прохождения будущими инженерами-педагогами производственной практики для выявления реальных уровней сформированности профессионально-практической компетентности. Целью исследования является разработка модифицированных методических подходов к оцениванию результатов прохождения студентами (будущими инженерами-педагогами) различных видов производственной практики как уровней сформированности их профессионально-практической компетентности.

Оценка профессионально-практической компетентности у студентов по результатам прохождения производственной практики, на наш взгляд, должна включать две взаимосвязанные системы: систему оценки уровня обучения в условиях практики и систему оценки уровня сформированности профессионально-практической компетентности.

Ниже представим основные результаты разработки методического инструментария, обеспечивающего модифицированную систему оценивания результатов практики на основе компетентностного подхода. Основными отличительными особенностями предлагаемой системы являются:

- оценка уровней сформированности профессионально-практической компетентности в отличие от абстрактной традиционной оценки;

- привлечение всех субъектов производственной практики к оцениванию ее результатов (руководителей практики, студентов и комиссии);

- использование четкого перечня критериев и соответствующих им уровней сформированности профессионально-практической компетентности для адекватности оценивания (рейтинг студента);

- учет значимости различных компонентов профессионально-практической компетентности, найденных экспертным путем, при расчете показателей;

- использование интегрального показателя (индекса) сформированности профессионально-практической компетентности как итоговой оценки по практике.

В систему оценивания результатов практики входит «лист критериев» оценки уровней сформированности профессионально-практической компетентности будущего инженера-педагога после

проходження практики, в котрому представлена характеристика критеріїв в соответствии кождому уровню сформированности. Он может использоваться всеми субъектами оцінювання по кождому компоненту професійно-практической компетентности, и естественно, упрощает процедуру оцінювання. Отметим, что выбранные уровни сформированности професійно-практической компетентности от низкого до высокого характеризуют компетентность исключительно на соответствующем этапе обучения и проходження соответствующего вида практики.

После кождого вида практики заповнюється карта професійно-практической компетентности на кождого практиканта, которая предоставляет возможность аккумуляировать інформацію о сформированности професійно-практической компетентности по результатам проходження кождого вида производственной практики, а по завершению обучения изучить ее динамику. Также карта компетентности для кождой последующей практики предоставляет и дает руководителю практики дополнительную інформацію о первоначальных умениях практиканта.

ПИТАННЯ ТЕОРІЇ ПІДРУЧНИКА З ІНОЗЕМНОЇ МОВИ

*Вержанська Ольга Миколаївна, Лагута Тетяна Миколаївна
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна,
Центр міжнародної освіти, кафедра української та російської мов як
іноземних, Україна, Харків, Майдан Свободи, 4,
Телефон: (057)707-51-03, E-mail: Podfak@univer.kharkov.ua*

Проблема створення підручників з мови для іноземців залишається відкритою й актуальною, оскільки має різні аспекти – гносеологічний, освітній, організаційний, соціальний. Створення якісного підручника з іноземної мови в сучасних умовах залежить від багатьох чинників. Підручник як особливий жанр творчої діяльності відзначається взаємовпливом різних чинників, певна частина яких у прихованій або неприхованій формі обумовлює успіх (чи невдачу), особливості функціонування й життєздатність підручника. У галузі іншомовної освіти фахівці, які працюють над створенням підручників з різних іноземних мов, обговорюють різні аспекти теорії підручника, а також перешкоди на шляху до створення якісних, ефективних підручників.

Усвідомлення важливості підручників й відповідальності за створення їх на державному рівні, а саме: потреба створення окремих інститутів, спеціалізованих кафедр зі створення підручників з іноземних мов; підтримка з боку держави необхідних (іноді не комерційних) для суспільства проектів; чітка мовна політика міністерства, що має активно упроваджуватися до навчального процесу. Однією з перешкод на шляху до створення якісних, ефективних підручників є відсутність належного відповідного ставлення до справи створення підручника – справи, що має бути державно й суспільно важливою. Освіта є соціальним інститутом, за допомогою якого створюється простір, у якому людина може стати не тільки компетентною, але й культурною, духовною. Підручник виконує функцію найважливішого інструмента цього інституту, стратегічного знаряддя освіти [3: 2004: 39]. Він має бути багатофункційним, тобто спрямовуватися не тільки на практичні уміння, але й на пізнання, розвиток, виховання студента.

Методика є особливою наукою інтегрованого типу, у системі понять “методика – підручник – викладач – студент” саме методика виконує ключову роль і об’єднує інші компоненти в систему. Методична система, що ґрунтується на певній освітній філософії, має становити основу підручника.

Під час створення підручників слід урахувати нові освітні парадигми, зміну освітньої філософії. Науковці зазначають, що на сучасному етапі відбувається закономірна зміна традиційної парадигми (у центрі якої – навчальний процес, отримання знань) освітньою парадигмою; змістом останньої має стати іншомовна культура. Не слід сплутувати термін “іншомовна культура” з терміном “іноземна культура” (тобто культура країни, мову якої вивчають), що є лише одним із компонентів (поряд із розвиваючим, виховним, навчальним) іншомовної культури, її пізнавальним аспектом. Поняття “іншомовна культура”, за визначенням Є.І. Пасова, становить сукупність процесів, що відбуваються з текстами, одиницями мовлення, мовленнєвими вміннями, усім тим, що використовується в освітній технології, процесів, що характеризують взаємодію усіх компонентів і породжують “внутрішній стан” системи [3: 2004: 41]. Кожен аспект іншомовної культури має практичну значущість, наприклад, пізнавальний аспект впливає на мотивацію, розвиваючий полегшує оволодіння, виховний сприяє і першому і другому тощо. У системі “методика – підручник – викладач – студент” методика “розчиняється” в підручнику й викладачеві, підручник створює основу для забезпечення іншомовної освіти, викладач формує середовище і створює атмосферу освіти; студент за допомогою

підручника й викладача оволодіває іноземною мовою, іншомовною культурою, підвищує інтелектуальний і духовний рівні.

Щодо теорії підручника з іноземної мови існує багато наукових праць (А.П. Бориско, М.В. Ляховицький, В.Л. Скалкін, Д.Д. Зуєв, І.Л. Бім, Р.Д. Сафарян, Н. Догонадзе та ін.), однак в умовах соціальних змін, змін філософії освіти, освітньої парадигми, теорії та технології методики, можливостей мультимедійних засобів гострою є потреба нової теорії підручника – теорії навчально-методичного комплексу, у якій слід обґрунтувати багатоаспектні та складні питання: статус підручника в суспільстві, вихідні принципи, призначення навчально-методичного комплексу, його склад, структуру, зміст, функції компонентів, обов'язки держави щодо створення підручника, авторство тощо. Мультимедійне середовище певною мірою проникає до сфери освіти, суттєво змінюючи форму й функції навчальних матеріалів. Спостерігається активна інтеграція знань у галузі теорії викладання іноземних мов. Ця інтеграція характеризується залученням ідей із широкого кола різних галузей знань (наприклад, із культурної антропології, регіоназнавства, соціології, мистецтвознавства та ін.).

Сучасні науковці досліджують метамовний підхід у теорії підручника з мови навчання для іноземних студентів, формують методологічні вимоги до метамови як одного з визначальних чинників організації розвивального комунікативно-когнітивного процесу навчання.

Формулювання завдань, інструкції до вправ, побудова навчальних текстів та їх методичне пояснення, архітектоніка параграфів, тем, модулів є матеріальним вираженням методологічних, дидактичних, технологічних вимог до підручника з мови навчання для іноземних студентів. Дослідники здійснюють спроби пошуку адекватних засобів для реалізації цих вимог. Актуальним завданням є розробка метамовного оформлення підручника з іноземної мови, тобто мови опису структурних, дедуктивних, семантичних якостей тієї мови, що є предметом розгляду відповідної метатеорії.

Під час мовної підготовки іноземців важливо, що мова навчання може бути метамовою керування та засобом її засвоєння. У якості метамови доцільно використовувати рідну мову студента або мову-посередник. Елементами метамови є тексти, слова, знаки, зображення. Метамова уточнює мовні значення коду спілкування. Для опису й організації процесу засвоєння мови навчання використовується вся методична система підручника: вправи, тексти, завдання до них, правила, таблиці, виноски, довідкові матеріали, матеріали для самостійної роботи. Автор підручника має розробити принципи взаємодії усіх цих складових, створити мовну систему, яка виконує функцію опису в підручнику та є

робочою мовою підручника, а також створити спеціальну навчальну терміносистему. Усі ці елементи становлять своєрідний комплекс під назвою метамова підручника. Сучасні науковці намагаються описати її особливості.

Для виконання комунікативного завдання студент звертається до тексту. Лінгвістичні та психологічні дослідження останніх років засвідчують, що текст набуває статусу основної комунікативної одиниці, якою людина користується в мовній діяльності. Пильна увага до тексту обумовлюється його функціями в навчальному процесі, серед яких слід особливо виділити функцію розширення, поповнення мовних знань студента, переважно лексичних, і функцію тренування мовного та мовленнєвого матеріалу.

Текст у комунікативно-орієнтованому підручнику завжди виконує кілька функцій:

1. Мотивуючу - вона зазвичай реалізується через короткі тексти, які лише вводять в певну проблему, підкреслюють її значення.
2. Інформаційно-пізнавальну - реалізується через тексти, що подають основну інформацію. Саме такі тексти дають можливість формувати реальну комунікативну діяльність у студентів.
3. Комунікативну - реалізується через текст-бесіду (такий текст передбачає бесіду), що розкриває актуальну проблему. Ці тексти сприяють формуванню умінь і навичок сперечатися, дискутувати, доводити, рекламувати.
4. Стимулюючу (спонукальну) - реалізується через короткі проблемні тексти з реальної дійсності, складені студентами самостійно. Основна їхня мета - викликати негайну мовну реакцію, сформувані вміння й навички відстоювати власну точку зору чи позицію.

Під час відбору і складання навчальних текстів велику увагу слід приділити їхньому змісту: вони повинні бути, перш за все, цікавими для студентів, становити певну новизну й мати дискусійний характер. Зміст текстів має сприяти виникненню дискусій, а викладач, виступаючи організатором цих дискусій, керує діяльністю студентів. Потрібно відмовитися від репродуктивної діяльності студентів та подання готової інформації. Важливо, щоб текст стимулював виникнення питань, бажання висловитися, тим самим активізуючи мовлення. Адже поліпшити мовлення краще за допомогою мовних ситуацій, запропонованих у тексті.

Зміст навчальних текстів, на наш погляд, має відповідати таким екстралінгвістичним вимогам:

1. Країнознавча правдивість / достовірність;
2. Сучасність / адекватність;

3. Типовість змісту навчального матеріалу;
4. Актуальність відображених історичних відомостей (як загальновідомих, так і актуальних для носіїв мови).

Визнання особливої професії – “автор підручника”. Фахівець, який створює підручники, повинен мати спеціальні уміння, отримані у процесі спеціально організованої системи професійної підготовки. Такий фахівець має бути “конструктором”, оскільки написання підручника є конструюванням, яке обумовлюється задумом підручника, його концепцією, основними параметрами, змістом тощо. На наш погляд, автор підручника також повинен мати різнобічний практичний досвід, що об’єднує досвід лінгвіста, методиста, викладача, психолога. Крім загальних фахових знань і спеціального тренінгу, реальні можливості автора чи колективу авторів залежать від наявності творчих здібностей, критичності, гнучкості мислення, відкритості мислення до альтернативних ідей, досвіду ефективної співпраці в команді тощо. Створення підручника вимагає спеціально спрямованої на це діяльності фахівця або колективу фахівців.

Підручник з іноземної мови є особливим жанром навчальних матеріалів, що цілеспрямовано створюють навчальні умови для студентів. Успіх проекту залежить від різних чинників, деякі з яких розглянуто в цій роботі. На процес і результат створення підручника впливають принаймні три аспекти: стан розвитку методу навчання, технологія розробки навчальних матеріалів і професійна організація проекту. Активно діють і такі чинники, як глобалізація інформаційних процесів, регіоналізація культури й поляризація споживчого ринку [2: 2005: 18] .

Література

1. Біркун Л. Як зробити підручник сучасним? Критерії оцінювання НМК з іноземної мови для загальноосвітніх шкіл // Іноземні мови в навчальних закладах. – 2004. – № 2. – С. 28 – 31.
2. Мильруд Р.П. Учебник иностранного языка: синергетика жанра или энергетика автора? // Иностр. языки в школе. – 2005. – № 8. – С. 12 – 18.
3. Пассов Е.И. Учебник как феномен сферы иноязычного образования // Иностр. языки в школе. – 2004. – № 4. – С. 39 – 46.
4. Роман С.В., Коломінова О.О. Вимоги до сучасного підручника іноземної мови для молодшої школи // Іноземні мови в навчальних закладах. – 2005. – № 4. – С. 40 – 43.
5. Чистякова А.Б. Организация обучения языку иностранных учащихся в вузе. – Харьков: КОНСТАНТА, 2005. – 128 с.

Содержание

Пленарное заседание

Ножницкий Юрий Александрович

История и научные школы российского Государственного научного центра «Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И. Баранова» («ЦИАМ») к 80-летию образования института
Янчук М.Б.

Авіабудівні підприємства України в контексті міжнародного співробітництва.

Секция конструирования авиадвигателей

Магеррамова Л.А., Васильев Б.Е.

К оптимизации бандажных полок рабочих лопаток газовых турбин.

Воробьев Ю.С., Чернобрышко М.В.

Воздействие ударных нагрузок на вентиляторные и компрессорные лопатки.

Воробьев Ю.С., Чугай М.А.

Особенности колебаний рабочих колес ГТД с монокристаллическими лопатками.

Антыпко Л.В., Меньшиков А.Н., Шадрин Д.В.

Сертификационное испытание на обрыв лопатки вентилятора охлаждения силовой установки.

Сокол В.М.

Системная идентификация динамических параметров роторных систем и On-line диагностика авиационных двигателей.

Bronius Baksys, Jolanta Baskutiene.

Reliability of the Vibratory Assembly.

Ройзман В.П.

Диагностика амплитудно-частотной характеристики газотурбинного двигателя как обратная задача динамики.

Абасов А.Л., Гусев В.М.

Статистическое прогнозирование безотказности авиационных двигателей.

К.Д.Каримбаев.

Применение деформационного критерия в задаче Эйлера о потере устойчивости сжимаемых конструкций с учётом ползучести материала.

Животов А.Ю.

Инерционные моменты системы “ротор – вал”.

Ушаков В.В., Сиденко Н.А.

Оптимизация аэродинамического генератора вертикальной воздушной струи для свободного полета человека.

Лапинский В.В.

Моделирование процессов в средствах определения теплопроводности.

Жаворонкова Г.В., Садловська І.П.

Розвиток цивільної авіації України в умовах глобалізації.

Секція технологій производства авиадвигателей

Костюк Г.И.

Применение покрытий и упрочненных слоев для повышения работоспособности деталей авиадвигателей.

Костюк Г.И.

Эффективная механическая обработка деталей авиационного инструмента с покрытием и упрочненным слоем.

Касиков А.Г., Петрова А.М., Громов П.Б., Калинин В.Т.

Снижение затрат на производство жаропрочных сплавов за счет рециклинга рения.

Касиков А.Г., Сидоров В.В.

Использование высокочистого никеля и кобальта для повышения качества жаропрочных сплавов на никелевой основе.

Пай З.П., Пай В.В., Пармон В.Н.

Метод очистки поверхности трещин, образующихся при эксплуатации изделий из жаропрочных никелевых сплавов.

Минченя В.Т., Асимов Р.М., Роппельт Х., Бубулис А., Юренас В.

Ультразвуковая система разогрева жидкости при низких температурах.

Pilkauskas K., Bauriene G.

Elastic Joint with Microhydraulic Actuation.

Bauriene G., Fedaravicius A., Pilkauskas K.

Investigation of Wave Piezodrives for Microrobotics.

Minvydas Ragulskis, Kristina Lukoseviciute, Jurate Ragulskiene.

Nonlinear Embedding for Chaotic Time Series Prediction by Fuzzy Inference Systems.

Dragasius E.

Development of Rheological Fluids Monitoring System.

Ройзман В.П., Банах Л.Я., Нікіфоров А. Драч І.В., Ткачук В.П.

Результати дослідження процесу автоматичного балансування (самобалансивання) роторів машин рідинними робочими тілами.

Секция специальных проблем

Огородников В.А., Перлов В.Е.

Экспериментально-расчетные методы определения энергии деформации поврежденных в результате ДТП транспортных средств.

Аушев Е.В., Богорош А.Т., Воронов С.А.

Участие украинских ученых в международных проектах DESY по физике высоких энергий.

Аушев Е.В. аспирант, проф. Богорош А.Т., проф. Воронов С.А.

Роль детектора ZEUS в международных проектах DESY

Мазуренко А.С., Афтанюк В.В., Спинов В.М.

К вопросу применения пеллетных котлов.

Афтанюк В.В., Каменев В.Г., Вітюков В.В.

Підвищення ефективності проектування теплового захисту виробничих будинків.

Спинов В.М.

Исследование кинетики пенного слоя в мокром пылеуловителе.

Goroshko A., Kovtun I.

Diagnosing Strength of Microassembly Frames by Acoustic Emission Method.

Kovtun I.I., Petrashchuk S.A.

Locating Defects and Testing Strength Applying Method of Acoustic Emission.

Kwaśniewski Janusz, Dominik Ireneusz, Sakeb Abdurahim, Lalik Krzysztof.

Self-oscillating Acoustical System Application in Industry.

Ткаченко В.Ф., Божинский И.А., Ефименко С.А., Маслов П.Н.

Региональная автоматизированная система управления объектами газоснабжения.

Ewa Skrzypczak-Pietraszek, Jacek Pietraszek

Fuzzy Analysis in Plant Biotechnology

Богорош А.Т., Воронов С.А., Шкилев В. Д., Бубулис А., Жебелис К.

Использование нанотехнологической поверхности для информационной защиты цифрового кода на материальных носителях.

Богорош А.Т., Воронов С.А., Горошко А.В.

ОНК-покрытия для защиты нанообъектов от вибрации и ударов.

Waclawiak K.

Improving Design of Superheaters in PC-Fired Boilers by Predicting Deposition.

Gradoń B., Waclawiak K., Jastrzab Z.

Reburning as a Way to Improve Environmental Quality of Operation of Circulating Fluidized Bed Boilers.

Цулая Г.Г., Цулая Н.Г.

Исследование динамики трехмассной вибрационной машины с целью повышения эффективности технологических процессов.

Сілін Р.І., Гордєєв А.І, Сілін Р.С.

Особливості алгоритму проектування та розрахунку конструктивних параметрів вібраційного обладнання для гідродробозміцнення ріжучого інструменту.

Сілін Р.І., Гордєєв А.І, Сілін Р.С.

Вібраційне обладнання струменево-пульсуючого типу для промивання отворів від стружки.

Секция экономики, управления и образования

Костин Д.Ю.

Мотивация работника: зарубежный опыт.

Костин Ю.Д., Ущяповский К.В.

Новые идеи в управлении нововведениями.

Петровская С.В., Тюпишева О.Ю.

Алгоритм оперативно-календарного планирования в энергетике.

Абибуллаев М.С.

К вопросу устойчивости инновационного развития предприятия.

Alena Chrenkova, Maria Rostasova.

Innovativeness of National Postal Operators as the Way for Increasing Efficiency, Reliability and Long-Term Usability of Technological Processes.

Tatiana Čorejová.

On the Knowledge Transfer and Diffusion Processes of Technology.

Maria Rostasova, Alena Chrenkova.

Knowledge Processes in Enterprises.

Varcholova Tatiana, Dubovicka Lenka

Contribution of Enterprise Risk Management to Creation of Firm's Value.

Dubovicka Lenka, Varcholova Tatiana.

Operational Performance in Strategic Management Systems.

Постіл С.Д.

Об'єктно-орієнтований аналіз і проектування бізнес-процесів.

Кримінологічні проблеми забезпечення та попередження професійної безпеки як складової охорони праці. Цимбал П.В., Мельник П.В.

Козак Н.С., Цимбал П.В.

Криміналістичні аспекти комп'ютерних злочинів.

Карташова Л.А.

Використання міжпредметних зв'язків для покращення результатів навчання електронних таблиць.

Jan Vajtos, Renata Orosova.

Microteaching in Pregradual Preparation of Teachers.

Усеїнова Л.Ю.

Система оцінювання практичної підготовки майбутніх інженерів-педагогов.

Вержанська О.М., Лагута Т.М.

Питання теорії підручника з іноземної мови.