

**PROCEEDINGS  
INTERNATIONAL CONFERENCE ON  
THE MODERN ACHIEVEMENTS OF  
SCIENCE AND EDUCATION**

**September 9 -17, 2007  
Natanya, Israel**



**СБОРНИК ТРУДОВ  
МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

**«СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ  
В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ»**

**9 – 17 сентября 2007 г.  
г. Натания, Израиль**

**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 ИФТоММ)**

**Institute for Advanced Studies, Arad , Israel**

***THE MODERN ACHIEVEMENTS OF  
SCIENCE AND EDUCATION***

**INTERNATIONAL CONFERENCE**

***September 9 -17, 2007  
Natanya, Israel***

---

**«СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ  
В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ»**

**СБОРНИК ТРУДОВ МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

***9 – 17 сентября 2007 г.  
г. Натания, Израиль***

## **УДК 61.2+68.1:62.755**

Современные достижения в науке и образовании: Сборник трудов международной научной конференции, 9–17 сентября 2007г. – Хмельницкий: ХНУ, 2007. – 206 с.

В сборник включены материалы международной конференции «Современные достижения в науке и образовании», проведенной в Израиле в сентябре 2007 г. в г. Натания.

Рассмотрены проблемы образования, прикладной физики, авиационных и судовых двигателей, динамики и прочности конструкций и материалов, экономики, математики и информатики.

Сборник рассчитан на ученых и инженеров, работников высших учебных заведений и аспирантов.

### ***Редакционная коллегия:***

Богорош А.Т., д.т.н. (Украина), Бубулис А. д.т.н., (Литва), Мацевитый Ю.М., д.т.н. (Украина), Ройзман В.П., д.т.н. (Украина), Силин Р.И., д.т.н. (Украина), Сокол В.М., д-р (Израиль), Шорр Б.Ф., д.т.н. (Россия).

*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 ИФТОММ. Протокол №3 от 20 августа 2007 г.

**УДК 62–192**  
**ББК 34.41**

© Авторы статей, 2007  
© ХНУ, оригинал-макет, 2007

## **КОНФЕРЕНЦИЯ «СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ»**

*Силин Р.И.*

*Хмельницкий национальный университет, ул. Институтская, 11, Хмельницкий, 29016,  
Украина*

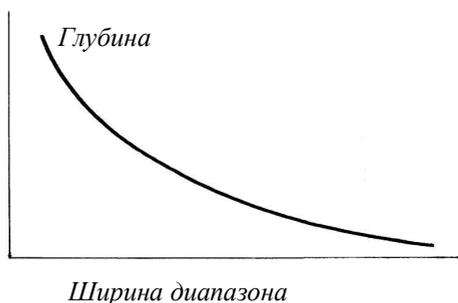
Сегодня весь мир переходит от индустриального общества к информационному. И это не дань моде, а естественное требование развития. Бурное развитие науки, техники, технологий приводит к быстрой смене производимой продукции. Тогда целесообразным становится использование уже достигнутых знаний, изобретений, технологий. В этих условиях ведущее место занимает информация. Информационные потоки в мире выросли до таких размеров, что ориентироваться в них и выбирать нужные разделы и области стало чрезвычайно трудно. Мощная мировая информационная сеть «Интернет» содержит огромные объемы информации, и найти нужные знания становится не так просто. Мало того, здесь информация содержится в обобщенном виде, и в ряде случаев требует дополнительных пояснений.

Таким образом, проведение конференций становится дополнительным источником информации, где могут быть уяснены не только направления достигнутых исследований и разработок, но и разъяснены и уточнены частные практические вопросы, ведь каждый человек воспринимает информацию по-своему. Поэтому мы упорно проводим ежегодные международные конференции, где встречаются ученые разных стран.

Наш национальный комитет по машиноведению, входящий в международную организацию IFToMM начал проведение конференций механиков, однако, признавая ведущую роль машиностроения в развитии производства, сегодня мы учитываем, что развитие идет комплексно, и невозможно добиться успехов без рассмотрения вопросов экономики, электроники, образования. Поэтому и была сформулирована тема конференции «Современные достижения в науке и образовании».

По мере развития человечества и в связи с этим усложнением задач, возникла необходимость объединения людей в научные и творческие коллективы. Век одиночек прошел. Сегодня решения сложных задач осуществляются коллективами. Это объясняется различием видения каждым человеком одного и того же явления и процесса. Каждый находится в различном пространственно-временном пространстве и имеет свою систему восприятия.

Кроме того, углубление знаний каждым человеком в какой-то определенной области приводит к сужению области знаний. Другими словами, чем более глубоко знает данный вопрос человек, тем этот вопрос становится более узким и специфическим. По имеющимся сведениям здесь существует показательная зависимость и тогда взаимосвязь для каждого человека широты знаний и её глубины в общем виде может быть представлена графиком рис.1. При этом масштаб по оси ординат для каждого человека следует считать индивидуальным. Пожалуй, это можно уподобить объему оперативной памяти компьютера.



*Рис.1. Взаимосвязь глубины и ширины диапазона знаний*

Это привело к раздроблению знаний, возникновению отдельных отраслей, отдельных высокопрофессиональных специалистов. Но ведь природа едина и поэтому исследования и работа на стыках отраслей сегодня

более эффективны. По мере развития человеческого общества сложность возникающих задач растет, отсюда приоритетность создания много-функциональных и многоотраслевых коллективов.

Цель нашей конференции – собрать учёных разных стран работающих в заявленных областях, с тем чтобы обменяться информацией по проводимым работам, постараться наладить взаимодействие и определить возможности организации совместных работ.

Практика тотального менеджмента рекомендует осуществлять рассмотрение стратегических и крупномасштабных вопросов в вынесенных местах. Наибольший масштаб, рассмотрение большой картины требует новых перспектив. Если заседание проводится близко к учреждению, мышление будет ограничено. В связи с этим мы и организовываем наши конференции вне пределов Украины. При этом считаем необходимым дать возможность свободного обсуждения

проблем в свободно формуючихся групах или секціях, що и передусмотрено регламентом проводимой конференції.

На конференцію представлено 46 доповідей из Ізраїля, Латвії, Литви, Польщі, Росії, України, которые распределены в 5 секцій. Кількість учасників наших міжнародних наукових конференцій, проводимих за рубежом, постійно росте, що свідчить о позитивній оцінці конференцій ученими різних країн. Частина делегатів приїхала на конференцію вперше, но єсть и постійні учасники проводимих конференцій. Ми бачимо, що в результаті обговорення питань на конференціях росте взаєморозуміння, взаємовплив на напрямлення проводимих робіт, організуються навіть міжнародні проекти.

Ми надіємся, що проводимі конференції внесуть свій внесок в справу зміцнення світу, в покращення життя людей на нашій планеті, в розвиток виробничої бази людства. Боже в науці немає меж!

## **РЕГІОНАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ УНІВЕРСИТЕТСЬКОЇ СИСТЕМИ ОСВІТИ НА ПІВДНІ УКРАЇНИ**

*Клименко Леонід Павлович*

*Миколаївський державний гуманітарний університет імені Петра Могили  
54003 м. Миколаїв, вул. 68 Десантників, 10  
(0512) 50-03-33, [rector@kma.mk.ua](mailto:rector@kma.mk.ua)*

Утворення вищих навчальних закладів у регіонах все більше важливе для розвитку саме регіонів. Разом з цим для підвищення ефективності розвитку регіону традиційно діючим університетам слід реорганізуватись, модернізуватись, а відокремленим структурним підрозділам університетів та малим навчальним закладам треба з'єднуватись. У цих умовах актуалізуються проблеми, які пов'язані з координацією міжрегіонального співробітництва та взаємодією з центральними інституціями. Тобто проблема модернізації діючих та утворення нових закладів відповідає запиту та потребам сучасності, а у Концепції модернізації російської освіти на період до 2010 року визначені три основні завдання: доступність, ефективність та якість.

Як визначає В.М. Андерсон, "найважливішого значення набула проблема регіонального розвитку, тому що саме через розвиток окремих регіонів відбувається підключення національних економік до світової глобальної економіки".

Як зауважує І.Г. Панченко, для мешканців регіону велике практичне значення має вирішення практичних регіональних питань, що виникають і які ставить життя. З точки зору батьків, замовників, їм потрібні відповіді на кожному з етапів розвитку дитини, починаючи із загальноосвітньої школи, вищого навчального закладу та місця працевлаштування, майбутньої роботи з позиції щастя, благополуччя дитини. Все це і зумовлює потребу у моделі регіональної системи університетської освіти, що охоплює означені етапи у життєдіяльності людини та дозволяє оцінювати рівень її розвитку.

В.Л. Конашук відмічає окремі регіональні проблеми вищої школи: конкурентні переваги університетських центрів України призводять до відтоку з регіонів найдинамічнішої і найпрактичнішої частини молоді, а перспективи повернення її до малої батьківщини досить примарні, тобто провінція постійно підживлює інтелектуально-кадровий потенціал університетських центрів, “а сама через це деградує”; недостатньо розвинуті та визначені науково-методичні школи регіональних університетів не мають значних шансів на втілення власних уявлень щодо науково-методичного забезпечення та структури фахової підготовки, потребують значної допомоги з боку визнаних наукових шкіл; низький рівень платоспроможності на освітні послуги в регіонах через низький рівень життя; потрібне розуміння з боку провідних університетських центрів України, регіональних владних структур щодо необхідності створення умов безпосередньо у регіоні для здобуття молоддю якісної освіти, оскільки саме ця молодь і буде утворювати нові форми підприємництва саме у регіоні, що неминуче приведе до його розвитку, оскільки випускники університетів столиці не прийдуть утворювати власний бізнес у регіоні; лише після створення означених умов “можна серйозно говорити про вирівнювання стандартів життя у великих центрах і регіонах, про підтягування їх до середньоєвропейського рівня”.

В той же час І.Г. Панченко відмічає, що процес регіоналізації вищої освіти в умовах сьогодення України зменшив потік абітурієнтів до провідних університетських центрів, що зумовило підвищення рівня студентів регіональних закладів освіти. Дослідник підкреслює, що “регіоналізація вищої освіти в Україні дає можливість повніше і комплексніше використовувати доволі значний науково-технічний та інтелектуальний потенціал регіонів. Як результат – підвищення конкурентоспроможності регіональної вищої освіти”. До регіональних проблем також віднесено: недостатність у регіонах “духовно-культурного балансу”, що ускладнює процес формування нового рівня світогляду сучасної людини; “пріоритет інвестування не окремих

проектів чи дій, а програм, які мають глибинний вплив на розвиток усього регіону”; концентрація фінансових ресурсів, коли державне фінансування має бути доповнено “за рахунок місцевих джерел”.

Нерівномірність соціально-економічного розвитку у центрі та у регіонах зумовлює загальні та специфічні тенденції, задачі розвитку. Регіоналізація вищої освіти протягом останніх десяти років стала незаперечним фактом, а “забезпечення належних легальних прав і свобод вітчизняним фахівцям на цьому глобальному ринку інтелектуальної праці – важливе перспективне державне завдання”. У XXI столітті конкурентоспроможними закладами будуть ті, “в яких буде навіть не більше професорів і не більше томів книг у бібліотеках, а ті, які забезпечуватимуть вищий рівень розвитку навчальних інформаційних технологій, більш повне їх освоєння, активнішу і масштабнішу інтеграцію студентів і аспірантів у світову інформаційну систему”.

В Україні регіональні університети найбільш виразно проявляються саме в центрах з традиційно потужною наукоємкою промисловістю, там, де активні особистості змогли використати перехідні соціально-економічні умови та заснувати університети, об’єднавши науково-технічну та гуманітарну інтелігенцію, науковий потенціал навколо соціально значущої ідеї – створити регіональний центр освіти, культури та науки для навчання та формування нової генерації молоді для регіону, спираючись на власні сили, науковий досвід та переконання, на свободу вибору, права на власний шлях реалізації освітньо-професійних програм.

Зазначимо, що розвиток зумовлюється протиріччями, протиставленнями, боротьбою протилежних поглядів. Боротьба всередині навчального закладу перетворюється з конкуренції різних моделей організації навчально-виховного процесу в конкуренцію конкретних особистостей за “хлібне місце” керівника. Саме тому підтримку здобувають ті заходи чи проекти, які передбачають підтримку чи участь керівника відповідно до їх “значимості”. Визначення, який захід чи проект більш значимий, відноситься до компетенції керівника закладу. Йдеться про адміністративний ресурс, який відтворює режим самозабезпечення та переобрання.

Таким чином, визначені основні проблеми регіонального рівня, що зумовлюють зміни університетської освіти: недостатність високорозвиненого духовно-культурного базису; нерозвиненість єдиного ринку інтелектуальної праці; недостатня комплексність використання наукового потенціалу регіону; зростання регіональних університетів та кількості підрозділів провідних закладів з центру;

відсутність визнаних науково-методичних шкіл, не традиційних для конкретного регіону; низький рівень платоспроможності населення; відчутний відтік обдарованої молоді до столиці при одночасному зменшенні загальної кількості абітурієнтів; недостатність усвідомлення необхідності створення умов для здобуття якісної освіти на місцях як передумови розвитку регіону з боку регіональних органів влади; моноспрямованість індустріального розвитку регіону зумовлює протиріччя до тенденцій з гуманізації та демократизації суспільства; зміна традиційних замовників науково-технічної продукції університетської науки; недостатній рівень володіння іноземними мовами та міжнародного співробітництва; консерватизм змісту, форм та методів навчання; суб'єктивізм командно-адміністративного стилю управління.

## **ІННОВАЦІЙНІ ПЕДАГОГІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ПРОФЕСІЙНОЇ УНІВЕРСИТЕТСЬКОЇ ОСВІТИ**

*Мещанінов Олександр Павлович*

*Миколаївський державний гуманітарний університет імені Петра Могили*

*54003 м. Миколаїв, вул. 68 Десантників, 10*

*(0512) 50-03-33, [vrector@kma.mk.ua](mailto:vrector@kma.mk.ua)*

На шляху розвитку цивілізації традиційно виділяють такі етапи: механізація; автоматизація; інформатизація. Кожному з цих етапів відповідає мета. Метою розвитку на етапі механізації була розробка механізмів, які замінили важку фізичну працю людини. Тобто замість людини мусив працювати механізм або машина. Метою розвитку на етапі автоматизації було підвищення ефективності роботи машин та механізмів, звільнення людини від функції постійного нагляду та керування.

З розвитком цивілізації зростає обсяг знань та умінь, які накопичують покоління. Для їх засвоєння потрібно все більше часу, а на подальший розвиток знань часу не залишається. Єдиним виходом з цієї ситуації є підвищення ефективності оволодіння знаннями, а значить – і обмеження часу. Тобто метою розвитку на етапі інформатизації є підвищення ефективності розумової праці, у тому числі навчання та застосування знання.

Однією з форм діяльності людини є моделювання, тобто побудова, використання та удосконалення моделей. Необхідно зрозуміти універсальність законів природи, всезагальність моделювання, тобто не просто можливість, але і необхідність представлення будь-яких наших

знань у вигляді моделей. Як зазначає М.М. Моїсєєв, модель є способом існування знань. Отже, моделювання являє собою інноваційну педагогічну технологію, спираючись на яку викладач публічно та разом зі студентами проводить дослідження, здобуває потрібні знання, демонструє та передає досвід цієї творчої роботи молодому поколінню.

Є.В. Яковлев виділяє організаційні моделі, освітні моделі та моделі особистості фахівця. При цьому дослідник слідує класичним положенням теорії моделювання і відзначає визначальну роль цілей дослідження для способу й точності моделювання.

Так, *організаційна модель* закладу освіти відображає три аспекти: організаційні аспекти, механізми їх координаційної взаємодії та управлінські схеми. “Моделі слід будувати, виходячи з ідеї самоорганізації, розглядати їх як проміжні стани на шляху еволюції. Звідси випливає вимога щодо визначення ієрархії, що відображає шляхи розвитку їх компонентів при переході від однієї моделі до іншої” [549, с. 34].

*Освітня модель* закладу відображає як елементи, так і структуру освітніх цілей, елементи та структуру навчальних планів, зміст та структуру навчальних курсів, методи тестування та оцінки, групи студентів. При цьому дослідник відзначає як найбільш ефективний шлях побудови освітньої моделі – через опис “граничних” моделей освітнього простору.

*Моделі особистості фахівця* забезпечують ефективність управління якістю освіти. Моделі особистості фахівця виступають як своєрідний взірць, еталон, орієнтир для вибору напрямку підготовки студента, його самодіагностики та оцінювання якості навчання. У той же час це критерій для оцінки якості та відбору професорсько-викладацького і адміністративно-управлінського персоналів.

До групи моделей особистості фахівця слід віднести моделі, що розроблені у дослідженнях С.О. Сисоєвої, О.М. Пехоти, В.В. Рибалки, Г.О. Нагорної, О.І. Гури, А.Я. Циганенка, А.П. Алексеєнка, П.Ф. Кравчук та інших.

До групи організаційних моделей закладів освіти слід віднести моделі, що розроблені у дослідженнях О.В. Глузмана, А.О. Лігоцького, І.Л. Лікарчука, Я.В. Цехмістера, І.Г. Климкович, М.І. Лазарева, Ю. Краковського та Е. Щербини, В.С. Шило та інших.

До групи моделей закладу освіти віднесено моделі, що розроблені у дослідженнях В.М. Алфімова, П.А. Яковишина, Л.Я. Старовойт, Д.І. Коломієць та інших.

На основі систематизації результатів аналізу практики створення моделей сформулюємо ключові теоретичні засади моделювання у педагогічних галузях:

- Складність світу, систем та процесів потребує зміщення фокусу педагогічного процесу на його організацію як на моделювання: побудову, використання у навчальній діяльності та удосконалення моделей. Отже, ми дійшли висновку, що важливою інноваційною формою педагогічної діяльності є моделювання, а модель є необхідною формою представлення знань.
- Оскільки педагогічний процес здійснюється конкретним педагогом з індивідуальним світоглядом та творчими уподобаннями, пристрастями, то свободою вибору форм моделей представлення знань досягається врахування неповторної індивідуальності, цінності кожного викладача.
- Оскільки педагогічний процес індивідуально зорієнтований на врахування здібностей та досвіду, схильностей студентів до різноманіття, то свобода вибору форм моделей, використання та порівняння отриманих результатів у навчальній діяльності дозволяють кожному студенту обирати власні траєкторію та темп навчання.
- Динамічність світу, змін, побудова принципово нових систем зумовлюють потребу у створенні нових, більш досконалих, моделей об'єктів та систем. При цьому ніяк не зменшується цінність вже створених моделей. Еволюційність процесу моделювання від створення, через використання та дослідження, до вдосконалення моделей спрямовує практику моделювання на формування системи моделей для кожної предметної галузі на полідисциплінарній основі.
- Системний характер моделювання (створення, використання, вдосконалення), що поєднує викладача та студента у навчальному процесі через систематизацію здобутих результатів, орієнтує кожного на творчу співучасть та дозволяє відчувати себе співавторами, які причетні до здобуття нового знання. На наше переконання, при цьому також досягаються і цілі виховання, формування душі, піднесення духовних цінностей.
- Сутність, зміст моделі та моделювання полягає у створенні засобу пізнання, що відповідає суті та є педагогічним процесом як створення підручника для навчання. При цьому діючі моделі, які дозволяють самостійно вносити зміни, проводити дослідження, як засіб наукового передбачення природно поєднують процеси навчання та дослідження, фундаментальні та прикладні науки та дисципліни університетської освіти.

Таким чином, ми дійшли висновку, що моделювання педагогічних процесів має найрізноманітніші форми та цілі, зміст та орієнтацію, призначення та є інноваційною педагогічною технологією XXI століття. Моделювання у педагогіці представляє баланс, взаємодоповнення, єдність якісного та кількісного аналізу. Цей процес взаємодоповнення та взаємозбагачення є безперервним та нескінченним. Формалізація педагогічних принципів та залежностей як концептуальних якісних моделей, їх органічне доповнення кількісними математичними моделями відкривають новий простір, а за образом висловом М.О. Зубрицької на конференції переможців програми ім. Фулбрайта в Україні (Київ, листопад 2003 р.), “новий горизонт” для формулювання нових якісних оцінок, індикаторів, цінностей, цілей. Тобто – прогностичних моделей майбуття.

## **ВИЩІ НАВЧАЛЬНІ ЗАКЛАДИ КРИЗЬ ПРИЗМУ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ**

*Парсяк Володимир Никифорович, Драгомирова Ірина Михайлівна  
Миколаївська філія Європейського університету, Україна, 54010,  
Миколаїв, вул. Морехідна 2-а, [izotera@yandex.ru](mailto:izotera@yandex.ru)*

Системний підхід – важливий інструмент наукового пошуку. Використовується він і в дослідженнях, присвячених розбудові вітчизняної вищої освіти. Але, в цьому контексті концепція системного підходу потребує подальшого розвитку. Важливою ознакою системи є наявність підсистем, які далеко не обов’язково мають гомогенну природу, містять в собі своєрідні системні ознаки та автономне бачення власного майбутнього. Водночас, їхня підпорядкованість системі вищого порядку є безапеляційною. Ще однією частиною, без якої система не здатна існувати, є її елементи – неподільні складові які певним чином проявляють себе (на щось діють, змінюються або в інший спосіб беруть участь у метаморфозах системи). З нашого погляду, елементом, який складає сутнісний зміст ВНЗ, визначає його якісні характеристики, є викладач (не випадково, елементом, окрім іншого, називають ще й людину – носія певних соціальних ознак). Відносини між підсистемами мають доволі складну діалектику. Слід очікувати, що кожна з них сприяє виконанню системою покладеної на неї місії. Мі ж тим не виключено, що за певних умов між цілим та окремим можуть виникати протиріччя з наслідками далеко не завжди позитивними. І не лише для тієї чи іншої підсистем, але й для їхньої сукупності взагалі. Згадаємо з цього приводу так звану "управлінську

революцію" (перебирання професійними менеджерами влади в корпорації від її власників). Системний підхід дає підстави стверджувати: розвиток і ускладнення корпоративних структур посилює небезпеки "менеджеризму" і тому, потребує впровадження виважених запобіжних заходів.

Система (окремий ВНЗ – не виключення) знаходиться в постійній взаємодії з оточенням, безперервно відчуває на собі вплив його чинників. Наприклад, успішність навчального процесу визначається якістю підготовки абітурієнтів у навчальних закладах попередніх рівнів акредитації; залежить від відносин ВНЗ із колежами, технікумами, колегіумами. Це стосується також підприємств, організацій – замовників фахівців відповідного профілю; державних органів, які здійснюють акредитацію, ліцензування, поточний контроль за дотриманням галузевих освітніх стандартів, визначають обсяги державного замовлення на бакалаврів, спеціалістів, магістрів; конкурентів – навчальних закладів, які надають освітні послуги на одних і тих самих ринкових сегментах, виділених за географічною ознакою.

Отже, кожний ВНЗ є складовою системи вищого порядку, сигнали від якої мають бути не лише помічені, але й прогнозовані, а реакція на них – якомога швидкою та адекватною. Завдяки цьому відбувається оновлення і розвиток ВНЗ, набуття кожним з них відповідності новим суспільним вимогам: і в змістовній частині навчальних планів й робочих програм; і щодо організації навчального процесу; і, безумовно, по відношенню до організаційно-правових форм діяльності і внутрішніх механізмів економічної мотивації сталого розвитку закладів освіти, набуття ними здатності до самоорганізації.

Зрозуміло, що мета усієї системи формулюється власниками, відповідно до опрацьованої ними концепції діяльності закладу освіти та обмежень, з якими необхідно рахуватися. Загальна мета, в свою чергу, визначає функції підсистем, які складають корпорацію. Виконуючи їх, структурні підрозділи фактично приймають участь у життєдіяльності ВНЗ.

Крім забезпечення ефекту самоорганізації, ВНЗ корпоративного типу позитивно впливають на оточуюче середовище, посилюють його сталість, а отже сприяють подальшому розвитку. Зокрема, розповсюдження присутності провідних навчальних закладів у віддалених від них регіонах усуває диспропорції попиту та пропозиції на ринку освітніх послуг, активізує реформування економіки за рахунок збільшення кількості фахівців з вищою освітою (чисельність студентів із розрахунку на 10 тис. населення становить в Україні

578 осіб). Водночас, і зовнішні чинники здатні відігравати позитивну роль, коли, наприклад, в результаті діяльності системи виникають наслідки, які суспільство визнає ірраціональними (Міністерство освіти та науки України докладає чималі зусилля в боротьбі із псевдо навчальними закладами, де зухвало нехтують державними стандартами, недотримуються ліцензійних обсягів прийому студентів, створюють філії за кордоном тощо).

Наступна важлива риса системи – структура, яка визначає її внутрішню організацію, своєрідний спосіб взаємодії усіх складових. Без структури система не складає єдине ціле. Більш того, структура має бути вибудована таким чином, щоб узгоджувати інтереси різних рівнів корпорації. Інтерпретуючи методологічний аспект впливу структури на стан системи, слід зазначити, що оптимізація чисельного і якісного складу учасників корпорації (наприклад, підрозділів, відокремлених від ВНЗ), посилення на них мотиваційних впливів та доцільна координація дій спроможні суттєво покращити показники діяльності системи в цілому, включаючи підвищення ефективності навчального процесу, посилення конкурентоспроможності випускників на ринку праці.

Поняття структури використовують також для характеристики зв'язків, необхідних щоб дістатися поставленої перед системою мети. Завдяки зв'язкам вона виникає, функціонує, забезпечуючи своє самозбереження. Теорія та практика застосування системного підходу свідчать про наявність декількох видів зв'язків: між елементами (визначає ступінь тісноти їхньої взаємодії, що в кінцевому рахунку впливає на якісні характеристики функціонування усєї системи); на рівні системи в цілому (зберігає цілісність, підтримує її інтегративні властивості, не зважаючи на кількісний та якісний склад елементів); зворотного (сигнал про реакцію системи на екзогенні зміни).

Відповідальним завданням органу управління ВНЗ є безперервний моніторинг стану та поведінки системи. Чим вона складніша, тим актуальніше таке завдання. Пояснення: збільшення підсистем, якими рухаються управляючі рішення, здійснюється управляючий вплив, а потім транслюється повідомлення щодо його наслідків, призводить до того, що менеджмент з запізненням дізнається про отриманий результат і несвоєчасно реагує на них аби щось радикально змінити чи відкоригувати. Це стосується, зокрема, набуття ВНЗ, викладачами, які працюють в ньому, академічної мобільності – здатності швидко маневрувати між вимогами різноманітних навчальних планів щодо обсягів та змістовного наповнення курсів, які відбивають вимоги

галузевих стандартів та, водночас, враховують поточні потреби ринку праці.

Виходячи з вищевикладеного, дозволимо собі наступні висновки:

1. Оператори, що надають освітні послуги, є відкритими системами із наступними атрибутами: підсистеми, елементи, їх зв'язки і взаємодія. Як правило, вони мають багаторівневу побудову з відповідними шаблями організаційної ієрархії; динамічний і гнучкий характер, що наділяє їх здатністю до самозбереження і саморозвитку; не вільні від спеціального зовнішнього регулювання; спроможні адекватно реагувати на обмежувальні дії збурювальних чинників. Зв'язок корпоративних систем із зовнішнім середовищем є тісним і двостороннім, може носити позитивний й негативний характер.
2. Економічна природа і соціальне призначення ВНЗ дають підставити вважати: поширення переваг корпоративних організацій на цю сферу здатне сприяти взаємодоповнюючий ефект від інтеграції дій носіїв корпоративних відносин. З погляду на функціонування ВНЗ як системи, взаємодія її учасників (співвласників, керівництва, вченої ради, професорсько-викладацького складу) є суттєвою умовою узгодженого руху до спільної мети.
3. Звертає на себе увагу, що елементів та зв'язків між ними ще недостатньо для руху системи в бажаному напрямі. Для реального підтримання її організаційної завершеності вони потребує безперервного впорядкування за допомогою методів корпоративного управління.

УДК 658.56: 621

## **РІВЕНЬ ОСВІТИ ТА ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ НА ПІДПРИЄМСТВАХ УКРАЇНИ СИСТЕМИ МЕНЕДЖМЕНТУ ЯКОСТІ ЗГІДНО МІЖНАРОДНОГО СТАНДАРТУ ISO-9001**

*к.т.н. Капінос Л.В., ТОВ "ХекроПЕТ Лтд.", м. Хмельницький-29000, вул. Пілотська, 20,  
Україна, тел. +38 (0382) 690-824, факс +38 (0382) 690-825, E-mail:*

*[kapinos@hekropet.com.ua](mailto:kapinos@hekropet.com.ua)*

*Цасюк Т.В., Подільська Будівельна Спілка, м. Хмельницький-29000,  
вул. Курчатова, 103, Україна, тел./факс +38 (0382) 230232*

*Чернілевський К.І., ПМП "Свробуд", м. Хмельницький-29000, вул. Свободи,  
1а, Україна, тел./факс +38 (0382) 715521*

Як відомо розпад колишнього Радянського Союзу привів до утворення на його просторах незалежних держав і такі історично-немінучі політичні події не могли не подіяти на промислову

інфраструктуру вже кожної утвореної країни. Новостворенні політичні влади були не спроможні перешкодити розкраданню та занепаду технічного обладнання та устаткування на заводах, металургійних комбінатах, фабриках, цехах та інших промислових об'єктах. Був порушений економічний взаємозв'язок між промисловими установами, який створювався на протязі десятиріч. Крім того, безлад в податковій, митній і нарешті в державній політиці щодо виробника, змусили не тільки середні підприємства, але й промислових магнатів зупинити виробництво або істотно його скоротити.

Безумовно залучення іноземних коштів та інвестицій у відбудову і введення в дію рентабельних промислових об'єктів, налагодження тісного економічного зв'язку із сусідніми країнами, сприятливі економічні закони піднімають виснажені економіки незалежних держав колишнього Радянського Союзу. Але незнання сучасної світової системи стандартизації дуже негативно впливає на ці процеси. Тому на сьогоднішній день першочерговою задачею промислових об'єктів України є введення в дію системи менеджменту якості на основі вимог міжнародного стандарту ISO-9001.

Осягнути всепроникливість цього стандарту у світовій промисловості можна після слідуєчого прикладу. Відома німецька компанія Siemens – ведучий виробник не тільки промислових та електротоварів широкого вжитку, медичного обладнання, турбін для ГЕС і ТЕС, енергетичного обладнання і т.д., а й світовий виробник №1 моторів для охолодження двигуна (engine cooling motor/module) та автомобільного мотору кондиціонера (heating ventilation air conditioning motor). Компанія Siemens постачає ці продукти майже на всі моделі автомобілей Форд (Ford), Дженерал Моторс (GM), Бі-Ем-Дабл-Ю (BMW), Ауді (Audi), Вольксваген (Volkswagen) та інші. Розташований у провінції Онтаріо (Канада) завод SiemensVDO – є одним з трьох заводів компанії Siemens, спеціалізованих на виробництві цих моторів. Звичайно цей завод сертифікований не тільки стандартом ISO-9001, а й іншими – ISO-14001 (стандарт по охороні навколишнього середовища), TS-16949 (стандарт якості Америка-Європа, аналогічний ISO-9001) та іншими, що дають йому повне право не тільки випускати якісний продукт, але й продавати цю продукцію автомобільним компаніям світу (звичайно за системою договорів). Якщо припустити, що якась компанія не сертифікована стандартом ISO-9001 (QS-9000) може запропонувати такі самі моделі моторів, але за нижчу ціну, договори з нею на їх виробництво підписані не будуть тільки із-за відсутності сертифікації, яка й є гарантом якості продукції.

Більшість постачальників заводу SiemensVDO мають сертифікацію ISO-9001 (QS-9000), що дає їм змогу постачати матеріали, з яких потім збираються фінальні продукти - мотори для охолодження двигуна та для автомобільного кондиціонера. Наприклад, одна сталеплавильна компанія постачає листовий прокат іншої, та в свою чергу методом глибокого видавлювання отримує корпуси цих моторів, а цинк-фосфатне чи спеціальне покриття виконують вже інші компанії. Таким чином, на виробництво тільки однієї деталі (компонента) задіяно декілька компаній. А якщо уявити, що кількість компонентів такого мотора перевищує 30 одиниць, а кількість постачальників одного заводу SiemensVDO (Онтаріо) – більше 200 (в Канаді і США), то стане зрозумілим, що сотні мільйонів малих і великих компаній світу працюють тільки на виготовлення якоїсь продукції, з якої потім збирається остаточний продукт – автомобіль. Оскільки кожна автомобільна компанія має десятки моделей і їх модифікації, число їх постачальників і постачальників їх постачальників (переважаюча більшість з яких сертифікована стандартом ISO-9001) майже не піддається перерахунку. Отже стає зрозумілим масштабність і перспективність цієї стандартизації в майбутньому для промисловості в цілому. Ось чому знання процедур, дотримання яких вимагає стандарт ISO-9001, черговості кожного заходу (для вирішення технічної проблеми чи процедурного питання) та розуміння в цілому цього стандарту відкриває перспективи розвитку машинобудівної промисловості в Україні і створює умови для виробництва конкурентноспроможної продукції дійсно світової якості, а не тільки задовільняючої вимоги російського, молдавського чи беларуського споживача, тобто ринку сусідніх країн – колишніх Союзних республік.

Іншим прикладом підтверджуючим необхідність введення в дію системи менеджмента якості ISO-9001 в українську індустрію може бути випадок з ТОВ “Хекро ПЕТ Лтд.” (м.Хмельницький, Україна), яке спеціалізується на виробництві ПЕТ-преформ для пластикових ПЕТ-пляшок та індустріальної стретч-плівки. Виробляючи дуже різноманітний спектр преформ за кольором та розмірами дуже високої якості, відділ продажу підприємства не спроможний був реалізувати продукцію на ринок Західної Європи. І першопричиною цього була відсутність саме сертифікації підприємства “Хекро ПЕТ Лтд.” стандартом ISO-9001. Звичайно така перешкода не задовільняла ні директора українського підприємств, ні бельгійську сторону, яка зацікавилась якістю і ціною українського продукту, виробленого на сучасному екструзійному обладнанні. Процес сертифікації підприємства займає дуже багато часу, тому сторонами було прийнято

рішення по закупівлі допоміжного дорогокоштуючого обладнання за рахунок української сторони, спроможного перевіряти якість продукції на усі 100%. Крім того, враховуючи неможливість підписання сторонами контракту відповідно до ISO-9001 (оскільки компанія “Хекро ПЕТ Лтд.” не сертифікована) було залучено посередницьку німецьку компанію, яка була сертифікована ISO-9001 з відповідною системою менеджменту якості. Таким чином, вдалося налагодити комерційні зв’язки української компанії з країнами Західної Європи, але з вимушеними витратами, які підтверджують необхідність введення в дію системи менеджменту якості на основі міжнародного стандарту ISO-9001.

Безумовно діюча за часів Радянського Союзу система якості з інститутами ВТК (відділ технічного контролю) справлялася з задачею якості продукції, але такі її слабкі сторони, як негнучкість у швидкому переналадженню устаткування, недостатня інформаційна і технічна база приводили до швидкого старіння продукції і недосконалого його дизайну. Хоча надійність деяких деталей машин і устаткування не тільки не поступалася закордонним аналогам, а іноді й перевищувала їх. Але на той час держава жила тільки своїм промисловим внутрішнім ринком, відокремленим від світового. Теперішнє ж прагнення України злитися із світовою економікою потребує не тільки високий рівень спеціалістів, але й розуміння персоналом підприємств обов’язковості введення систем менеджменту якості на основі міжнародного стандарту ISO-9001.

Переконливим також може бути факт існуючих вимог щодо відкритих інженерних вакансій у Північній Америці (США, Канада). Відкривши найбільший веб-сайт по працевлаштуванню інженерів у цьому регіоні [www.workopolis.com](http://www.workopolis.com), можна пересвідчитися в наявності спільної вимоги майже до кожної інженерної чи менеджерської посади – знання ISO-9001 (“...to be familiar with ISO-9001”). Навіть відсутність цієї строки в вимогах до претендентів не вказує на необов’язковості знання цього стандарту, оскільки участь у зборах APQP (Advanced Product Quality Planning - Планування Якості Передової Продукції), PPAR (Production Part Approval Process - Процес Схвалення Виробництва Продукції) та FMEA (Failure Modes Effects Analysis - Аналіз Впливу Руйнівних Явищ) і передбачає знання стандарту ISO-9001, оскільки вищеперелічені заходи є його інструментами.

На жаль в вищих учбових закладах України цьому питанню не приділяється потрібної уваги, і навіть якщо студенти мають за програмою дисципліну “Стандартизація ISO-9001”, їх практичні знання у цій сфері дорівнюють нулю. І головна причина – не знання

викладача практичних інструментів цього стандарту, і як слід – суттєві розбіжності між теорією і практикою в знаннях молодих спеціалістів інженерних спеціальностей. Але винним у цій ситуації є не викладач, а Міністерство освіти та науки України, оскільки знаючи важливість і поширеність цієї системи якості в світі, отже й її перспективність для української промисловості взагалі не впроваджує учбові або практичні курси українських викладачів на західних підприємствах. На жаль потрібної літератури – практичних посібників стандарту ISO-9001 в світі не існує. Всі книжки по стандартизації ISO-9001 ніяк не роз'язують технічно-практичні питання, а лише розглядають історично-правові теми цього стандарту. Причина – справжні ринкові відношення в розвинутих країнах світу, тобто якщо є попит на цю інформацію, то вона коштує грошей. Існують дво- (16 годин), три-, чотири-, п'ятиденні курси, де викладаються основні інструменти стандарту ISO-9001 (вже вищезгаданні APQP, PPAP, FMEA, а також система Global 8D та інші), на яких спеціалісти з передових компаній світу пояснюють і показують на прикладах як ці інструменти працюють. Якщо комп'ютерну програму FMEA ще можна придбати за якісь кошти (див. веб-сайт [www.ISO-9001.org](http://www.ISO-9001.org)), то посібник до неї не існує. Усі передові компанії світу дають фінансову підтримку (тобто оплачують) вищеперелічені курси, аби їх працівники по справжньому підняли свій професійний рівень. Попрацювавши 2 роки інженером у Siemens VDO (Канада) один за авторів цієї статті переконався в дієспроможності такої системи. Коли кожен інженер, знаючи свої слабкі сторони в знанні інструментів стандарту ISO-9001 (та окремих інженерних дисциплін також), має можливість взяти необхідні декількаденні курси, які надаються не тільки сертифікованими організаціями, але й ВУЗами країни (університетами). Мережа інтернету та каталоги спеціалізованих курсів, які масовим тиражем розсилаються на початку року по малим і великим компаніям країни, дають повну інформацію про час, місце, ціну та зміст кожного з цих курсів. Отже дають можливість чіткого планування, або як кажуть американці “progrer management”, зваженого підходу до існуючих проблем на підприємствах, цим самим розвиваючи їх, а отже й економіку країни.

Останнім часом щось подібне створюється й на Україні: різні консалтингові фірми пропонують програми і тренінги з вищеперелічених тематик стандарту ISO-9001, але дуже важко визначити професіоналізм цих пропозицій, оскільки різниця між теорією і практикою створює перешкоди до налагодження дійсної системи менеджменту якості на реальному підприємстві. Навіть

обіцянки консалтингових фірм на введення в дію системи менеджменту якості ISO-9001 на українських підприємствах піддаються сумніву, оскільки знання наших спеціалістів ґрунтуються тільки на теоретичних і інформаційних відомостях. Щоб вирішити ці питання дійсно професіонально, необхідно на наш погляд залучати експертів (консультантів) з Західної Європи чи Північної Америки, які пропрацювали не один рік на сертифікованих стандартом ISO-9001 підприємствах і володіють методикою і технікою цієї системи якості з “внутрішньої сторони”, а не ззовні, як наші вітчизняні “спеціалісти”.

Звичайно пошук таких людей не є легкий, але позитивне вирішення цієї проблеми насажує на пошук. Так менеджментом “Хекро ПЕТ Лтд.” після тривалих пошуків було знайдено у Німеччині таку консалтингову компанію, персонал якої якраз і відповідає всім вищепереліченим вимогам. Їх досвід роботи у цій сфері виражає не тільки географією місця роботи (країни Західної Європи, Північна Америка, Азія і т.д.), але й авторитетом залучених до праці фірм (Siemens AG, EMC Corp., TDK Corp. та інші).

Таким чином, на сьогоднішній день існує серйозна перешкода до введення в дію системи менеджменту ISO-9001 на підприємствах України, яка пов’язана в першу чергу з людським фактором, тобто розуміння менеджментом підприємств необхідності сертифікації не за ради комерційної мети та виходу на західний ринок, а з ціллю налагодження ефективного управління з виробництвом дійсно якісного продукту. І другою перешкодою – є відсутність в Україні консалтингових компаній спроможних ввести в дію систему менеджменту ISO-9001 на підприємстві в усій її повноті із залученням всіх інструментів і технологій цього стандарту.

## **ОПЫТ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИН НА КАФЕДРЕ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ ФИЗИКО- ТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА НАЦИОНАЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА УКРАИНЫ «КИЕВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»**

*Богорош Александр Терентьевич, Воронов Сергей Александрович  
НТУУ «КПИ», +380 44-241 68 65, [fondfti@ntu-kpi.kiev.ua](mailto:fondfti@ntu-kpi.kiev.ua)*

Ежегодно кафедра прикладной физики выпускает от 15 до 20 бакалавров, специалистов и магистров в области экспериментальной и прикладной физики, 95% из которых, как правило, являются

лауреатами различных премий в научной сфере, многие являются победителями всеукраинских и международных олимпиад. Портреты этих студентов, бакалавров и магистров украшают галереи и музеи университета.

На младших курсах фундаментальные дисциплины преподают опытные штатные преподаватели университета, а на старших курсах, начиная со второго семестра третьего курса, постепенно студентам начинают преподавать специальные дисциплины ученые из Национальной академии наук Украины на условиях совместительства. Поэтому учебную практику студенты также проходят, как правило, в тех же институтах, откуда и преподаватели, а темами их исследований являются найденные каждым студентом отдельно в научной литературе или Интернете задачи, которые их особенно заинтересовали и на которые они самостоятельно пишут свои рефераты, делают предположения, предварительно проконсультировавшись с преподавателем, составляют план исследований, готовят опытные установки и начинают проводить исследования под наблюдением преподавателей. Большинство студентов, увлекшись исследованиями, начинают работать в научных лабораториях в свободное от учебы время, с удовольствием деля полезное с приятным. Учитывая интересы большинства, преподаватели при желании знакомят студентов со своими результатами исследований, обучают правильности постановки опытов, методов исследования и анализ полученных результатов. Поэтому курсы лекций, практических и лабораторных занятий обновляются ежегодно в соответствии с новыми достижениями и нередко комментируя, что данные результаты получены непосредственно таким-то студентом. При этом всей аудитории ставится задача найти сильные и слабые стороны полученных результатов, о качестве проведенных исследований, о сходимости уже известных результатов, о возможных погрешностях и прогнозировании других результатов, если видоизменить методику исследований. Это даёт возможность каждому студенту лучше вникнуть в суть конкретного примера, самостоятельно предложить путь дальнейших исследований с целью получения ожидаемого результата. Здесь очень эффективно индивидуальное тестирование студентов на каждом занятии в течение 5-15 минут. Для этого преподаватель по каждой теме разрабатывает вопросы и ответы и составляет для каждого индивидуальный тест из 5...10 вопросов. На каждый вопрос необходимо дать не менее пяти и не более 15 ответов. Практика показала, что количество тестов должно быть минимум на 30% больше числа присутствовавших на занятиях студентов. Все

тесты разные, времени недостаточно для коллективного обсуждения. Поэтому каждый студент изучает свой тест и проставляет ответ в специальный трафарет, что даёт возможность преподавателю сразу же определить качество ответов студента. При этом студент, вспоминая прошлую лекцию, уже настраивается на восприятие нового материала. Понимает, что его ожидает на следующем занятии. Поэтому вынужден не отвлекаться, а конспектировать материал самостоятельно. Кроме того, как правило, студенты перед занятием обязательно прочитают то, что законспектировали на предыдущей лекции.

Болонский процесс, который по приказу Министра образования и науки Украины уже второй год активно внедряют в высших учебных заведениях Украины, в основном рассчитан на самостоятельную работу студентов, не дает желаемого результата. Так как недостаточная стипендия заставляет основную массу студентов искать после занятий дополнительную работу, кроме того, каждый молодой человек должен иметь личное время. Поэтому времени на самостоятельную работу не остается. В этом случае тестирование перед началом каждого занятия, значительно повышает уровень качества восприятия предмета. И, по сути, является основным обучающим фактором данной дисциплины.

Далее каждая лекция начинается из мультимедийного воспроизведения на экране основных графиков, микрофотографий, схем, чертежей установок, постепенно переводя каскад рисунков на новую тему, тесно связывая пройденный материал с новым. Такой подход дает возможность каждому студенту самостоятельно выявить ошибки в ответах на тесты, что наилучшим образом дает возможность запомнить эту часть материала, и создает «переходной мостик» для восприятия нового материала.

Вместе с тем, такой подход имеет целый ряд недостатков: во-первых, на такие специальности заблаговременно ведут подготовку абитуриентов в колледжах и специальных классах преподаватели кафедры, ведя профессионально-агитационную работу на протяжении последних лет перед окончанием средней школы. Из таких классов, учитывая сложности отбора и дальнейшего обучения, очень мало желающих поступать на обучение на кафедру прикладной физики; во-вторых, в последний год обучения практически все студенты находят себе работу, и, как правило, в зарубежных фирмах, что не способствует омоложению научных кадров в Национальной академии наук Украины, где средний возраст ученых давно перевалил за 60 лет. При этом Украина является активным донором научных кадров для других стран.

В процессе обучения на кафедре прикладной физики обращают большое внимание на исторические персоналии, которые прославили свою Родину научными достижениями. Кстати, в НГУУ «КПИ» помимо Государственного технического музея, где размещено более 100 тысяч оригинальных экспонатов, сделанных руками студентов и преподавателей, имеется несколько галерей памятников известных во всем мире ученых и конструкторов, а также защитников Родины, что очень важно для патриотического воспитания студентов, а в натуральную величину действующие экспонаты также позволяют студентам мыслить рационально. Многие студенты после первой практики уже пытаются писать первые научные статьи, создавать новые изобретения, декларировать патенты и т.п. Зарождение такого творчества у молодого специалиста остается на всю жизнь. Кроме того, такие студенты, как правило, поощряются именными стипендиями, путевками в спортивно-оздоровительные студенческие лагеря, рекомендуются для обмена с иностранными студентами, а фотографии выигравших первые премии на различных международных конкурсах украшают стены ректорского корпуса НГУУ «КПИ», где также размещены исторические фотографии бывших студентов и преподавателей С.Королева, Д.Менделеева, С.Тимошенко, И.Сикорского, А.Люльки и мн.др.

Кроме того, наряду с изучением новых оригинальных курсов как Физическое материаловедение, Физико-химическая информатика, Синтез новых веществ и материалов, Гидроаэродинамика ветророторов с вертикальной осью вращения и др. проводится гуманитаризация образования на примерах и опыте многих зарубежных учебных заведений: Оксфорда, Кембриджа, Гарварда, Сорбонны и других. В этих вузах обучают также адаптации и быстрому переучиванию для получения другой родственной или иной специальности в условиях требований развитых рыночных отношений. С этой целью, например, на кафедре прикладной физики, подготовлено ряд сборников терминов по разделам математики, теоретический и прикладной механики, биологии, микробиологии, инженерии на пяти европейских языках для облегчения студентам пользоваться специальной литературой и Интернетом, применять условия требований международных стандартов GMP, ISO, GLP, GCP и др.

## **РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИНЦИПОВ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ**

*Николаев Вадим Александрович, Самарский государственный технический университет  
(СамГТУ), 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244. Главный корпус, тел. (846)  
242-38-92 ,email: fpkp@samgtu.ru*

Высокое качество инженерного образования является одним из главных условий построения промышленно развитого государства. Рассматривая инженерное образование как деятельность, включающую множество взаимосвязанных процессов, следует исходить из того, что каждый из процессов выполняется в определённом временном интервале и подвержен изменчивости. Причинами изменчивости являются специальные и случайные влияния, вызывающие в определённых условиях несоответствия в освоении образовательных программ. Совместное действие влияний приводит к рассеянию характеристик качества образования. Рассеяние имеет тенденцию к неограниченному возрастанию. В результате процессы становятся всё менее эффективными, а качество образования падает.

Специальные влияния легко выявляются и устраняются непосредственно в ходе процесса. Случайные влияния порождают подавляющее число несоответствий (до 85%). Их устранение возможно только путём принятия и реализации управляющих решений высокого уровня. Часто для достижения результата необходимо коренным образом изменить процесс, его участников, инфраструктуру и производственную среду. Образовательная деятельность не является в этом смысле исключением. Учебный процесс, не подвергающийся постоянному улучшению, ухудшается сам по себе. Для улучшения процесса им необходимо управлять. В международной практике определены принципы менеджмента качества, которые могут быть заложены в основу улучшения деятельности организации. В СамГТУ с необходимой степенью полноты реализуются все восемь принципов, описанные в МС ISO 9000:2000 ( R ).

Ориентация на текущие и будущие потребности потребителей образования считается в СамГТУ одним из основных принципов системного управления качеством. Однако это не означает, что университет осуществляет свою деятельность на основе адаптивной модели. Приспосабливаясь в определённой степени к интересам потребителей, университет одновременно активно формирует собственную стратегию развития, стремясь превзойти ожидания потребителей и общества. Это относится как к новым направлениям подготовки инженерных кадров, так и к применяемым технологиям

обучения. Интеграция обучения, научных исследований и производственной деятельности создаёт необходимые условия для организации функционально-ориентированной подготовки инженеров. Предлагаемые программы обучения в значительной степени базируются на актуализированных в университете научных компетенциях в таких областях, как : добыча, транспортировка и переработка нефти и газа, информационные технологии и автоматическое управление, электроэнергетика, синтез материалов с уникальными свойствами и ряде других.

Ректорат обеспечивает единство цели и направления развития университета. Его лидерство реализуется через Политику в области качества, планирование соответствующей деятельности и вовлечение сотрудников и студентов в решение задач по обеспечению качества образования. Эффективным инструментом ускорения развития приоритетных направлений является, осуществляемый ректоратом, менеджмент всех видов ресурсов. Переход от руководства с ориентацией на предписания к ориентации на общечеловеческие ценности усилил лидерство руководства и создал благоприятную внутреннюю среду.

Вовлечение сотрудников и студентов создаёт возможности университету наиболее результативно и эффективно использовать их способности увеличивать ценность образовательной деятельности. В реализации данного принципа существенную роль играют преодоление интеллектуальной разобщённости и действующие механизмы материального и морального стимулирования. Признание заслуг и достижений способствует вовлечению сотрудников в улучшение деятельности университета. Организация межпредметных постоянно действующих семинаров, проведение научно-методических конференций, круглых столов обеспечивает открытый и конструктивный обмен мнениями о методах достижения качества образовательной деятельности и возможных технологиях их практической реализации.

Процессный подход реализуется в университете путём определения процессов основных, прямо добавляющих ценность образования, и процессов вспомогательных. К основным процессам отнесены: процессы для результативного и эффективного поддержания связей с потребителями, проектирования современных технологий образования, приём студентов в университет, процессы, обеспечивающие обучение в управляемых условиях, процессы разработки и управления методическим обеспечением системы контроля знаний и проведения квалификационных испытаний,

трудоустройство и профессиональное сопровождение выпускников. Для указанных процессов установлены входные и выходные измеряемые величины, построены блок-схемы и выявлены операции принятия решений. На основании анализа структурных связей внутри и между процессами разработаны алгоритмы управления. С целью устранения неопределённостей в принятии решений по управлению были назначены руководители процессов. Определены их полномочия и ответственность. В результате реализации основных элементов процессного подхода удалось сформировать в университете устойчивую тенденцию к созданию управляемой внутренней среды, опирающейся на знания, профессионализм и гражданскую позицию.

Реализация системного подхода была осуществлена путём проектирования, внедрения и последующей сертификации по системе ГОСТ Р внутривузовской системы менеджмента качества.

Принцип постоянного улучшения деятельности реализован в университете на основе рекомендаций МС ISO 9004:2000 ( R ). Особое внимание при этом уделено процедурам сопоставления результатов деятельности. Предпочтение было отдано качественным показателям деятельности перед количественными. Неоднократное участие университета в конкурсах «Внутривузовские системы обеспечения качества подготовки специалистов» позволило достаточно объективно оценить достигнутые результаты. В 2007 году университет принимает участие в конкурсе Правительства РФ в области качества и улучшения деятельности организаций.

Принятие решений для улучшения деятельности осуществляется в университете на основе анализа данных и информации. Действует хорошо отлаженная система внутренних аудитов, которая не только выявляет несоответствия, но и обеспечивает оперативное их устранение. Ректорат подвергает анализу свою деятельность с использованием самооценки в форме ответов сотрудников на типичные вопросы. В университете используются стандартные инструменты анализа причин проблем качества с использованием методики A-PDCA и «Семь инструментов управления».

Взаимовыгодные отношения с образовательными учреждениями общего, начального и среднего профессионального образования необходимы университету для приёма наиболее подготовленной и профессионально ориентированной молодёжи. Формирование устойчивых профессиональных и гуманитарных связей с будущими студентами производится задолго до их поступления в университет.

Реализация принципов менеджмента качества позволила в значительной степени блокировать негативные тенденции, связанные в

первую очередь с отсутствием мотивации и деформированным представлением о ценности инженерного труда. Обеспечено заметное улучшение качества образования. Созданы необходимые предпосылки для международной аккредитации образовательных программ и академической мобильности. Всё это позитивно отразилось на восприятии университета обществом.

## **ІНТЕРНЕТ, ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ**

*Лариса Морська*

*Хмельницький національний університет, доцент кафедри романо-германських мов*

У загальному плані концептуальні засади національної освітньо-наукової програми передбачають оновлення змісту освіти, взаємоузгодження його на всіх освітніх рівнях, впровадження новітніх освітніх технологій, опанування кращим світовим та вітчизняним досвідом, формування нової генерації педагогічних кадрів.

Освіта на сучасному етапі має розглядатися як найважливіша складова науково-технічного та соціально-економічного стану держави, оскільки її науковий, технологічний та культурний розвиток забезпечується лише тоді, коли не менше ніж 25% працездатного населення мають відповідний фаховий і культурно-освітній рівень.

Тому традиційні форми навчання поступово замінюються новітніми технологіями, спрямованими на формування навичок та вмінь, що відповідають випереджаючому стану науки та техніки.

В останні роки все частіше піднімається питання про застосування нових інформаційних технологій у ВНЗ. Це не тільки нові технічні засоби, але і нові форми й методи викладання, новий підхід до процесу навчання. Основною метою навчання іноземним мовам є формування й розвиток комунікативної культури студентів, навчання практичному оволодінню іноземною мовою.

Світовий досвід свідчить про інтенсивне використання Інтернет-ресурсів, що надає можливість широким верствам населення постійно поповнювати професійну компетенцію, забезпечують індивідуалізацію і диференціацію навчання.

Основна мета вивчення іноземної мови у вищому навчальному закладі – формування комунікативної компетенції, всі інші цілі (освітня, виховна, розвиваюча) реалізуються в процесі здійснення цієї головної мети. Комунікативний підхід передбачає навчання

спілкуванню і формування здатності до міжкультурної взаємодії, що є основою функціонування Інтернету.

Першорядне значення надається розумінню, передачі і вираженню змісту, що мотивує вивчення структури і словника іноземної мови, що служать цій меті. Таким чином, увага студентів концентрується на використанні форм. Навчання граматиці здійснюється непрямим способом, у безпосередньому спілкуванні, крім чистого вивчення граматичних правил.

Розвиток освіти в наші дні органічно пов'язаний з підвищенням рівня його інформаційного потенціалу. Ця характерна риса багато в чому визначає як напрямок еволюції самої освіти, так і майбутнє всього суспільства. Для найбільш успішного орієнтування у світовому інформаційному просторі необхідне оволодіння студентами інформаційною культурою, а також комп'ютерно-екранною культурою, оскільки у пошуку інформації усе більше і більше віддається Інтернету.

Оволодіння комунікативною і міжкультурною компетенцією неможливо без практики спілкування, і використання ресурсів Інтернет на занятті з іноземної мови в цьому сенсі просто незамінне. Однак, не можна забувати про те, що Інтернет – лише допоміжний технічний засіб навчання, і для досягнення оптимальних результатів необхідно грамотно інтегрувати його використання в процес навчання.

Сьогодні пріоритет надається комунікативності, інтерактивності, автентичності спілкування, вивченню мови в культурному контексті, автономності і гуманізації навчання. Дані принципи уможливають розвиток міжкультурної компетенції як компонента комунікативної здатності.

Кінцевою метою навчання іноземним мовам є навчання вільному орієнтуванню в іншомовному середовищі й умінню адекватно реагувати в різних ситуаціях, тобто спілкуванню. Нові погляди на результат навчання сприяли появі нових технологій і відмові від застарілих. Сьогодні нові методики з використанням Інтернет-ресурсів протиставляються традиційному навчанню іноземним мовам. Поняття *традиційний* асоціюється в першу чергу з вивченням правил і виконанням мовних вправ, тобто з розмовами *про мову* замість спілкування *мовою*. Багато викладачів і дотепер переконані, що словниковий запас + необхідні структури = мова, і це лежить в основі процесу навчання. Але мова – це не математика (хоч і мовні структури є не що інше, як формули, необхідні для запам'ятовування) і не просто інтелектуальна субстанція. Інтелект не вступить у дію без визначеної мотивації і рідко функціонує без елемента емоцій, а саме цих

складових часто не вистачає в методичному матеріалі. Щоб навчити спілкуванню іноземною мовою, потрібно створити реальні, дійсні життєві ситуації (тобто те, що називається принципом автентичності спілкування), що будуть стимулювати вивчення матеріалу і виробляти адекватне поведіння. Цю помилку намагаються виправити нові технології, зокрема Інтернет.

Як відомо, все, чому навчається людина, вона прагне використати в майбутній діяльності. Отже, готувати студента до участі в процесі іншомовного спілкування потрібно в умовах іншомовного спілкування, створених в аудиторії. Це і визначає сутність комунікативного навчання, що полягає в тому, що процес навчання є моделлю процесу спілкування.

Комунікативний підхід – стратегія, що моделює спілкування, спрямована на створення психологічної і мовної готовності до спілкування, на свідоме осмислення матеріалу і способів дій з ним, а також на усвідомлення вимог до ефективності висловлювання. Для користувача реалізація комунікативного підходу в Інтернет не представляє особливої складності. Комунікативне завдання повинне пропонувати студентам проблему або питання для обговорення, причому студенти не просто діляться інформацією, але й оцінюють її. Важливо, щоб таке завдання уможливило гнучке використання всіх знань і умінь учнів. Головним критерієм, що дозволяє відрізнити цей підхід від інших видів навчальної діяльності є те, що учні самостійно вибирають мовні одиниці для оформлення своїх думок. У них з'являється можливість виразити себе і свій досвід за допомогою іноземної мови як Особистість, а саме особистість поставлена в центр теорій освіти для майбутнього. Комунікативний підхід у значній мірі спрямований на тих, кого навчають, що відповідає основному критерію сучасної дидактики.

Використання Інтернету в комунікативному підході якомога краще мотивоване: його ціль полягає в тому, щоб зацікавити тих, кого навчають, у вивченні іноземної мови за допомогою накопичення і розширення їхніх знань і досвіду. Ті, кого навчають, повинні бути готові використовувати мову для реальної комунікації поза заняттями, наприклад, під час відвідувань країни досліджуваної мови, під час прийому іноземних гостей, при листуванні, при обміні аудіо- і відеокасетами, і т.п. При цьому термін *комунікативність* не повинний розумітися вузько, чисто прагматично. Цей підхід, реалізований в Інтернеті, залучає тих, кого навчають, шляхом зосередження на темах, що їх цікавлять і надання їм можливості вибору текстів і завдань для досягнення цілей програми. Комунікативне навчання мови за

допомогою Інтернет підкреслює важливість розвитку здібностей студентів і їх бажання вдало використовувати досліджувану іноземну мову з метою ефективного спілкування. Першорядне значення надається розумінню, передачі і вираженню зміста, а вивчення структури і словника іноземної мови служать цій меті. На додаток до комунікативних потреб тим, кого навчають, необхідно засвоїти методику роботи в Інтернеті, щоб бути більш відповідальними за своє власне навчання. Їм потрібно виробити здатність справлятися із ситуацією, коли їхні мовні ресурси недостатньо адекватні; мати гарні навички; здатність оцінювати свою власну мову й успіхи, а також здатність визначати і розв'язувати навчальні проблеми. Розвиток самостійності тих, кого навчають, за допомогою глобальної мережі являє собою поступовий процес, до якого необхідно заохочувати. Можливо, найбільш важливим завданням, що стоїть перед викладачем мови, є використання всіх оптимальних способів, що ведуть до поступово зростаючої самостійності.

Створення комунікативності в Інтернеті вимагає часу. Необхідна підтримуюча соціально-психологічна атмосфера, упевненість студента, що його поважають як особистість зі своїми власними поглядами, інтересами, сильними і слабкими сторонами і кращим для нього стилем навчання. Атмосфера ця характеризується духом взаємодопомоги, при якому вивчення іноземної мови за допомогою Інтернету є соціально-обумовленим досвідом.

Однією з умов щодо навчання іноземним мовам з використанням Інтернет-ресурсів є створення взаємодії на занятті, що в методиці має назву *інтерактивність*. Даний принцип не є новим, однак дотепер не існує єдиного визначення даного підходу. Відповідно до визначення російського дослідника Р.П.Мільруда інтерактивність – це *“объединение, координация и взаимодополнение усилий коммуникативной цели и результата речевыми средствами”* [2,5]. Відповідно до цього визначення можна зробити висновок, що інтерактивний підхід у віртуальному просторі служить одним із засобів досягнення комунікативної мети. Від принципу комунікативності він відрізняється наявністю широго співробітництва, де основний акцент робиться на розвиток вмінь спілкуватися, в той час як для комунікативного завдання це не є обов'язковою метою (адже одним з найпоширеніших видів комунікативного завдання є монолог).

Навчаючи справжній мові, Інтернет допомагає у формуванні вмінь і навичок розмовної мови, а також у навчанні лексиці і граматиці, забезпечуючи справжню зацікавленість і, отже, ефективність. Більш того, Інтернет розвиває навички, важливі не

тільки для іноземної мови. Це, насамперед, пов'язано з розумовими операціями: аналіза, синтеза, абстрагування, ідентифікації, порівняння, зіставлення і т.п. Таким чином, навички й уміння, що формуються за допомогою Інтернет-технологій, виходять за межі іншомовної компетенції навіть у рамках “мовного” аспекту. Інтернет розвиває соціальні і психологічні якості, виступаючи як засіб інтерактивного підходу.

Інтерактивність не просто створює реальні ситуації з життя, але і змушує студентів адекватно реагувати на них за допомогою іноземної мови. І коли це вдається, можна говорити про мовну компетенцію, нехай навіть при наявності помилок. Головне – уміння спонтанно, гармонійно реагувати на висловлювання інших, виражати свої почуття та емоції, тобто ми можемо розглядати інтерактивність як спосіб саморозвитку через Інтернет; можливість спостерігати і копіювати використання мови, навички, зразки поводження партнерів; вилучати нові значення проблем під час їхнього спільного обговорення.

### *Література*

1. Кушиниренко А. Г., Леонов А. Г., Кузьменко М. А. и т.д. *Что такое Интернет? Информационные и коммуникационные технологии в образовании. // Информатика и образование. – 1998. - № 5-7. – С. 91-101.*
2. Мильруд Р.П. *Сотрудничество на уроке иностранного языка, // ИЯШ. – 1991. – № 6. – С.3-8.*
3. *Пассов Е.И. Коммуникативный метод обучения иностранному говорению. – М.: Просвещение, 1991. – С.24-28.*
4. *Полдогова Т.А., Пономарева В.В. Внедрение компьютерных технологий в преподавание иностранных языков. // ИЯШ. – 1997. – № 6. – С. 2-7.*

## **ОСВІТА В КОНТЕКСТІ СУЧАСНИХ СОЦІОКУЛЬТУРНИХ ВИКЛИКІВ**

*І.Предборська* (доктор філософських наук, професор кафедри філософії освіти,  
Національний педагогічний університет імені М.П.Драгоманова, м. Київ),

*В.Предборський* (кандидат філософських наук, доцент, Хмельницький національний  
університет, м. Хмельницький)

Сучасні зміни в освіті спричинені низкою соціокультурних та політико-економічних обставин. Зокрема вони викликані переходом людства до нового типу цивілізації, яка в науковій літературі набула назви «інформаційне суспільство». Освіта як соціальний інститут відповідно реагує на всі зрушення, що відбуваються в суспільстві. За рахунок поширення інформаційно-освітніх технологій змінюється

характер усіх сфер соціального життя. Змінам підлягає все: і джерела енергії, і виробництво, і знаряддя праці і т.п. Так, наприклад, якщо об'єктом накопичення в індустріальному суспільстві були гроші, ресурси, влада, то в інформаційному їм протистоять знання, виробнича компетентність. Якщо в індустріальному суспільстві безпосереднім ланцюгом виробничого процесу були фабрика та завод, то в сучасному соціумі ним стають університети, де виробляються нові знання як особлива цінність інформаційного суспільства

Відбулися зміни в екзистенційній ситуації людства. Світ характеризується безпрецедентним зростанням випадковості, нестійкості, динамізму та непередбаченості. У просторі існування *Homo Sapiens* створюються все нові та нові зони ризику й невизначеності. За висловом американського дослідника Р. Біла, весь світ входить у зону небезпечності, безпорядку та потенційного лиха – зону – «D» (від англ. *danger, disorder, disaster*), поки що невідому і з якою люди ніколи не стикалися. На сучасному етапі очевидно, що *Homo Faber* перемагає над *Homo Sapiens*. Людина стала заручницею того, що сама створила.

Сучасна наукова картина світу свідчить про кризу раціоналістичного світогляду, який орієнтував людину на постійне перетворення світу в своїх інтересах за законами розуму. Сьогодні значення набуває інший світоглядний підхід: людина повинна впорядковувати своє індивідуальне буття за законами універсального світопорядку.

Інша особливість сучасної картини світу пов'язана з виникнення в кінці ХХ ст. передумов для формування нового за своїм рівнем і масштабами синтезу природничих і гуманітарних наук. Суть цього феномена полягає в тому, що наукове знання набуває статусу духовного пошуку, з частково вузькопрофесійної діяльності перетворюється на смисложитеву орієнтацію. В цьому факті простежується логіка духовного розвитку людства в пошуках розуміння і опису вічних, абсолютних сенсів буття.

Сучасна людина – людина науково-технічної доби – переконується в синхронності та ідентичності законів розвитку Всесвіту, соціуму та людини. Тому сьогодні в пошуках відповіді на питання про своє місце у світі людина природно прагне до універсалізації знання, тобто до подолання роздробленості сучасного наукового знання. Говорячи про потребу в ствердженні духовних світоглядних засад, йдеться не стільки про синкретичність мислення, скільки про синтез, цілісність істини як смисл сенсів.

На освітні процеси впливає і глобалізація як об'єктивно зумовлений процес зростання загальної взаємозалежності країн і союзів країн в умовах розширення об'єктів сучасного світу. В основі культурної складової глобалізації лежать нові технології виробництва знань, засобів спілкування, результатом яких є зближення народів в культурному плані. Одним із наслідків культурної глобалізації є монополізація інформації, освіти і духовного простору із боку mass media. Йдеться про ідеологічний імперіалізм, який спричинює відчуження більшої частини людства від можливостей використання навіть перетворених форм інформації. Відбувається зростаюче придушення особистості людини як соціокультурного феномена. Вона перетворюється в клієнта, підпорядкованого стандартам «суспільства споживання», позбавляється можливості вибору і створення освітньо-культурного середовища за своїми ціннісними стандартами.

Поряд з тим глобалізація однак не означає уніфікацію, гомогенізацію культурно-освітніх процесів. Розуміння глобалізації як різноманіття, а не гомогенності є важливим методологічним ключем до тлумачення інтеграційних процесів в сучасній освіті, в тому числі Болонського процесу.

Виходячи з українських реалій, можна сказати, що без відповідних змін у змісті навчання, способі виробництва знання Болонський процес як освітня перспектива матиме негативні наслідки у вигляді подальшого відчуження знання, зниження його якості та ін. Небезпека посилюється поширенням формального підходу до його впровадження, що є наслідком нашої надмірно забюрократизованої системи освіти. У такому контексті будь-яка за своєю суттю справа набуває кампанії по типу «виконати і перевиконати». Це виявляється у спробі редукувати зміст даного процесу до його форми, презентувати Болонський процес лише як перехід на кредитно-модульну систему. На жаль, за дужками залишаються досить важливі, на нашу думку, для модернізації української системи освіти питання, серед яких: підвищення престижу знання; повага гідності суб'єктів освітнього процесу; рівномірне поєднання обов'язкових та вибіркових курсів; повага до інтелектуальної власності (наприклад, відверте засудження плагіату аж до юридичних санкцій); демократизм; можливість індивідуальної роботи із студентами (шляхом зменшення кількості студентів на одного викладача); методичне та інформаційне забезпечення; гнучкість навчального плану; диференціювання матеріальної винагороди викладача в залежності від його реальних здобутків; створення умов для наукової роботи та ін. Модернізація вітчизняної освіти потребує переосмислення її методологічних засад,

що в першу чергу передбачає: відхід від принципів авторитарної педагогіки з її чітко вираженою статусною суперечністю учителя і учня (суб'єкт-об'єктні відносини), ідеєю домінування і підкорення.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ КУРСА «ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

*Евдокимов Михаил Александрович, Стельмах Янина Геннадьевна  
Самарский государственный технический университет  
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244. Главный корпус  
тел.2784303, email: [evd@samgtu.ru](mailto:evd@samgtu.ru)*

Применение информационных технологий позволяет значительно повысить эффективность образовательной системы. Увеличение объема информации послужило одним из оснований информатизации общества, которое заключается в прогрессивно нарастающем использовании информационной техники для производства, переработки, хранения и распространения информации. В качестве источников могут выступать различные информационные ресурсы (Интернет, лекции, электронные учебники и т.д.), представленные в текстовом виде. Задача равноценного интеллектуального диалога между человеком и компьютером неосуществима без познания механизмов, лежащих в основе создания и понимания текстов. Компьютерный анализ текста предполагает извлечение семантически связанной, полезной для пользователя информации, которая может быть использована им при построении банков данных, классификаторов, баз данных, баз и систем знаний, в том числе и профессиональных.

Выделяют следующие задачи обработки текстов: определение авторства текста; автоматический машинный перевод; автоматическое реферирование, создание профессиональных каталогов и др. Методы анализа текста изложены в трудах Ю.Д.Апресяна, А.А.Маркова, А.Т.Фоменко, Д.В.Хмельова, Н.Ю.Шведовой и др. Для анализа и поиска информации реализованы специализированные программные средства, например, такие как Oracle Text, TextAnalyst, инструменты компании Гарант-Парк-Интернет, «Система управления досье X-Files» и целый ряд других.

Однако можно отметить, что на текущий момент задачи автоматического проведения анализа текстов до конца не решены. Существующие методы компьютерного анализа не полностью обеспечивают потребности конечных пользователей, связанные с обработкой текстов и автоматизацией процессов использования информационных ресурсов по различным направлениям профессиональной деятельности.

В вузе профессиональные требования определяются ГОС ВПО по специальности и направлению подготовки. Требования ГОС ВПО устанавливают необходимые профессиональные навыки и умения, получаемые в процессе обучения. Качество подготовки специалиста во многом определяется программой его обучения, и, в частности - учебным планом. Достижение целей профессиональной подготовки осуществляется путем реализации учебных планов, которые включают в себя дисциплины федерального и регионального компонентов, а также дисциплины, изучаемые по выбору студентов. Задачи, решаемые при профессиональной подготовке, реализуются в соответствии с программами дисциплин циклов, предусмотренных учебными планами. В настоящее время процесс составления учебных программ, основанный на опыте и интуиции работников высшей школы, нуждается в серьезном совершенствовании и научном обосновании принимаемых решений. Это особенно актуально в условиях все возрастающих требований к подготовке специалистов, необходимости частого обновления учебных программ, необходимости повышения качества учебного процесса. Необходим поиск новых подходов, обеспечивающий целесообразную перестройку системы профессионального образования с учетом жизненных реалий.

Существенно важным компонентом профессионального образования является его содержание. Тесно связанное с уровнем развития науки, техники и производства, оно подвергается наиболее интенсивным преобразованиям, вытекающим из изменений содержания труда, развития структуры рынка труда. Содержание любого предмета или дисциплины представляет собой набор учебных элементов (знаний, умений, навыков), которые предъявляются обучаемым, и которые должны быть подвергнуты контролю усвоения. Успех обучения заключается не только в выборе соответствующего учебного материала, на него влияет также целесообразное упорядочение материала. Принцип структурирования осуществляется через четкое деление целей и содержания обучения. Полнота контроля усвоения знаний определяется количеством основных элементов учебного материала, выносимых на проверку. Реализация этого

положения возможна, так как по каждому конкретному предмету будет проведен анализ и при обобщении результатов учитываются данные для каждой дисциплины.

На кафедре «Высшая математика и прикладная информатика» (ВМиПИ) Самарского государственного технического университета была разработана компьютерная программа «Морфологический анализатор». Она предназначена для получения информации о частоте встречаемости тех или иных терминов в учебном материале, отобранном по курсу выбранной специальности. В составе программы имеется тезаурус, содержащий термины из основных разделов математики, таких как «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Математический анализ», «Интегралы», «Дифференциальные уравнения» и др. Программа работает как с отдельными терминами, так и со словосочетаниями. Кроме того, имеется возможность редактирования тезауруса, т.е. добавления или удаления терминов из словаря. После обработки текста предусмотрена возможность сохранения результатов частотного анализа в текстовом файле или файле Microsoft Excel.

Систематизация результатов работы программы позволяет оценить использование математики во всех учебных дисциплинах, что дает возможность моделировать типовую программу курса «Высшая математика» (ВМ) с позиций обеспечения необходимым математическим аппаратом естественнонаучных, социально-экономических, общепрофессиональных и специальных дисциплин.

Модель процесса формирования рабочей программы курса ВМ состоит из структурных элементов, каждый из которых несет на себе определенную функциональную нагрузку и связанных между собой в определенной процессуальной последовательности. Выделим основные структурные элементы этого процесса:

- требования к курсу. Они определяются требованиями Государственного образовательного стандарта по специальности;
- особенности построения учебного курса (принципы его построения), дающие общее представление о курсе, его целях, содержательном ядре, методах организации деятельности студентов и т.д.;
- определение целей и задач курса;
- создание структуры, формирующая представление о курсе как едином целом;
- отбор содержания курса с помощью компьютерной программы «Морфологический анализатор» содержащий следующие этапы: 1. формирование тезауруса-словаря математических терминов с

помощью экспертной группы, составленной из преподавателей кафедры ВМиПИ; 2. подготовка учебных текстов дисциплин специальности, для которых имеют место межпредметные связи; 3. компьютерный анализ, позволяющий получить информации о частоте встречаемости тех или иных терминов в учебном материале, отобранном по курсу выбранной специальности; 4. обработка программного результата, показывающая в процентном отношении необходимость насыщения программы курса тем или иным материалом.

- обобщение результатов, упорядочение и распределение часов;
- проверка на эффективность;
- анализ и корректировка результатов.

Разработанная модель формирования рабочей программы курса ВМ позволяет решить вопрос об объеме математических знаний и является средством повышения математического образования.

## **НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ МИГРАЦИИ И МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА УЧЕНЫХ**

*Сокол В.М., Институт прогрессивных исследований,  
п.я. 5193, Арад 89151, Израиль.*

Тел.: +972 72 211 32 05; +972 776 56 58. E-mail: [ymsokol@012.net.il](mailto:ymsokol@012.net.il)

Конец XX столетия и начало XXI века характеризуются достаточно интенсивной миграцией ученых. Не останавливаясь на анализе причин миграции, отметим, что наибольшее распространение это явление получило в течение последних 15 – 20 лет. Можно выделить две основные категории ученых-мигрантов, существенно отличающихся по возрастному параметру.

К первой категории относятся молодые ученые, начинающие свою научную карьеру. Не имея определенного багажа научных исследований в каком-либо направлении, такие ученые способны достаточно легко адаптироваться к новым условиям, в которых они оказываются в результате миграции. Это объясняется как относительно небольшим опытом научных исследований и относительно небольшим тезаурусом, так и значительным ресурсом времени, позволяющим безболезненно изменить направление научных исследований и заново начать научную карьеру.

Ко второй категории относятся ученые-мигранты, перешагнувшие 45-50-летний возрастной барьер. Такие ученые, как правило, обладают значительным опытом научных исследований и обширным тезаурусом. Накопленные знания и опыт в определенной области научных

исследований и сравнительно небольшой временной ресурс не позволяют этой категории ученых кардинально изменить направление научных исследований и заново начать свою научную карьеру. Эти обстоятельства значительно усложняют адаптацию ученых старших возрастных категорий к новым условиям, возникающим вследствие миграции. Существенным препятствием адаптации ученого в новых для него условиях может оказаться языковой барьер, ибо зачастую даже относительно неплохое овладение языком новой страны оказывается несравненно хуже владения языком, на котором ученый привык думать и говорить с младенчества. Существующие системы адаптации ученых «изобретаются» чиновниками соответствующих ведомств, достаточно далекими от специфики науки, и более подходят для т.н. «малого бизнеса», чем для научных исследований [1, 2].

С другой стороны, уход ведущего ученого (или нескольких ученых) этих возрастных категорий из сложившегося научного коллектива приводит к разрыву установившихся научных связей, препятствует решению научных проблем, нередко приводит к переориентации научного коллектива, а в худшем случае – к его распаду.

Анализируя эти проблемы, можно отметить, что негативные последствия миграции ученых старших возрастных групп как для самих ученых, так и для научных коллективов, в которых такие ученые работали (или возглавляли их) до миграции, в основе своей связаны с нарушением установившихся информационных связей (заметим в скобках, что информационные связи молодых ученых с научными коллективами, в которых они работали до миграции, не являются столь прочными и установившимися, и значительно легче могут заменяться новыми информационными связями, обусловленными изменением направления научных исследований, связанным с изменением научной среды) [2, 3].

Независимо от сложности, многогранности и конкретной направленности проблем, решаемых любым научным коллективом (или объединением научных коллективов), информационные потоки внутри коллектива (или научных коллективов внутри объединения) ограничивается различными формами аудиовизуальных контактов. Действительно, совместная работа научного коллектива над той или иной научной проблемой предусматривает решение определенных задач (элементов общей проблемы) каждым членом коллектива, обсуждение этих решений в виде бесед, споров, докладов (аудио-контакты) с демонстрацией результатов исследований и экспериментов в виде научных отчетов, таблиц, графиков, протоколов,

фотографий и т.п. на бумажных, магнитных и/или других носителях (визуальные контакты).

Однако современные Интернет-технологии позволяют осуществлять виртуальные аудиовизуальные контакты и обмен любыми видами информации в режиме реального времени между любым разумным количеством абонентов, как угодно удаленных друг от друга. Предоставляя практически неограниченные возможности обмена научной информацией, современные Интернет-технологии позволяют консолидировать в едином информационном пространстве ученых, объединенных общей проблематикой, без учета их реального географического положения.

Из этого следует, что использование современных Интернет-технологий может рассматриваться как ключ к восстановлению информационных связей, нарушенных в результате миграции ученых. Современные Интернет-технологии предоставляют территориально разобщенным ученым возможность совместной работы над такими элементами научного познания, как формирование научных гипотез, проверка их адекватности и формирование научных теорий. Иными словами, современные Интернет-технологии позволяют ученым, находящимся в разных географических зонах, проводить совместные теоретические исследования.

Несколько сложнее, на первый взгляд, обстоит дело с экспериментальными исследованиями. Весьма очевидно, что проведение экспериментальных исследований требует наличия лабораторной (и/или производственной) базы, оснащенной соответствующим оборудованием. Очевидно также, что такая лабораторная (и/или производственная) база не может существовать в чисто виртуальной форме.

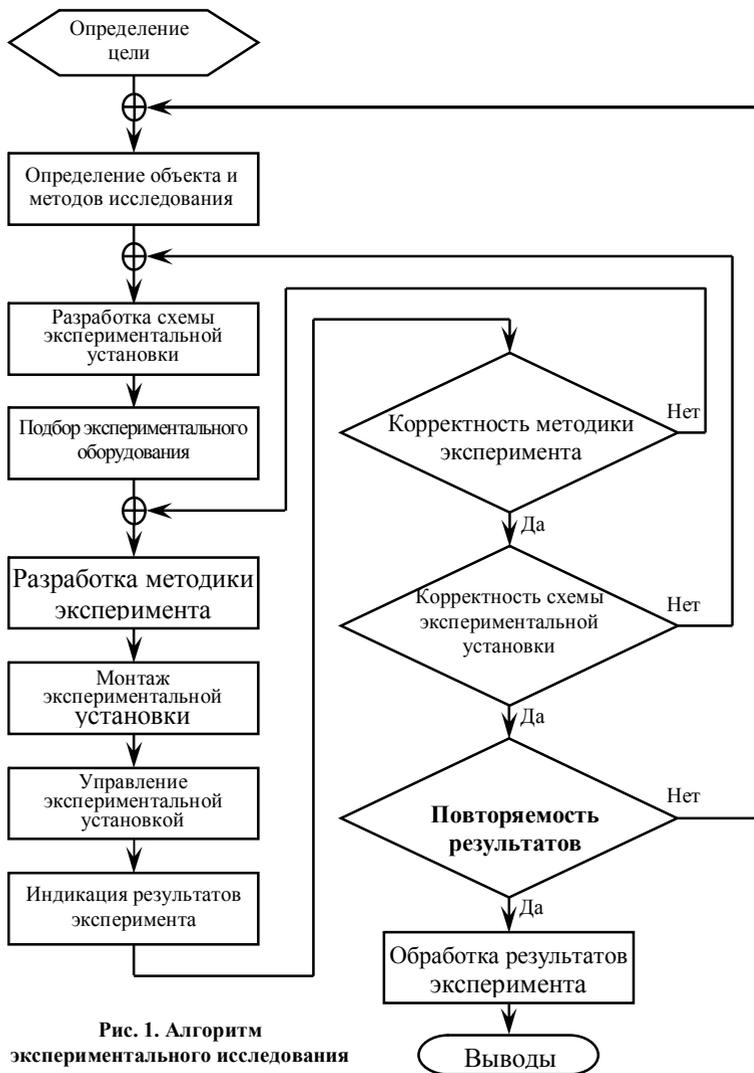
Анализируя постановку и проведение экспериментального исследования как активного воздействия на наблюдаемый объект, можно выделить ряд последовательных действий (элементов экспериментального исследования), направленных на достижение цели эксперимента, и построить алгоритм экспериментального исследования (рис. 1). К таким элементам относятся [4, 5]:

- определение цели эксперимента;
- определение объекта и методов исследования;
- разработка схемы экспериментальной установки и определение перечня необходимого оборудования;
- разработка методики эксперимента;
- приобретение (аренда) необходимого оборудования и материалов и их концентрация для проведения эксперимента;

- монтаж экспериментальной установки;
- проведение эксперимента, включающее управление экспериментальной установкой и регистрацию (индикацию) результатов эксперимента;
- обработка (в том числе математическая) результатов эксперимента;
- выводы и публикация результатов.

Анализируя элементы экспериментального исследования, можно заметить, что только два из них – концентрация оборудования и монтаж экспериментальной установки – требуют жесткой привязки к экспериментальной (и/или производственной) базе. Все остальные элементы экспериментального исследования допускают применение Интернет-технологий для виртуальных организации и проведения эксперимента, включая дистанционное управление экспериментом и дистанционную регистрацию результатов эксперимента (заметим в скобках, что дистанционное управление экспериментом и дистанционная регистрация результатов эксперимента в течение полустолетия широко используются при исследовании космоса). Таким образом, при наличии экспериментальной базы с квалифицированным вспомогательным персоналом, способным по предоставленной документации осуществить приобретение оборудования и монтаж экспериментальной установки, возможность виртуального участия ученого в экспериментальных исследованиях (включая руководство экспериментом) становится очевидной.

Из изложенного следует, что использование современных Интернет-технологий, обеспечивающих широкий спектр виртуальных аудиовизуальных контактов и дистанционного воздействия на экспериментальное оборудование, позволяет ученым, находящимся в разных географических точках, осуществлять совместные теоретические и экспериментальные научные исследования. Это означает, что использование современных Интернет-технологий позволяет создавать виртуальные научные объединения, работающие по единому плану научных исследований и концентрирующие в своем составе ученых, объединенных общими научными интересами и общими научными исследованиями, но в силу тех или иных причин находящихся в различных географических точках. Очевидно, что создание таких виртуальных научных объединений позволило бы осуществить широкое международное сотрудничество ученых и компенсировать упомянутые выше негативные последствия миграции ученых.



**Рис. 1. Алгоритм экспериментального исследования**

**Литература:**

1. Сокол В.М. Некоторые проблемы интеграции ученых // Труды Института прогрессивных исследований. – Вып. 5. – Арад: Изд-во ИПИ, 2005. – С. 7 - 18.
2. Sokol V.M. Integration Problems and the International Cooperation of Scientists-Repatriates // Proceedings of National Conference “Scientific Researches in the Field of the Control and Diagnostics”. – Arad: Publishing IASA, 2006. – P. 5 - 9.

3. Sokol V. *Virtual Scientific Associations & Internet // Proceedings of the Fourth International Conference "Internet – Education – Science 2004". – Volume 1. – Vinnytsia: Universum. – 2004.*
4. Sokol V. *Some aspects of the virtual scientific associations' organization // Proceedings of the Fifth International Conference "Internet – Education – Science 2006". – Vinnytsia: Universum. – 2006.*
5. Сокол В.М. *К вопросу об организации виртуальных научных объединений // Труды Института прогрессивных исследований. – Вып. 6. – Арад: Изд-во ИПИ, 2006. – С. 7 – 16.*

## **ВЫЯВЛЕНИЕ ДЕФЕКТОВ В СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКАХ И ПЬЕЗОКЕРАМИКЕ**

<sup>1</sup>Богорощ А.Т., <sup>1</sup>Воронов С.О., <sup>1</sup>Якименко Ю.И.,

<sup>2</sup>Ларкин С.Ю., <sup>3</sup>Ройзман В.П., <sup>4</sup>Вишняков Н.Е.,

<sup>1</sup>Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», <sup>2</sup>Научно-производственный концерн «Наука», <sup>3</sup>Хмельницкий национальный университет, <sup>4</sup>Вильнюсский технический университет им.Гедиминаса;  
тел.+38044 241 68 65, E-mail:fondfti@ntu-kpi.kiev.ua

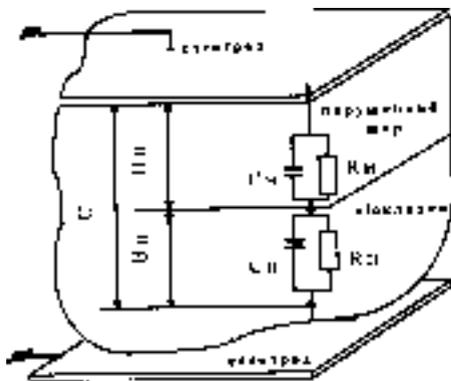
Пьезоэлектричество, которое возникает от деформации пьезоэлектрических или пьезокерамических материалов широко используется в преобразователях и электрических конденсаторах. Только в США и Японии таких сегнетоэлектрических материалов используется более 750 видов в приборах обработки аналоговой, аналогово-цифровой и цифровой информации. Чувствительным элементом соответствующих электронных приборов являются плоскопараллельные монокристаллические или пьезокерамические заготовки в виде пластин, в которых обычно и обнаруживаются дефекты в виде микротрещин, снижающие чувствительность и срок службы дорогостоящих приборов.

Целью исследования было выявление дефектов в сегнетоэлектриках и пьезокерамических материалах в процессе изготовления чувствительных элементов из беспримесных монокристаллов  $(\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH})_3\text{HSO}_4$  триглицинсульфатных (ТГС) и керамики цирконаттитанат свинца  $\text{Pb}(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$  горячего прессования.

Кристаллы ТГС обычно выращивают диаметром 20 и высотой 150 мм, весом 700...900 г, что позволяет (сначала распиливанием алмазными пилами на диски толщиной 350...400 мкм и двухсторонней шлифовкой корундовым абразивом с диаметром зерен от 5 до 0,5 мкм до 14 класса чистоты поверхности и доводкой плоскопараллельности не менее 0,2 мкм на 1 мм длины) изготавливать

плоские мишени необходимой площади, недостатками которых являются низкие температуры Кюри (49...60°C) и температуры размягчения, а также их водорастворимость и малая механическая прочность. После разрезания обычно абразивом АСМ 40/60 глубина разрушенного слоя достигает 27,0 мкм (среднее значение около 13,4 мкм), при этом появляются, как правило, две трещины на глубину 42,2 и 51 мкм. Последующая шлифовка абразивами М15, М10, М5 и М3 уменьшает глубину разрушения поверхностного слоя заготовки до 8,34 мкм; далее - до 5,40 мкм; затем - 3,00 мкм и в лучших образцах – до 1,45 мкм. При этом оставалась одна трещина глубиной 18 мкм. Завершающий этап – полирование заготовок пастами АСМ 3/2, АСМ 1/0, где цифры показывают зернистость абразивов, в мкм, глубина разрушенного слоя при этом колеблется от 1,58 до 0,62 мкм. Трещина, при этом уменьшается до 16... 12 мкм. И так как она находится на периферийной части заготовки, то на неё в дальнейшем не обращают внимание. Однако, именно её влияние оказывается в процессе эксплуатации в условиях знакопеременных значений температуры, давления, вибрации и т.п.

Исследования показали, что процесс механической обработки пластин керамики цирконаттитанат свинца  $Pb(ZrTi_{1-x})O_3$  горячего прессования (ЦТС), сопровождается нарушением поверхностного слоя до 10 мкм. Этот слой состоит из сильно поврежденной части в самой поверхности, рельефного слоя, и пластической деформации в глубине. В таком тонком нарушенном слое пластины, шлифуемой абразивом М20, возникают механические напряжения до  $5 \cdot 10^3$  кг/см<sup>2</sup>. Это приводит к тому, что в нарушенном слое ослабленными оказываются сегнетопьезоэлектрические свойства и, как следствие, ухудшаются электромеханические характеристики.



Применение современных физических методов (рентгенография, элеспометрия) позволили установить, что нарушенный при механической обработке поверхностный слой в твердых телах содержит дефекты (микротрещины, поры, напряжения и разрывы межатомных связей), концентрация которых изменяется по

экспоненциальным законом [1]. При этом показатели степени этих функций определяется как физико-механическими свойствами подкладки (например, твердостью), так и условиями механической обработки непосредственно сегнетоэлектрических материалов (зернистость и твердость абразива, температура, скорость обработки и т.д.). Пластины с нарушенным слоем представили в виде двухслойного диэлектрика, и эквивалентной схемы (рис. 1), что позволило получить значение напряжений на слоях с учетом непрерывности полного тока на грани деления слоев:

$$U_H = \frac{R_N}{R_N + R_H} U_1 \left( \frac{C_N}{C_N + C_H} - \frac{R_N}{R_N + R_H} \right) \cdot U_1^2$$

$$U_N = \frac{R_H}{R_H + R_N} U_1 \left( \frac{C_H}{C_N + C_H} - \frac{R_H}{R_H + R_N} \right) \cdot U_1^2$$

где  $r = [R_H R_{II} (C_H + C_{II})] / (R_H + R_{II})$  - относится к параметрам слоя;  $R_H$ ,  $C_H$ ,  $U_H$  - к параметрам пластины.

Суммарный тангенс диэлектрических потерь  $tg\delta$  двух последовательно соединенных слоёв равен:

$$tg\delta = (C_{II} tg\delta_H + C_H tg\delta_{II}) / (C_H + C_{II}).$$

Ёмкость собственно пластины определяет её толщину и значение диэлектрической проницаемости материала  $\epsilon_{II}$ . Ёмкость нарушенного слоя связана с значением его диэлектрической проницаемости:

$$\epsilon_H = \epsilon_{IZM} \epsilon_{II} d_H / (\epsilon_{II} d_{IZM} - \epsilon_{IZM} d_{II}).$$

Зная коэрцитивное поле массивного материала, можно рассчитать коэрцитивное поле для тонких пластин с учетом нарушенного слоя:

$$E_C = E_I (d_{II} / d_{IZM}) [1 + (d_{II} \epsilon_{IZM} / d_{II} \epsilon_H)]$$

Тогда размер напряженности поля насыщения  $E_I$  для пластины состоит из напряженности нарушенного слоя  $E_H$  и собственно пьезокерамики, связанной с напряженностью поля в пластине  $E_{II}$  равен:  $E_I = E_H + E_{II}$ .

Полученные соотношения позволяют правильно поставить и провести эксперименты для определения влияния глубины нарушенного слоя на электрические параметры пьезокерамической пластины, а также оптимизировать технологические режимы их изготовления и получения на них полупроводниковых слоев.

По амплитуде исходного сигнала и коэрцитивного напряжения исследовали влияние глубины нарушенного слоя на электромеханические параметры, а также зависимости амплитуды исходного сигнала от количества циклов переключения с учетом зависимости использованного абразива. Исследования проводились на тестовом однослойном пьезотрансформаторе, представляющего собой

квадратную пьезопластину размером 4,5?4,5 толщиной 10 мкм, на одну сторону которой (снизу) нанесен сплошной электрод, на другую (сверху) - два электрода, один - круглый в центре, другой - круг, охватывающий центр кольцом.

Для исследования влияния глубины нарушенного слоя на электромеханические свойства пьезокерамики были изготовлены однослойные тесты-пьезотрасформаторы, у каждого из которых обе поверхности были обработаны абразивом одной зернистости, а электроды были выполнены из двух материалов, для одних - из серебра, для других - из алюминия. Определение механических нарушений по глубине поверхностного слоя проводилось методами фотомикроскопии поперечных шлифов при 400-кратном увеличении (предварительно были определены режимы обработки поперечного шлифа, при котором нарушение однородности поверхности составляло менее 0,5 мкм).

Результаты исследования глубины нарушенного слоя и их анализ позволяют сделать вывод, что последовательной шлифовкой и полированием пьезокерамических пластин можно практически добиться устранения нарушенного слоя, образованного после резки слитка на пластины, влияющего на электромагнитные свойства элемента.

Влияние структуры поверхности пьезокерамики на свойства пьезоэлектрическо-го преобразователя определялось металлографическими методами, а открытая пористость и зернистость керамики - методом пересечений Смитта-Гуттмана-Салтикова [2] по формуле:

$$D=k/MN,$$

где:  $D$  - размер зерна (пор),  $N$  - число пересечений зерен (пор),  $M$  - коэффициент увеличения,  $k$  - коэффициент пропорциональности между плоскостным и пространственным размером зерен (пор) равный 1,56.

Исследования проводились при увеличении 100...200?крат в 50...60 полях зрения. Пористость керамики исследовалась на полируемых нетравленных образцах. По результатам исследования пористости керамики строили гистограммы, где размер пор колебался от 2 до 35 мкм, а средняя плотность пор составляла 4,7 пор/мм<sup>2</sup>. Для определения степени равномерности распределения плотности пор был использован метод сечений при длине секущей 1 мм. Результаты показали, что наиболее часто встречаются пересечения с 5...7 порами. Расстояния между ними колеблются в границах от 20 до 2000 мкм. Из экспериментальных данных видно, что размер наиболее вероятного расстояния между порами составляет 20...100 мкм.

Для изучения структуры пьезокерамики ЦТС-19 поверхность образцов протравливалась в травнике зерен керамики и затем изучалась оптическим методом. Размеры зерен окислов находились в пределах 20...70 мкм, в том числе 84% 20...40 мкм. Результаты проведенных исследований состояния поверхности пьезокерамики ЦТС-19 сведены в таблицу 1.

Структура пьезокерамики состоит из светлых *полиэдричных окислов*, которые не подвергаются травлению и имеют между собой общей границы раздела. Однако, в структуре имеются темные области, в которых встречаются лишь отдельные кристаллы окислов. Это влияет на диэлектрическую проницаемость разных областей пьезокерамики и, как следствие, на суммарную диэлектрическую проницаемость конденсатора, которым является пьезопластина. То есть образуется емкостный делитель, на котором делится исходный сигнал и снижается исходное напряжение. При малых значениях линейных размеров приборов снижения исходного напряжения может достичь такой величины, что исходный информационный сигнал теряется на исходной шине. В итоге возникают также высокие требования и к электрическим свойствам переходного слоя между металлизацией и пьезокерамикой.

Таблица 1.

Состояние поверхности пьезокерамики ЦТС-19 (размеры в мкм)

Размер пор, мкм		Количество пор в мм <sup>2</sup>		Расстояние между порами, мкм		Размер зерен, мкм	
средний	max	средний	max	среднее	min	средний	max
12,46± 1,51	35	4,86± 0,16	7	447± 67,90	20	35,1± 1,75	60

### **Выводы**

Результаты исследований позволяет провести оптимизацию производства чувствительных элементов электронных приборов, выявлять дефекты и предупреждать возможные отказы в их работе в условиях их реального применения, а также могут быть использованы при создании на основе структур сегнетоэлектрик-полупроводник управляемых резисторов и конденсаторов с памятью, дозиметров излучения, счетчиков импульсов света, фотоприемников ультрафиолетового излучения, термочувствительных элементов с перестраивающимися характеристиками и др.

### **Литература**

[1]. Таланчук П.М., Голубков С.П., Маслов В.П. и др. Лазеры в контрольно-измерительной технике. - Киев: Техника, 1992.-367 с.

[2]. Соснин О.В. Властивості структури сегнетоелектрик-напівпровідник для використання в електронній техніці. – Київ: МІВВЦ, 2002. – 226 с.

## ИЗУЧЕНИЕ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ КОНДЕНСАТОРОВ МЕТОДОМ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

*Цасюк В.В., Цасюк Т.В., Чернилевский К.И.*

*Khmelnitsky national university, 11, Institutskaya str., Khmelnitskyi, 29016, UKRAINE,*

*E-mail: roizman@mailhub.tup.km.ua. Fax 380-3822-23265*

Метод акустической эмиссии (АЭ) является широко распространенным при решении задач диагностики и неразрушающего контроля конструкционных материалов и изделий. Как известно, АЭ возникает при локальных, динамичных перестройках в материале при различных внешних воздействиях. В данной работе методом АЭ изучалась кинематика наполнения повреждений (частичных разрядов) в конденсаторах под действием приложенного электрического поля.

Исследовался полистирольный конденсатор емкостью 4 мкф и номинальным напряжением (Уном)-750 В. Датчик АЭ крепился к металлическому корпусу и регистрировалась АЭ ступенчато меняющемся напряжением от Уном до 1,5 Уном. Аппаратура на базе

ЭВМ фиксировала число сигналов, активностью АЭ ( $\dot{N}$ ), амплитуду, длительность сигналов и т.д. Время выдержки на каждой ступени напряжения было постоянным.

Импульсы АЭ возникали не сразу после подачи напряжения, а спустя некоторое время, что означает протекание релаксационных процессов, вызванных, вероятно, существованием неоднородностей электрического поля в конденсаторе и наличием электрических зарядов, «сидящих» в ловушках диэлектрика. Наблюдаемая кинематика при  $U$  не слишком превышающем Уном показывает, что в целом, процессы частичного разряда идут по затухающей. Несмотря на импульсный характер наблюдаемой АЭ при заданном  $U$ , имеется тенденция к спаданию активности АЭ. При этом повышение уровня приложенного напряжения от 1,0 кВ до 1,2 кВ приводит к возрастанию

$\dot{N}$  в 15 раз, которая, затем, несколько снижает, что вероятно, связано с эффектом тренировки, уменьшением зарядов в диэлектрике, которые могут быть приведены в движение при данном  $U$ . При обратном

снижении  $U$  до 1,0 кВ  $\dot{N}$  снижается, оставаясь существенно выше чем на первом этапе работы при 1,0 кВ, и становится стационарной, что указывает на то, что процесс разрушения металлической обкладки и диэлектрика становятся самоподдерживающимся за счёт, вероятно, неоднородностей поля, вызванных предыдущими разрушениями. Средняя амплитуда  $A_{ср. АЭ}$  на первом этапе наименьшая, на втором наибольшая. На существенно различный характер кинематики частичных разрядов указывает и временная зависимость суммарного счета АЭ.

Полученные результаты являются важным для решения практической задачи контроля деградации свойств конденсаторов под напряжением.

## **АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ ПРИ ЛЕЧЕНИИ СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ**

<sup>1</sup>Бансявичюс Р., <sup>1</sup>Бубулис А., <sup>1</sup>Юренас В., <sup>2</sup>Вайцекавичюс Э.,  
<sup>3</sup>Адзерихо И. Е., <sup>4</sup>Минченя В. Т.

1. Каунасский технологический университет, Донелайчио 73, Каунас, Литва,
2. Каунасский медицинский университет, Сукилелю 3, Каунас, Литва,
3. Республиканский научно-практический центр „Кардиология“, Р.Люксембург 110, г.Минск, Белорусь,
4. Белорусский национальный технический университет, г. Минск, пр. Независимости 63, Белорусь.

### **1. Введение**

В настоящее время сердечно-сосудистые заболевания являются основной причиной инвалидности и смертности среди наиболее трудоспособного населения всех экономически развитых стран мира. Проявления сердечно-сосудистых заболеваний, связанных с патологией коронарных, мозговых и периферических артерий в острой фазе обусловлены закупоркой сосуда тромбом. В последние годы, наблюдается увеличение числа тромбоэмболических осложнений при различных заболеваниях, таких, как облитерирующий атеросклероз, облитерирующий тромбангит и др. В настоящее время эта проблема частично решается благодаря широкому использованию методов лечения, способствующих восстановлению проходимости пораженного сосуда путем ферментативного или механического удаления внутрисосудистого тромба. Вместе с тем проведение данных методов

лечения ограничено сроками образования тромба, его размерами, наличием сопутствующих заболеваний, частотой интра- и постпроцедуральных осложнений. Сложившаяся ситуация указывает на необходимость разработки новых альтернативных методов лечения артериального тромбоза, направленных на преодоление недостатков общепринятых способов восстановления проходимости пораженного сосуда.

## **2. Методика исследования**

В последние годы в кардиологии большое внимание уделяется ультразвуковым методам, как имеющим наибольшую перспективу среди альтернативных способов. Это связано с широкими терапевтическими возможностями действия ультразвука (УЗ) на биологические ткани. Известно, что в основе ультразвукового тромболиза лежит ряд сложных физических и химических явлений, которые в зависимости от масштаба их проявления сводятся к трем группам. Первую группу формируют явления, возникающие в объёме обрабатываемого биологического материала и обусловленные действием ультразвука в жидкой фазе при нахождении в сосуде. Это – взаимодействие акустических полей с физиологической жидкостью, акустические течения, кавитационные процессы. Ко второй группе – относятся процессы связанные с интенсификацией химических процессов под действием высокочастотных колебаний, т.е. повышение ферментативного действия при лечении тромбозов. К третьей группе – относятся явления, обусловленные локальным воздействием вибрирующего инструмента на поверхность обрабатываемого окклюдированного образования. Это упруго- пластическое деформирование или хрупкое разрушение поверхностных слоёв окклюдзий; выделение тепла и повышение температуры на границе двух колеблющихся тел – граничная диссоциация акустической энергии. В настоящее время выделяются два основных подхода к использованию ультразвуковой энергии в лечении тромбозов. Первый связан с применением интенсивностей, находящихся ниже порога кавитации (низкоинтенсивный УЗ), а второй — интенсивностей, расположенных выше порога кавитации (высокоинтенсивный УЗ). Низкоинтенсивный УЗ применяется для усиления медикаментозного фибринолиза, а высокоинтенсивный УЗ используется для акустомеханического разрушения тромбов или атеросклеротических бляшек (ультразвуковой тромболизис, ультразвуковая ангиопластика). [1]. Очевидно, что при лечении тромбозов желательно использовать все положительные действия ультразвука, необходима аппаратура и

методики позволяющие в зависимости от ситуации усиливать или уменьшать те или иные явления от ультразвуковой энергии.

В настоящее время в Белорусском национальном техническом университете, совместно с учеными Республиканского научно-практического центра “Кардиология”, разработан метод и создана аппаратура для ультразвукового тромболизиса с использованием гибких волноводных систем работающих на различных интенсивностях и на самых сложных участках сосудистой системы. Волноводы имеют рабочие окончания различной формы и совершают колебания с частотой 24-26 кГц. При проведении внутрисосудистых операций, рабочая часть волновода через катетер подводится к окклюзионной ткани сосуда, включается ультразвук и волновод перемещается в дистальном направлении к зоне разрушения. На время разрушения окклюзий включается отсос (аспирационное устройство) [2,3]. Экспериментальными исследованиями *in vitro* установлено, что при ультразвуковом тромболизисе необходимо обеспечить прежде всего на дистальном конце гибкого волновода амплитуду колебаний не менее 20 мкм, при длине волновода не менее 600 мм и диаметре рабочей части гибкого волновода не более 0,8 мм. Волновод в дистальной части при проведении его в сосуд, может иметь изгиб в различных плоскостях до 100 градусов.

При проектировании волноводов для внутрисосудистых операций мы исходили из того, что для получения больших амплитуд (свыше 100 мкм), необходимы концентраторы ступенчатого типа длиной  $n\lambda/2$  ( $n$  – целое число,  $\lambda$ - длина волны в материале волновода), однако они имеют очень острую кривую резонанса и чувствительны к изменению нагрузки. Системы, имеющие ступенчатые концентраторы необходимо точно настраивать по частоте и согласовывать с нагрузкой (рабочим инструментом на тонком конце). Ступенчатые волноводы имеют самый большой коэффициент усиления, однако в местах переходов ступеней наблюдается значительная концентрация напряжений, это приводит к резкому разогреву и поломке волновода. В экспоненциальном концентраторе коэффициент усиления меньший, чем в ступенчатом, но в таком концентраторе не возникают столь значительные напряжения, приводящие к разрушению волновода. Кроме относительно малого коэффициента усиления, недостатком таких волноводов является сложность изготовления. Волноводы-концентраторы конусного и катеноидального типа на частотах свыше 25 кГц практически не имеют значительных преимуществ перед экспоненциальными.

Таким образом, анализ существующих волноводов-концентраторов показал, что использовать существующие формы волноводных систем напрямую не возможно из-за ряда отмеченных выше недостатков и специфики работы при сосудистых операциях. Следует отметить, что для работы в артериях необходимо иметь длинные тонкие волноводы, способные передавать с минимальными потерями большую акустическую энергию, не разрушаясь при длительных циклических нагрузках и больших углах изгиба дистальной части. Использование волноводных систем для внутрисосудистых операций требует применения катетерных систем соединенных с Y-конектором непосредственно на проксимальной части гибкого волновода. Y-конектор имеет запорный клапан в виде силиконовой втулки для исключения возможности оттока крови или физиологической жидкости по волноводу из артерии. Причем место крепления Y-конектора на волноводе может изменяться во время проведения операций и это может приводить к изменению акустических параметров волноводной системы. Чтобы обеспечить такие условия работы волновода при внутрисосудистых операциях необходимо, чтобы амплитуда продольных колебаний нарастала вдоль волновода независимо от места крепления Y-конектора, а уровень возникающих поперечных колебаний должен быть ограничен.

В результате математического анализа нами установлено, что нарастание продольных колебаний можно получить за счёт изменения продольной жёсткости волновода вдоль оси, при этом нарастание амплитуды смещений идёт в направлении уменьшения волнового сопротивления. Сечение волновода убывает от места ввода ультразвука вдоль его оси, а из соображений прочности профиль переходов волновода должен быть плавным, так чтобы вдоль оси не было концентрации напряжений. Уровень поперечных колебаний ограничивается катетером в котором помещается волновод и физиологической жидкостью протекающей между катетером и волноводом.

Численными методами были получены формы гибких волноводов-концентраторов переменного сечения (по типу концентраторов Фурье). По расчетным данным были определены геометрические параметры рациональной формы волновода, имеющего плавное изменение напряжений и амплитуду смещения дистального конца не менее 20 мкм. [4]. Разработанный волновод является комбинацией конического, ступенчатого и цилиндрического волноводов. Для обеспечения постоянства амплитуды рабочего

инструмента учитывалась поправка на амплитуду смещения рабочего конца волновода в поперечном направлении от изгибных колебаний.

В центре мехатроники Каунасского технологического университета, нами проведен комплекс экспериментальных исследований на экспериментальных волноводах, для установления влияния подводимой мощности, угла изгиба дистальной части волновода, наличия физиологической жидкости и места крепления Y-коннектора в проксимальной части на акустические параметры рабочей части гибкого волновода. Исследования амплитудно- частотных характеристик ультразвуковой системы проводились на лазерном интерферометре Polytec OFV –5000 Vibrometer controller.

Исследования влияния мощности акустической системы и угла изгиба дистальной части волновода на тепловые процессы в акустической системе проводили с помощью аппаратуры Thermovision A20 фирмы FLIR Systems.

Для проведения экспериментальных исследований катетер с Y-коннектором крепился магнитными прихватами на виброизолированной плите, а гибкий волновод вводился внутрь катетера. Через Y-коннектор подводился физиологический раствор в катетер и таким образом создавались условия работы волноводной системы близкими к реальным при внутрисосудистых операциях. Исследования ультразвуковой системы проводили при расположении волновода в свободном состоянии и при изгибе дистального конца катетера на углы от 20 до 120 градусов.

### **3. Выводы**

Экспериментальными исследованиями установлено, что при изгибе дистальной части волновода на угол 120 градусов, амплитуда продольных колебаний изменяется не более чем на 7 % и при максимальной мощности она составила 105 мкм. Установлено повышение температуры в зоне изгиба до 38 градусов, что очевидно связано с контактом поверхности волновода и катетера. Следует отметить, что при изгибе катетера на угол 120 градусов амплитуда поперечных колебаний рабочей части волновода на максимальной мощности увеличилась до 3 мкм. Изменение места крепления Y-коннектора в пределах 200 мм от места крепления волновода к концентратору приводят к изменению амплитуды продольных колебаний не более чем на 2-3%.

### ***Литература***

*1. I.E.Adzerikho, V.T.Minchenya, A.G.Mrochek, A.I.Savchuk, V.V.Dmitriev, S.M.Rachok. Efficaci of Thromblysis in Vivo Using a Combinet Administration of*

*Lokal Low-dose Streptokinase and Catheter-delivered Low-frequency Ultrasound. Journal of the American College of Cardiology. May 1, 2002, V.39, № 9. с. 81В.*

2. *S.L.Ovsianko, E.A. Chernyavsky, V.T.Minchenya, I.E. Adzerikho, V.M. Shkumatov. Effekt of ultrasound on activation of serine proteases precursors. Ultrason Sonochem. 2005 Feb; 12(3):219-23.*

3. *Tun Tzjai, V.T.Minchenya, T.Vladimirskuya, A.G.Mrochek. Progress on Research of Ultrasound angioplasty. Journal of Chinese medicine research Volume 5, Number 2, February, 2005. С.135-136*

4. *А.В.Чугарев, А.А. Кураленко, В.Т.Минченя. Проектирование ультразвукового гибкого волновода для ликвидации тромбов в артериях. Теоретическая и прикладная механика. Межведомственный сборник научно-методических статей № 18. Мн., 2005. 255 с.*

## **ВИБРАЦИЯ КАК ИСТОЧНИК ИНТЕНСИФИКАЦИИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ НОВЫХ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ**

*Богорой Александр Терентьевич, Воронов Сергей Александрович, Мурахов Сергей Александрович, НТУУ «КПИ», +380 44-241 68 65, [fondfti@ntu-kpi.kiev.ua](mailto:fondfti@ntu-kpi.kiev.ua)*

В рамках выполнения исследований по влиянию режимных факторов на миграцию атомных кластеров на гранях растущих поликристаллов различной природы, были обнаружены кристаллы различной природы.

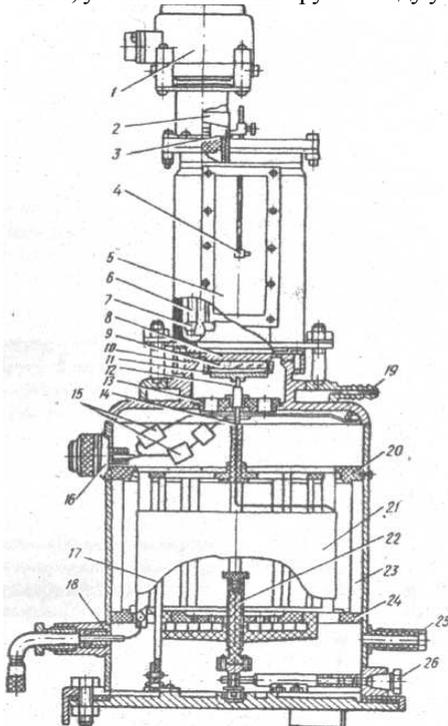
Цель дальнейших исследований влияние ультразвуковой вибрации на кинетику роста кристаллов и изменение их свойств.

Для этого были разработаны и смонтированы экспериментальные установки. Конструкция акустического излучателя и опытного кристаллизатора приведена на рис. 1.

Кристаллизатор для погашения вибрации корпуса прикреплялся к фланцу излучателя через резиновые уплотнения. Кристаллизатор имеет мешалку 7 (с частотой вращения  $0,133 \text{ с}^{-1}$ ) с приводом от электродвигателя-редуктора 1 (РД-09), смотровые окна 5 с двойным стеклом, змеевик 6 для термостатирования раствора. К выходному валу редуктора 1 прикреплен кулачковый механизм 2 и подпружиненный ролик 3, которые вместе с кристаллодержателем 4 совершают возвратно-поступательное движение. Верхняя крышка кристаллизатора выполнена из полированного оргстекла и прикреплена к корпусу через резиновую прокладку.

Терморегуляция раствора идет автоматически через ультратермостат УТС-15, с ампишущего потенциометра ЭПП-09-107 0,5

класса с изодроимым электрорегулированием, работающего в паре с хромель-копелевой скоростной термопарой типа ТГС, и электромагнитного клапана, установленного на трубе между ультратермостатом и змеевиком 5.



**Рис. 1. Конструкция ультразвукового излучателя с кристаллизатором**

Работа клапана регулируется автоматически от потенциометра в зависимости от колебаний температуры охлаждающей воды, которая была ниже заданной температуры раствора на  $5...7\text{ }^\circ\text{C}$ ,

При этом учитывалось выделение теплоты акустической энергии. Такой способ регулирования даже при высоких акустических мощностях позволял поддерживать заданную температуру в пределах  $\pm 0,1\text{ }^\circ\text{C}$ .

Излучатель состоит из стального герметичного корпуса, в котором расположены передающая пластина 5 с прижатым через пленку

трансформаторного масла и приклеенным по периметру эпоксидным клеем кварцевым преобразователем 9. Пластина 8 изготовлена из термообработанной стали 3X13 с микротвердостью  $\text{HRC} > 45\text{ МПа}$  и толщиной, равной длине звуковой волны в этом материале. Пластина 8 была одновременно днищем кристаллизатора и прикреплялась к нему и к корпусу излучателя через фторопластовые прокладки 10. Снизу кварцевый преобразователь прижимался латунной пластиной 11 через винт 12, закрепленный в изоляторе 13.

Напряжение подавалось через электрод 14. Контроль напряжения возбуждения кварцевого преобразователя осуществляли через высоковольтные керамические конденсаторы 15 (делители напряжения 1 : 100) и высокочастотный герметичный разъем 16 ламповым вольтметром

типа ВЗ-2А. По направляющим 17 перемещался кассетник 23 из высокочастотных ферритовых стержней для компенсации влияния экрана (корпуса излучателя) на индуктивность контурной катушки 21, питающейся от генератора по коаксиальному кабелю через высокочастотный разъем и уплотнение 18.

Перемещая кассету в опорных кольцах 20, 24 из радиочастотного гетинакса винтом 26 через червячную пару 22, плавно меняли индуктивность контурной катушки и производили подстройку частоты. Подстройку вели при отсутствии избыточного давления воздуха при низком напряжении возбуждения кварцевого преобразователя. Рабочее напряжение было выше  $5 \cdot 10^3$  кВ/м, т.е., согласно кривой Пашена, являлось пробивным. Поэтому для повышения электрической прочности и надежности работы все элементы излучателя, находящиеся под высоким напряжением, работали в среде сжатого очищенного воздуха (при давлении 0,4 МПа), который подавали к нижнему штуцеру излучателя 25. К верхнему штуцеру 19 подводили охлажденную дистиллированную воду для отвода теплоты от передающей пластины 8.

В качестве источников питания для акустического излучателя с частотой 880 кГц применяли генератор марки АЭК-М, а 22,4 кГц - ультразвуковой генератор типа ГУ-3.

До настоящего времени результаты исследований по влиянию ультразвуковой энергии на стойкость кристаллов карбонатов, сульфатов, ксонотлита и других веществ при кристаллизации из многокомпонентных реальных растворов в литературе отсутствуют.

В связи с этим были поставлены опыты с целью определения предельных значений интенсивности звука и объемной акустической мощности, допустимых при обработке водно-дисперсных растворов. Опыты проводили с модельными концентрированными и промышленными растворами. В пробирку вместимостью 25 мл помещали отобранные кристаллы и заливали до верха раствором, проверенным на поляриметре, рефрактометре или химическим методом. Затем входное отверстие пробирок закрывали тефлоновой пленкой толщиной 30 мкм, которая при помощи бандажки крепилась к корпусу. Затем, как показано на рис. 2, пробирку прикрепляли держателем к крышке и опускали в рабочий сосуд, заполненный таким же раствором так, чтобы полусферическое дно находилось над уровнем раствора.

Этим достигалось максимально возможное поглощение акустической энергии в объеме пробирки за счет отражения от дна и рассеивания энергии в облучаемом растворе. Расстояние между входным отверстием пробирки и излучателем устанавливалось равным 0,006 м. Параллельно проводились

контрольные опыты в идентичных условиях. Результаты опытов систематизированы. По полученным данным можно сделать вывод, что

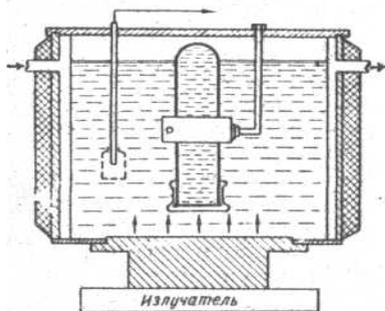


Рис. 2. Сосуд для исследования устойчивости кристаллов веществ в ультразвуковом поле.

ультразвук оказывает влияние на устойчивость кристаллов при указанных режимах обработки и времени облучения. Разрушение кристаллов при облучении по сравнению с контрольными опытами начиналось в основном по ребрам, что можно объяснить также тепловым воздействием, поскольку в ограниченном объеме пробирок выделилось значительное количество теплоты за счет рассеивания акустической энергии. В то же время за счет термоизоляции стенок пробирки

температура в ней могла быть несколько выше по сравнению с температурой раствора в рабочем сосуде, что и могло привести к дополнительному разрушению кристаллов в растворе пробирки.

#### Влияние акустических колебаний на изменение механических свойств карбонатов.

Известно, что, изменяя режимные параметры (температуру, скорость, газосодержание и  $pH$  потока) раствора, омывающего металлические поверхности, можно направленно влиять на фазовый состав, теплофизические и механические свойства поликомпонентных отложений. По своей природе карбонаты, снижающие производительность и долговечность трубопроводов и оборудования, имеют разнообразные композиции, парагенезис минералов, фазовый состав, кристаллическую структуру, а следовательно, различные механические свойства: микротвердость, хрупкость, теплопроводность, атомную упаковку, капиллярность, пористость, ориентацию кристаллов в пристенном пограничном слое и в основной массе отложений.

Ультразвуковое облучение растворов, из которых выращивали игольчатые кристаллы и основную массу поликомпонентных отложений, в ходе комплексных физико-химических исследований показало, что основными компонентами отложений являются карбонаты, которые кристаллизуются более чем в 48 модификациях, но чаще всего в виде кальцита или арагонита. При этом в основной массе отложений игольчатого арагонита содержится всего около 7 % (иногда до 52 %), кальцита – 10...35 %, оксида кальция – 1...6% и на их основе сложных комплексов

и композиций: 2...10% сидерита, 4...9 % серпентита, 1...6% оксалата кальция, 4...6% магнетита, 1...3 % фосфорита, 1...2 % магнезита, 0,8...1,2% натролита, 0,1...0,8 % ксонотлита, 0,3...0,8 % пирофиллита, 0,1...0,3 % бруцита, 0,1...0,2% каолинита и др. При этом скорости кристаллизации отдельных компонентов, составляющих отложения, были разными (рис.3).

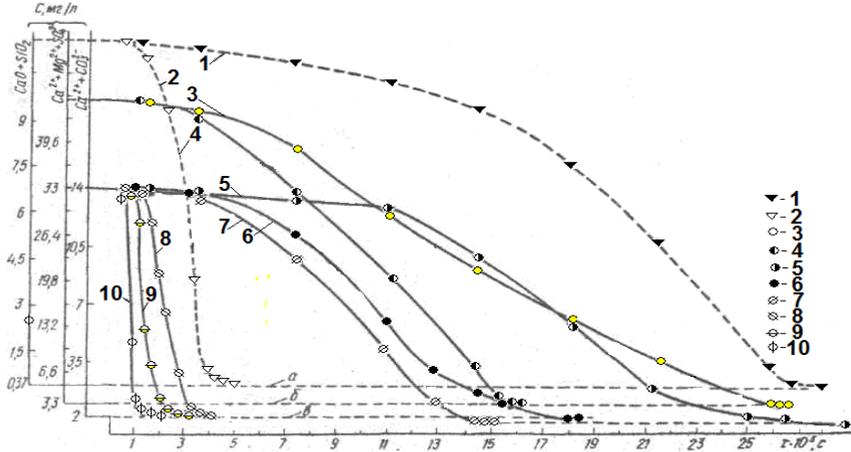


Рис. 3. Скорости массовой кристаллизации  $6CaO \cdot 6SiO_3 \cdot H_2O$  (1,2),  $MgSO_4$  (3, 4) и  $CaCO_3$  (5-10), зарожденных на затравках (1,3,5,6), при вдуве газа (5,10) и при импульсном облучении ультразвуком (2,4,7-10) интенсивностью  $18,6 \text{ кВт/м}^2$  (2,4,7,8,10),  $200 \text{ кВт/м}^2$  (9), частотой  $880 \text{ кГц}$  (7) и  $22,4 \text{ кГц}$  (2,4,8-10).

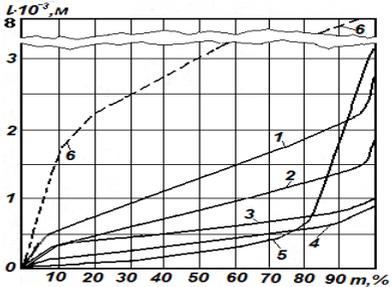


Рис. 4. Гранулометрический состав кристаллов  $CaCO_3$  -А (1,3) и  $CaCO_3$ -К (2,4), выращенных не затравке (1,2) и на зародышах после импульсного облучения растворов ультразвуком интенсивностью  $18,6 \text{ кВт/м}^2$  и частотой  $22,4 \text{ кГц}$  в течение  $60 \text{ с}$ , а также кристаллических друз (агрегатов) из  $CaCO_3$ - (А+К) (5, 6) при облучении растворов в течение от  $14,4 \cdot 10^3$  до  $48 \cdot 10^3 \text{ с}$  при охлаждении до  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  и перемешивании ( $0,133 \text{ с}^{-1}$ ).

Ультразвуковые колебания на первой стадии ускоряют процесс кристаллизации, а в дальнейшем начинают разрушать грани крупных кристаллов (кроме игольчатых), до 60...70% превращая их в мелкие нанокристаллы (до  $0,3 \cdot 10^{-9} \text{ м}$ ). Если растворы с нанокристаллами медленно охлаждать до  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  и перемешивать ( $0,133 \text{ с}^{-1}$ ) 48 часов, то скорость кристаллизации и гранулометрический состав твердого вещества резко меняются с образованием агрегатов из мелких нанокристаллов,

превращаясь в дополнительные центры кристаллизации. Опыты показали, что скорость роста с помощью ультразвука можно увеличить в  $10^3$  раз. При этом гранулометрический состав также отличается от обычного метода (рис.4).

## **НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ**

*Кравченко Олег Викторович, канд.техн.наук*

*Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины, Украина, г. Харьков, ул. Дм. Пожарского, 2/10, тел. (0572) 94-27-44, krav@ipmach.kharkov.ua*

Повышение цен на энергоносители диктует нефтегазодобывающей промышленности необходимость внедрения более эффективных технологий добычи собственных углеводородных энергоносителей и увеличения глубины их переработки.

Для этого необходима реализация принципиально новых приемов, базирующихся на нетрадиционных подходах к имеющимся технологиям.

Подтверждением сказанного является уникальная разработка Института проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины - термобарохимическая технология интенсификации добычи нефти, газа и газоконденсата из малодебитных скважин, позволяющая восстановить проницаемость коллектора до первоначального состояния, а, следовательно - эффективно реанимировать практически выведенные из эксплуатации скважины и максимально использовать запасы месторождения.

Производительность скважины, прежде всего, определяется природными запасами месторождения и состоянием ее призабойной зоны. Призабойная зона пласта (ПЗП) является самым уязвимым местом в системе пласт - скважина. Она начинает засоряться (кольматироваться) буровыми растворами уже при первичном вскрытии пласта (т.е. при бурении). Затем скважину укрепляют «обсаживают» металлической колонной, которую цементируют, опять загрязняя продуктивный горизонт. По мере эксплуатации скважины поры (как и всякий фильтр) забиваются (кольматировается) частицами органического и неорганического происхождения, которые выносятся потоком газа нефти или конденсата, т.е. происходит засорение коллектора асфальтосмолопарафинистыми отложениями (тяжелыми

твердыми и вязкими нефтяными фракциями – асфальтенами, гудронами, смолами, парафинами).

Для решения данной задачи широко применяются различные традиционные кислотные и щелочные обработки в сочетании с физическими воздействиями (используют вибрацию, ультразвук, в ПЗП создают кавитационные потоки и пр.). Эффективен гидроразрыв пласта, особенно в сочетании с химическими обработками. Наиболее близкими по технической сущности (с представляемой ниже разработкой) являются методы горения и взрыва в призабойной зоне скважины. Доставленные в зону вторичного вскрытия продуктивного пласта химические источники энергии при инициировании взрываются или горят, образуя горячие газы. Они оказывают, прежде всего, термofизическое воздействие.

В традиционно используемых методах горения и взрыва есть ряд характерных признаков.

1. Термодинамический потенциал используемой топливной системы полностью реализуется в зоне перфорации скважины (быстро – при взрыве, медленнее – при горении), что иногда приводит к разрушению цементного камня и уплотнению породы продуктивного пласта.
2. Окислителем процессов является освобождаемый в реакциях кислород, и в топливной системе: горючее – окислитель, как правило, не хватает окислителя.
3. Энергетический потенциал системы ограничен.
4. Воздействие на пласт, в основном, тепловое и физическое.

Многолетний опыт работы ИПМаш НАН Украины по созданию компонентов ракетных и горящих в воде торпедных топлив позволил разработать и реализовать на практике технологию использования конверсионных высокоэнергетических систем для нужд нефтегазодобывающей промышленности. Получены более доступные способы их синтеза в лабораторных условиях.

Были получены водные суспензии горюче-окислительных смесей (ГОС) нового поколения и гидрореагирующие составы (ГРС), горящие в воде при определённых условиях. Рабочие растворы (системы ГОС - ГРС) доставляются на промысел и последовательно закачиваются через насосно-компрессорные трубы (НКТ) в призабойную зону скважины. При соприкосновении двух растворов начинается экзотермическая реакция, температура повышается и реагенты переходят в режим горения, выделяя тепло и химически активные газы [1– 3], в первую очередь- водород.

Для доставки (закачки) реагентов используется стандартное оборудование, которое всегда имеется при капитальном ремонте скважины. Дополнительного оборудования не требуется.

Предлагаемые для интенсификации притоков нефти, газа и конденсата новые химические источники энергии не были известны профессионалам производителям из-за бывшей закрытости работ и отсутствия открытых публикаций. Их использование в технологии термогазохимической обработки призабойной зоны малодебитных скважин имеет ряд отличий и преимуществ по сравнению с традиционно применяемыми тепловыми воздействиями:

- рабочим телом процесса является смесь горячих газов, из которых главная роль принадлежит атомарному и молекулярному водороду;
- используемые реагенты являются более энергоёмкими системами;
- в реакциях горения участвуют несколько окислителей, основным окислителем является вода (балласт скважины);
- термодинамический потенциал системы реализуется, главным образом, не в обсадной колонне, а в пласте;
- в предпламенных процессах окисления (завершающих процесс) образуются активные радикалы атомарного кислорода;
- действие продуктов горения на флюид и породу многофункционально, но в основном - химическое. Это внутрипластовое превращение высокомолекулярных парафинов в газ и бензин (крекинг-пиролиз), горячая кислотно-щелочная обработка и расширение пор, дополнительное трещинообразование, снятие скин-эффекта, укрепление сыпучих пород и пр.

Технология прошла проверку на скважинах Восточно-Полтавского, Бугреватского, Тевлинско-Рускинского, Козиевского, и др. месторождений, обеспечив увеличение притоков углеводородного сырья в 6 – 8 раз. А скважина № 51 Коробочкинского газового месторождения после обработки 23 февраля 2001 года дала увеличение дебита в 30 раз. После обработки газоконденсатной скважины № 119 Крестищинского месторождения по данной технологии, повысился дебит всех скважин данного месторождения.

Все затраты при осуществлении термобарохимической обработки призабойной зоны пласта полностью окупаются в течение 3 – 4 недель работы как нефтяной, так и газоконденсатной скважин.

Вторая технология направлена на решение одной из главных задач, стоящих перед нефтеперерабатывающей промышленностью - увеличения глубины отбора светлых нефтепродуктов, снижения выхода мазута, гудрона, асфальтенов и прочих тяжелых составляющих. Процессы висбрекинга, при помощи которых в

настоящее время решаются такие задачи, являются очень энерго- и ресурсоемкими

В отделе нетрадиционных энерготехнологий ИПМаш НАН Украины совместно с ЧП «Планер» создана экспериментальная установка для исследования влияния кавитации в процессе гидродинамической обработки углеводородов и водосодержащих растворов, суспензий и эмульсий.

Идеология создания данной экспериментальной установки основывается на применении высокоэффективных устройств, реализующих принципы дискретно-импульсного ввода энергии и гидродинамического кавитационного воздействия, к которым относятся, прежде всего, роторно-пульсационные аппараты и гидровихревые или акустические преобразователи.



**Рис. 1. Экспериментальная установка по исследованию гидрокавитационного воздействия на жидкие углеводороды и их эмульсии**

К ним на стадии разработки выдвигаются требования не только получения высококачественных мелкодисперсных эмульсий и суспензий, но и за счет процессов физико-химических преобразований, придания им новых потребительских свойств.

Совершенствование таких устройств и разработка на их основе технологий базируется на фундаментальных

и прикладных исследованиях в области математического и физического моделирования гидродинамики многокомпонентных потоков в сложнополостных системах [4].

Принцип действия установки заключается в том, что поток среды сначала гомогенизируется, а затем подвергается воздействию экстремальных кавитационных полей и, практически, по всему объёму гидротока обеспечивается диспергирование, а в зонах коллапса кавитационных пузырьков – до молекулярного уровня [5– 6].

Интенсификация кавитационных процессов достигается за счёт последовательного воздействия на среду пульсаций давления,

микровихрей и кумулятивных струй, сначала в модернизированных (в соответствии с оригинальной методологией авторов) прецизионных роторно-пульсационных аппаратах, а затем в уникальном гидродинамическом преобразователе с тороидальной камерой расширения [6, 7].

Предварительные экспериментальные исследования, проведенные на созданной установке, подтверждают возможность использования эффектов, возникающих при гидрокавитационной обработке углеводородсодержащих эмульсий и суспензий.

Обе представленные технологии базируются на нетрадиционных подходах к решению поставленных задач.

Термобарохимическая технология уже прошла успешные испытания на многих газовых (в том числе метановых угольных месторождений), газоконденсатных, нефтяных скважинах Украины и России

Перспективы ее совершенствования заключаются в расширении функциональных возможностей, снижении себестоимости обработки скважины, создании новых патентоспособных технологических решений. Эти перспективы реализуются при использовании конверсионных взрывчатых веществ, торпедных и ракетных топлив, прежде всего, металлизированных, в состав которых входят: аммонийная селитра, перхлораты, нитросоединения, вещества из класса нитрилов и металлизированные добавки, содержащие бор, алюминий и гидридные соединения типа карборанов.

Кавитационные технологии переработки углеводородов находятся еще на начальной стадии - создания научных основ физико-химических процессов.

Однако, полученные результаты экспериментальных исследований уже сейчас подтверждают возможность широкого применения этих развивающихся технологий в процессах низкотемпературного (до 90 °С) бескаталитического крекинга нефти с увеличением глубины её переработки (до 94,5 % светлых фракций), управляемой модификации топлив с целью улучшения их потребительских свойств, в том числе уменьшения содержания серы, галогенсодержащих солей, минеральных остатков, свободной воды, обессмоливания, повышения октанового числа и т.д. Широкое применение технология может найти также в области создания альтернативных композитных топлив.

### *Литература*

1. Щербина К.Г. Гидрореагирующие составы для внутрислоевого термохимической обработки нефтегазоконденсатных скважин // *Вестн. Харьк. ун-та.* – 1998. – № 402. – С. 85 – 88.
2. Щербина К.Г. Система  $Li-Na_2O_2$  как инициатор горения в воде гидроаккумулирующих веществ / К.Г. Щербина, О.В. Кравченко / *Проблем машиностроения.* – Харьков, 2004. – № 3. – Т. 7. – С. 82–84.
3. Щербина К.Г. Обработка нефтеносных пород «горячим» водородом / К.Г. Щербина, О.В. Кравченко, Д.В. Кузьмин, В.Б. Пода / *Інтегровані технології та енергозбереження.* – Харьков, 2004. – № 4. – С. 14 – 19.
4. Суворова И.Г. Математическое моделирование потока жидкости методом R-функций / И.Г. Суворова, О.В. Кравченко // *Системні технології: Дніпропетровськ, 2006.* – Вип. 4 (45). – С. 57 – 69.
5. Кравченко О.В. Нетрадиционные энерготехнологии эффективного получения и использования искусственных композитных жидких топлив / О.В. Кравченко, И.Г. Суворова, Я.В. Смирнов, С.С. Холубцев // *Авиаци.-косм. техника и технология. НАУ ХАИ.* – Харьков: 2006. – № 10(36). – С. 91–97.
6. Пат. № 79617, Украина, МПК<sup>51</sup> C10 G15/00, 15/00. Спосіб кавітаційної гідрогенізації та гідролізу вуглеводнів і пристрій для його здійснення / І.І. Мірошніченко, І.І. Мірошніченко, О.В. Кравченко, А.О. Тарелін; Заявл. 10.01.2005; Опубл. 10.07.2007, Бюл.10.–12 с.
7. Пат. на корисну модель № 18922, Україна, МПК<sup>7</sup> B01F 3/08, B 63 B59/006 "Змішувач-форсунка"/ І.Г. Суворова, О.В. Кравченко; Заявл. 19.06.2006; Опубл. 15.11.06, Бюл. № 11.– 4 с.

УДК 622.692

## ЗАВИСИМОСТЬ КАЧЕСТВА СВАРОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ОТ ПОДГОТОВКИ СВАРОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Р.Т. Мартынюк<sup>1</sup>, О.Т.Чернова<sup>2</sup>, Т.А. Мартынюк<sup>3</sup>

*"Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа"  
Ивано-Франковск, Украина*

Контроль безаварийной работы трубопроводных систем занимает весьма важное место в технологии трубопроводного транспорта нефти и газа. К главным задачам таких мероприятий можно отнести надежность сварных соединений.

Надежность сварных соединений в значительной степени зависит от качества подготовки сварочных материалов (флюсов, электродов, сварочной проволоки). К этим материалам перед сваркой предъявляются следующие требования:

- флюс должен быть определенной грануляции, без грязи и инородных включений, обладать определенными стабилизирующими свойствами, без влаги;

- электроды должны быть с покрытиями равномерной толщины, без трещин и других механических повреждений, без влаги;

- поверхность сварочной проволоки должна быть чистой, без нежелательных наслоений, без закатов и расслоений.

Наша промышленность выпускает сварочные материалы, отвечающие предъявляемым требованиям, однако в силу специфики строительства трубопроводов (фронт работ и рабочие места перемещаются по трассе, работа на открытых или полуоткрытых площадках) и недостаточно герметичной упаковки материалов, сварочные флюсы и электроды нуждаются в сушке, а сварочная проволока в очистке поверхности от следов коррозии, графитовой смазки, различных наслоений перед использованием. Поэтому были проведены экспериментальные исследования с учетом условий хранения сварочных материалов на открытом воздухе (на зашещенных от атмосферных осадков), в неотпливаемом и отапливаемом помещениях. Для этого использовались прокаленные, согласно техническим требованиям, флюсы марки АН-22 и АН-348 А; электроды «Гарант», «Шварц», «Фокс-Цель», «Уони-13-55».

Как показали эксперименты, насыщение влагой при хранении флюсов и электродов происходит особенно интенсивно в первые часы после прокаливания, постепенно приближаясь к предельному состоянию, которое наступает для флюсов через 50/100 часов (первая цифра относится к флюсу АН-348А), а для электродов (вторая к флюсу АН-22) – через 100-250 часов (в зависимости от условий хранения и марки электродов). Содержание влаги в текущий момент времени для определенных условий хранения в незначительной степени зависит от влажности окружающей среды.

Как и следовало ожидать, темп насыщения и предельное содержание влаги в сварочных материалах также зависит от условий их хранения и типа сварочных материалов. Установлено что при хранении флюсов в отапливаемом помещении предельное содержание влаги снижается в 4,5 (АН-22) – 2,5 (АН-348А) раза по сравнению с хранением на открытом воздухе. Для электродов эти цифры, соответственно, составляют: 8,7 (Уони-13/55), 2,45 («Фокс-Цель»), 1,6 («Шварц») и 1,0 («Гарант»).

Внешний осмотр и анализ рентгенограм сварных швов, выполненных из стали Х60 под флюсом АН-348 и АН-22 показал, что

предельно допустимым содержанием влаги следует считать 0,02% для флюса АН-348 А и 0,01% для флюса АН-22.

Таким образом, необходимо рекомендовать хранение сварочных материалов в отапливаемых помещениях, а также по предельно допустимому содержанию влаги определять допустимую продолжительность хранения сварочных материалов после их подготовки к сварке. Если по каким – либо причинам от момента подготовки материалов до момента использования прошло больше времени, то необходима их повторная подготовка.

## **КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К СИСТЕМЕ ОСВЕЩЕНИЯ ПОДВОДНОЙ ОБСТАНОВКИ**

*Шамарин Алексей Юрьевич*

*Киевский государственный научно-исследовательский институт гидроприборов*

*Украина, г. Киев, ул. Сурикова, 3, тел. 239-90-18, факс 239-90-17, E-mail:*

*[ryba@ukrpack.net](mailto:ryba@ukrpack.net)*

Любая страна, которая имеет морскую границу, должна заботиться о безопасности самой границы и расположенных на побережье индустриально-промышленных и военных объектов. Анализ современной обстановки в прибрежной зоне показал, что угроза терроризма со стороны моря стала объективной реальностью, угрожающей миру и безопасности многих морских держав.

До настоящего времени во многих станах, особенно тех которые не имеют открытого выхода в океан и задач противолодочной обороны, практически полностью отсутствовал мониторинг подводной обстановки в территориальных водах.

Это обстоятельство увеличивает угрозу несанкционированного проникновения из-под воды со стороны моря на охраняемые береговые объекты.

Создание системы освещения подводной обстановки (СОПО), как одной из составляющей единой системы освещения обстановки (ЕСОО), является стратегически важной оборонной задачей для морской державы. Она должна обеспечить своевременное получения военно-морскими силами полной и точной информации о появлении потенциальной угрозы территориальной и экономической безопасности для станы со стороны ее морских границ.

Учитывая современное положение, когда региональные и международные террористические акты приобретают все большие масштабы, значение комплексной системы освещения подводной

обстановки возрастает. Ее актуальность еще раз подтверждается тем, что в наш институт неоднократно обращались представители зарубежных стран по вопросу создания системы освещения подводной обстановки и защите прибрежных морских рубежей. Кроме того, в России сейчас разрабатывается программа по созданию контроля подводной обстановки вокруг важных промышленных и военных объектов, как прибрежных, так и находящихся на плаву.

Анализ известных принципов освещения подводной обстановки [1] показывает, что наиболее подходящими для решения этой задачи являются акустические методы на основе использования различных гидроакустических средств выявления надводных и подводных объектов с последующей передачей информации об обнаруженном объекте в центр сбора информации.

Опыт КГНИИГП в создании и эксплуатации этих средств позволяет предложить комплексное использование стационарных и мобильных активно-пассивных гидроакустических средств. При этом дальность выявления и локализации подводных и надводных объектов может быть практически не ограниченной.

Комплексная защита морских рубежей должна складываться из трех основных компонентов:

1. Базового стационарного активно-пассивного гидроакустического комплекса и автономных позиционных и рубежных подсистем типа донных и якорных радиогидроакустических станций;

2. Маневренные гидроакустические средства ВМС ВС Украины (корабли, катера, авиация и т.д.);

3. Береговые кабельные и радиоприемные посты и аналитический центр сбора и обработки информации.

Базовый стационарный активно-пассивный гидроакустический комплекс обеспечивает далекое выявление объектов и наведение на них маневренных средств для непосредственного сопровождения и принятия решения о противодействии.

Маневренные гидроакустические средства на различных носителях используются для получения информации о подводной обстановке за пределами действия стационарных, позиционных и рубежных гидроакустических станций, а также для уточнения информации по обнаруженным объектам.

Береговые посты предназначены для приема первичной информации о выявленных объектах и передачи ее в аналитический центр сбора и обработки информации для принятия решения.

Неотъемлемую частью системы освещения подводной обстановки являются гидроакустические станции по обнаружению подводных диверсионных сил и средств. Это мобильные станции, которые могут размещаться как на плавающих средствах, так и на береговых сооружениях.

Особенность задачи обнаружения малоразмерных объектов с эквивалентным радиусом  $0,2 \div 0,3$  м обусловлена их малой отражающей способностью, при которой энергия отраженного от объекта сигнала соизмерима или меньше интегрального отклика от освещенной площади границы среды (дна или поверхности моря). Исследования показывают, что помехи переотражения от дна или поверхности моря при зондировании, т.е. донная или поверхностная реверберации вносят основной вклад в суммарную помеху, на фоне которой необходимо выявить полезный сигнал, отраженный от объекта. Интенсивность поверхностной реверберации определяется следующей зависимостью [2]:

$$J_{\Pi} = \frac{\alpha_{\Pi} W c \tau_i \eta_{\Pi}}{16\pi r^3} c^{-4\beta' r} = \frac{P_{\Pi}^2}{\rho c}, \quad (1)$$

или давление помехи:

$$P_{\Pi} = \frac{\alpha_{\Pi}^{\frac{1}{2}} W^{\frac{1}{2}} c \rho^{\frac{1}{2}} \tau_i^{\frac{1}{2}} \eta_{\Pi}^{\frac{1}{2}}}{(16\pi)^{\frac{1}{2}} r^{\frac{3}{2}}} e^{-2\beta' r}, \quad (2)$$

где  $\alpha_{\Pi}$  – коэффициент рассеивания;  $W$  – мощность излучения;  $c$  – скорость звука в воде;  $\tau_i$  – длительность зондирующего сигнала;  $\eta_{\Pi}$  – коэффициент, связанный с направленностью антенн;  $\beta'$  – коэффициент пространственного затухания;  $r$  – расстояние;  $\rho$  – плотность среды.

Аналогичные выражения для и донной реверберации, но в этом случае ослабление давления помехи с расстоянием обратно пропорционального  $r^2$ , по сравнению с  $r^{\frac{3}{2}}$  для  $P_{\Pi}$ .

Коэффициент  $\eta_{\Pi}$  определяется соотношениями:

$$\eta_{\Pi} = \frac{K_{u3}}{K_{12}} - \text{для поверхностной реверберации}, \quad (3)$$

$$\eta_d = \frac{K_{us}}{K_r} - \text{для донной реверберации,} \quad (4)$$

где  $K_{us}$  – коэффициент концентрации характеристики направленности антенны ХН при излучении;  $K_{12}$  – коэффициент взаимной концентрации ХН при излучении и приеме;  $K_r$  – коэффициент концентрации ХН в горизонтальной плоскости при приеме.

Логарифмируя выражение (2) в системе СИ, преобразуем его в вид, удобный для расчета зависимости величины давления поверхностной реверберации от расстояния

$$P_{\Pi}(r)[Дб] = 76,5 + 10 \lg(W) + 10 \lg(K_{us}) + 10 \lg(\tau_i) - 30 \lg(r) - 2\beta' r 0,001 - 10 \lg(K_{12}) + 10 \lg \alpha_{\Pi} \quad (5)$$

То же для донной реверберации  $P_d(r)$  и эхосигнала  $P_3(r)$ :

$$P_d(r)[Дб] = 76,5 + 10 \lg(W) + 10 \lg(K_{us}) + 10 \lg(\tau_i) - 40 \lg(r) - 2\beta' r 0,001 - 10 \lg(K_r) + 10 \lg \alpha_{\Pi} + 10 \lg(H) \quad (6)$$

$$P_3(r)[Дб] = 50,9 + 10 \lg(W) + 10 \lg(K_{us}) + T - 40 \lg(r) - 2\beta' r 0,001 \quad (7)$$

где  $T$  – сила цели;  $H$  – глубина.

Анализ природы реверберации и приведенных аналитических выражений показывает, что увеличение мощности зондирующего сигнала  $W$  ведет к пропорциональному увеличению уровня реверберационной помехи и не обеспечивает положительного эффекта в обнаружении полезного сигнала. Т.е. фактор мощности не является в данной задаче определяющим.

В то же время, исходя из вышеприведенного выражения (1), можно сделать вывод, что уровень реверберационной помехи пропорционален коэффициенту рассеяния  $\alpha_{\Pi}$ , который определяется мощностью рассеяния  $dW$ , приходящейся на единицу площади  $dS$ , т.е. средой рассеяния, а также зависит от значения коэффициента  $\eta_{\Pi}$ . (3) и (4) тем меньше, чем меньше коэффициент концентрации характеристики направленности (ХН) антенны при излучении и

больше в приеме. Отсюда ослабление уровня реверберации в принимаемом сигнале можно достичь реально, увеличивая направленность антенны в приеме и уменьшая направленность ее в излучении.

Еще одно условие уменьшения вклада реверберационной помехи в суммарном отклике это уменьшение длительности сигнала  $\tau_i$ , которое можно достичь путем использования сложных сигналов и их оптимальной обработкой, при которой осуществляется сжатие принятого сигнала [2].

На основании изложенного можно сформулировать основные подходы в проектировании ГАС обнаружения малоразмерных объектов:

- увеличение направленности приемной антенны, что достигается увеличением ее многоканальности, и расширение направленности излучающей антенны;
- использование зондирующих сигналов большой длительности и сложности;
- использование оптимальной когерентной и квазикогерентной обработки;
- оптимальный выбор мощности излучения (критерий здесь – это максимально достигаемый ресурс работы антенной системы).

Теоретическая проработка и аналитический расчет для заданных условий позволяют сделать вывод, что оптимально выбранные при проектировании станции технические решения и технические параметры ее позволяют достичь значения энергетической дальности обнаружения подводных пловцов с достаточной вероятностью и точностью.

#### **Список используемых источников**

1. *Принципы освещения подводной обстановки с использованием гидроакустических средств /Ю.Е. Шамарин, А.П. Антосик, А.Ю. Шамарин, И.М. Фалеев. Научно-виробничий журнал "Арсенал-XXI", 2005, №1-4. –С. 57-63.*
2. *Шамарин Ю.Е., Фалеев И.М., Лежнин А.М. Методы и современные технологии в борьбе с терроризмом на море.//Технологические системы. –2006, –№2. –С.25-30.*

# АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ МЕДИКАМЕНТОЗНОЙ ТЕРАПИИ

*Сокол А.Ф.*

*Вольфсон 26/7, Беер-Шева, Израиль*

*Тел.: +972 8 66 55 909; E-mail sokoladolf@yahoo.com*

Медикаментозная терапия является ответственнейшим этапом деятельности врача. Оптимальное лечение обеспечивается знанием современных достижений клинической фармакологии и учетом индивидуальных особенностей течения заболевания у конкретного больного. В большинстве случаев лечение проводится в условиях некоторой неопределенности из-за невозможности учета всех факторов, влияющих так или иначе на результативность лечения. Как подчеркивает акад. И. Кассирский, «лечение – самый сложный процесс в медицине» (здесь и далее цит. по книге: А.Ф. Сокол. Медицина из глубины веков до наших дней /готовится к печати/) По образному выражению акад. З. Янушкевичуса, «мы живем во времена все менее опасной хирургии и все более опасной терапии». Отсутствие четких правил лечения, различный клинический опыт, неоднозначность рекомендаций по медикаментозной терапии вызывает разноречивый подход врачей к лекарственному лечению. «Нам часто приходится вести корабль нашей терапии между мелями трусости и скалами безрассудства» (Б. Вотчал). По мнению акад. Е. Тареева, старое правило «*primum non nocere*» (прежде всего не навреди) отступает перед требованием современного принципа хорошо рассчитанного риска».

В связи с этим давно возникла идея алгоритмизации процесса лечения. В поисковой системе Google имеется 315000 сообщений об алгоритмах лечения. Однако при ближайшем рассмотрении многих из этих сообщений установлено:

1. Алгоритмы разработаны для лечения отдельных заболеваний и отражают опыт и концепции авторов.

2. В подавляющем большинстве случаев под алгоритмом понимается более или менее упорядоченная схема лечения, т.е., в этих случаях речь идет о неоправданно расширительном толковании понятия «алгоритм».

3. Общие алгоритмы, принципиально отражающие процесс лечения как таковой, не обнаружены.

Некоторые авторы (Я. Ругайзер, Р. Байбусинов, 1998) полагают, что более целесообразной является эвристическая стратегия принятия

решений по лечению. Эта стратегия, по мнению авторов, особенно предпочтительна в обучающем процессе.

При несомненных достижениях клинической фармакологии ряд принципиальных вопросов лечения остается недостаточно освещенным. Между тем, нельзя забывать, что «клиническая фармакология – это фармакологическое мышление у постели больного» (Б. Вотчал).

Прежде всего, врач должен определить для себя достижимые критерии эффективности лечения конкретного больного. «Лечение болезни может быть совершенно безличным; лечение пациента должно быть абсолютно личным» (Ф. Пибоди)

В каждом случае необходимо определить клинко-патофизиологические синдромы или звенья патогенеза заболевания, подлежащие устранению или коррекции.

Только после решения двух перечисленных задач врач разрабатывает план медикаментозной терапии.

С учетом особенностей клинической картины у конкретного больного и фармакодинамики назначенных препаратов необходимо определить предположительный период, в конце которого оценивается текущая эффективность лечения.

После начала лечения его продолжение возможно при отсутствии острых осложнений лекарственной терапии (анафилактический шок, отек Квинке, идиосинкразия). При возникновении последних программа лечения заново пересматривается.

При эффективности лечения последнее продолжается. При отсутствии эффекта следует определить возможную причину (недостаточная доза, избыточная доза, нерациональная комбинация лекарств, их несовместимость, влияние сопутствующих заболеваний, аллергия замедленного типа, выраженное поражение внутренних органов и др.). В этом случае производится повторная коррекция лечения с учетом определившейся причины неэффективной терапии.

По мнению акад. Н. Амосова, «всякое лечение можно определить как искусственное управление организмом с целью восстановления нормь». Нами разработан алгоритм медикаментозной терапии, учитывающий и включающий в общем виде все изложенные выше требования к лекарственному лечению (рис. 1). Нетрудно убедиться, что алгоритм содержит ряд контуров, логически взаимосвязанных между собой и обеспечивающих принятие целесообразных решений на разных этапах лечения. По меткому замечанию Дж. Николса и И. Прихожина (1979) контуры регуляции при взаимодействии обеспечивают «репертуар поведения».

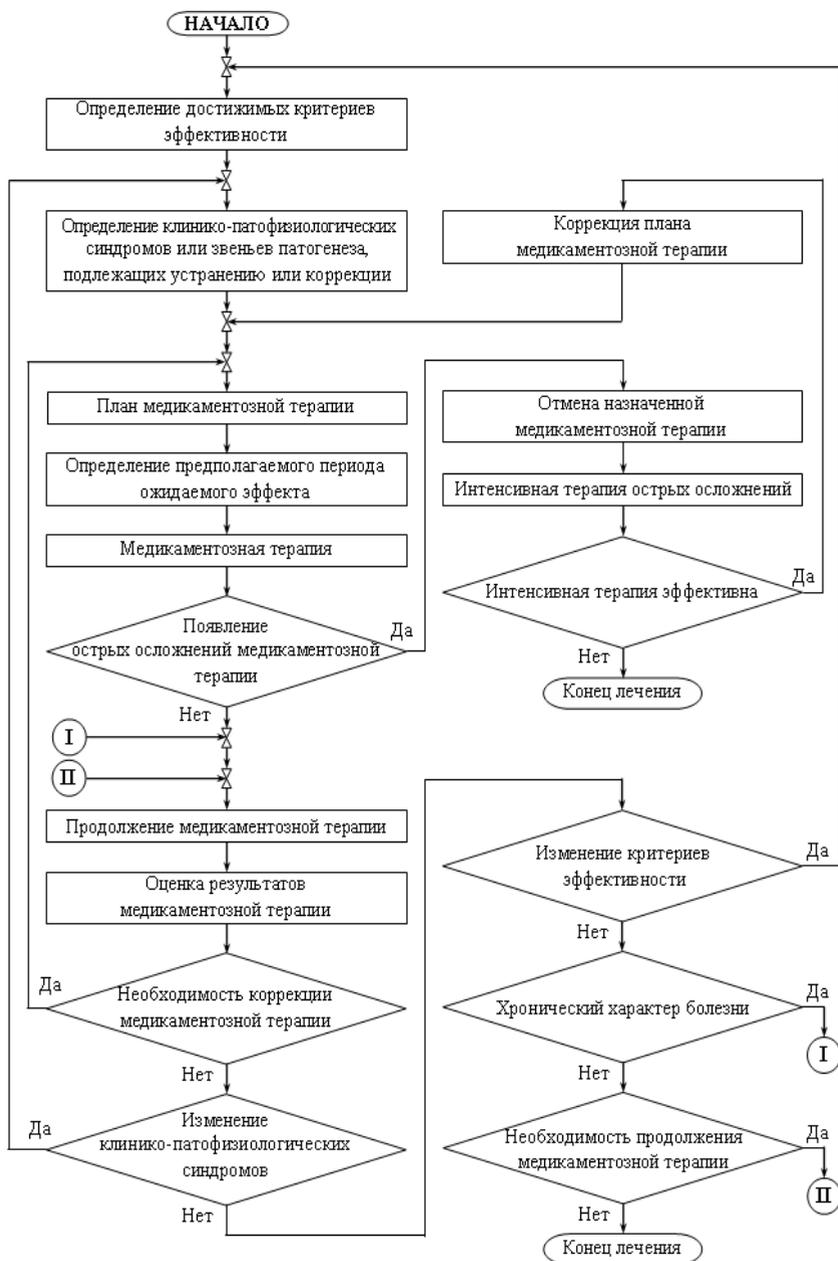


Рис. 1. Алгоритм медикаментозной терапии

Следует подчеркнуть, что использование общего алгоритма лечения совершенно не исключает и даже в большей мере обеспечивает индивидуальный подход к каждому больному. «Нужно добиваться компромисса между теоретически оптимальной терапией и терапией, которая приемлема для больного. Совместное с больным рассмотрение каждого аспекта программы лечения может помочь установить, что реально, а не то, что идеально» (Р. Горлин).

Автор выражает благодарность д-ру В.М. Соколу за помощь в разработке алгоритма.

## **HEURISTIC ALGORITHM FOR 2-DIMENSIONAL IRREGULAR SHAPE CUTTING PROBLEM**

*Slawomir ŻAK*

*Cracow University of Technology, Institute of Computing Science, ketchup@pirat.pl*

*Jacek PIETRASZEK*

*Cracow University of Technology, Institute of Computing Science, pmpietra@mech.pk.edu.pl*

### **1. Introduction**

The cutting problem has a number of possible variants, e.g. guillotine, non-guillotine or irregular type cutting problem. In the most general case, it can be characterized in the following way: taking into the account a uniform, flat material sheet (e.g. a sheet of paper or metal) with a pre-defined size and a number of elements, we are trying to find their placement in such a way, that it minimizes the amount of the material shreds resulting from their cutting process.

The research on this particular topic was initiated in the 1940ties, when the authors of [1] were considering an optimum of any rectangle into squares. In the following years, the cutting problem was proven to be NP-complete (Non-deterministic Polynomial time) and a number of its variants were presented, often with dedicated solution algorithms.

In this article, we consider the area minimization process for the processed material sheet, with a pre-defined height and unlimited length, comprising cutting from it a number of elements with irregular shapes [2]. A universal genetic algorithm with an additional parameter is proposed for this particular problem and is then examined in detail in terms of operational efficiency. The impact of the selection of the genetic operators on the quality of the obtained solution was also analyzed in detail, targeting the utilization of the best set of parameters. Additionally, an example of a practical implementation of the examined algorithm in engineering

applications is presented, thanks to the integration with the AutoDesk software package – AutoCAD 2007.

## 2. General characteristics of the employed genetic algorithm

Due to the irregular shapes of the cut-out elements, their description is stored in an XML file in a vector form. Such an approach is very convenient when it comes to easier manipulation in terms of shape geometry and additionally allows to define an arbitrary number of drill holes inside of each profile. It comes however with the challenge of determining whether two given profiles overlap or not, requiring the utilization of complex techniques for edge collision detection [3]. This particular problem was resolved via rasterizing the element profile and then comparing whether the individual pixels of the two given elements do not overlap. The raster matrix size compression technique was also applied here, featuring grouping individual pixels and storing them as 32 bit wide integer variables [4].

The proposed algorithm utilizes the generic element packing algorithm, commonly referred to as Bottom-Up-Left-Justified [5], which provides the solution in the form of a sequence of packed elements, starting from the top left-hand corner of the material sheet towards its bottom part, moving also gradually in the right direction, providing that the elements do not fit in the given column. Additionally, all the placed elements can be rotated by  $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ , providing more points of freedom for the final solution.

The employed element placement algorithm, accounting for the possible, independent rotation of the individual elements, immediately sets aside the application of binary coding scheme, which is typically used in the generic implementations of generic algorithms. That is why the following chromosome structure was used:

$$\langle (X_1; R_1), (X_2; R_2), (X_3; R_3), \dots, (X_i; R_i), \dots, (X_n; R_n) \rangle \quad (1)$$

where:

$(X_i; R_i)$  – determines the location and rotation angle for the given profile

The fitness function is hereby defined as a number of longitudinal pixels required to place all the target elements. Thus, the best solutions ought to tend to 0.

## 3. Employed genetic algorithm operators

Two classic selection operators were implemented and tested against operating efficiency, namely: *roulette type selection* (R) and *tournament selection* (T). In the case of the first method, the chromosomes with the fitness closer to 0 are selected with proportionally higher probability when compared with other elements. In the latter case, the tournament selection

creates a population with the 10% size of the initial population, containing randomly selected chromosomes, and only then selects a parent element.

The specific structure of the chromosome requires the application of specific crossing operators, which will generate no encoding errors. It must be noted that the solution encoded by the chromosomes has a character of permutations with no repetitions. Such limitation is typically imposed on all crossing operators known from the TSP (Travelling Salesman Problem). In the course of our research, several crossing operators were employed, namely: *one-point* (1PX), *two-point* (2PX), *ordered* (DOX) [6], *linear* (LOX) [7], *position oriented* (PBX) [8], with *partial fitting* (PMX) [9], *cyclic* (CX) [10] and *uniform* (EX). All the aforementioned operators process the chromosome as a whole, operating on both the order of placed elements and their rotation angles.

The main task of the linear mutation operators is avoidance of local solution minima. Based on their classic versions, employed mainly with the binary data encoding schemes for chromosomes, namely: *one-point* (1PM), *two-point* (2PM) and *uniform* (EM), new operators were created, which process only part of the chromosome encoded information, e.g. the rotation angle for particular elements. This way the local minima avoidance is assured by the possible rotation of one of the elements by a randomly selected angle, chosen from the predefined set of values (0°, 90°, 180°, 270°).

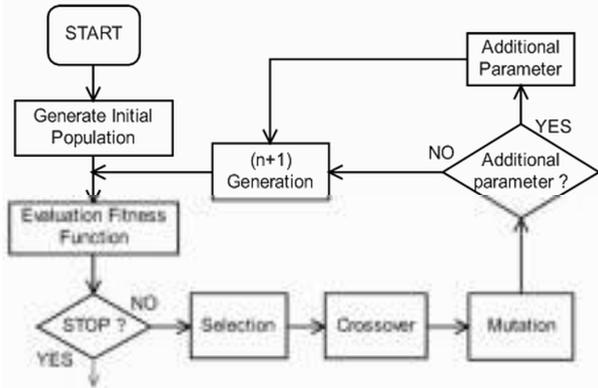
In the framework of improving the overall operating efficiency of the genetic algorithms, a new genetic operator was proposed and examined. Its operation principle is as follows: with a certain, pre-defined probability, part of the solution population (e.g. 10%) is replaced with completely new set of chromosomes. The eliminated chromosomes are selected at random, which in return provides higher differentiation of the resulting population.

#### **4. Algorithm implementation**

The genetic algorithm was implemented in Borland Developer Studio 2006 environment, using C++ language. The code was based on the STL (Standard Template Library) to assure its highest performance. The block diagram of the implemented algorithm is presented in Fig. 1.

#### **5. Test results**

A number of tests were conducted, examining the impact of various combinations of the genetic operators on the quality of the final results. The additional, proposed parameter was employed in part of the tests for comparative purposes.



**Fig. 1. Block diagram of the implemented algorithm**

The said tests were carried out in the following manner (Table 1):

*Table 1. Employ combinations of the genetic operators*

<i>Test number</i>	<i>Selection</i>	<i>Crossover</i>	<i>Mutation</i>	<i>Test number</i>	<i>Selection</i>	<i>Crossover</i>	<i>Mutation</i>
1	R	1PX	1PM	25	T	1PX	1PM
2	R	1PX	2PM	26	T	1PX	2PM
3	R	1PX	EM	27	T	1PX	EM
4	R	2PX	1PM	28	T	2PX	1PM
5	R	2PX	2PM	29	T	2PX	2PM
6	R	2PX	EM	30	T	2PX	EM
7	R	DOX	1PM	31	T	DOX	1PM
8	R	DOX	2PM	32	T	DOX	2PM
9	R	DOX	EM	33	T	DOX	EM
10	R	LOX	1PM	34	T	LOX	1PM
11	R	LOX	2PM	35	T	LOX	2PM
12	R	LOX	EM	36	T	LOX	EM
13	R	PBX	1PM	37	T	PBX	1PM
14	R	PBX	2PM	38	T	PBX	2PM
15	R	PBX	EM	39	T	PBX	EM
16	R	PMX	1PM	40	T	PMX	1PM
17	R	PMX	2PM	41	T	PMX	2PM
18	R	PMX	EM	42	T	PMX	EM
19	R	CX	1PM	43	T	CX	1PM
20	R	CX	2PM	44	T	CX	2PM
21	R	CX	EM	45	T	CX	EM
22	R	EX	1PM	46	T	EX	1PM
23	R	EX	2PM	47	T	EX	2PM
24	R	EX	EM	48	T	EX	EM

Table 2. Assumed values for control parameters in the algorithm

Parameters	Value
Crossing probability	0.6
Mutation probability	0.05
Population size	30
Number of generations	20
Number of algorithm repetitions	5
Additional parameter (when used)	0.1

Particular parameter values for this implementation of the genetic algorithm were defined a priori, based on the classic examples from literature and were presented in Table 2. The classic form of the genetic algorithm was used, with no adaptive mechanisms, which may constitute the basis for future developments. The tests were carried out for 3 problem space sizes, with 20, 40 and 60 elements, with the obtained results being averaged.

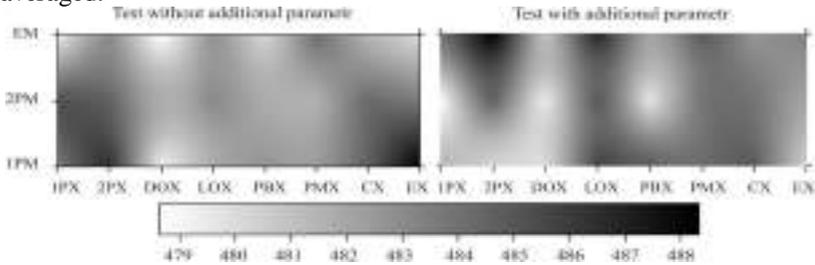


Fig. 2. Combinational efficiency for the genetic operators (lower values are better)

The obtained results are depicted in Fig. 2 and Fig. 3. Due to the significant result spread (Fig. 3), it is difficult to unanimously determine the impact of the individual genetic operators on the fitness function value.

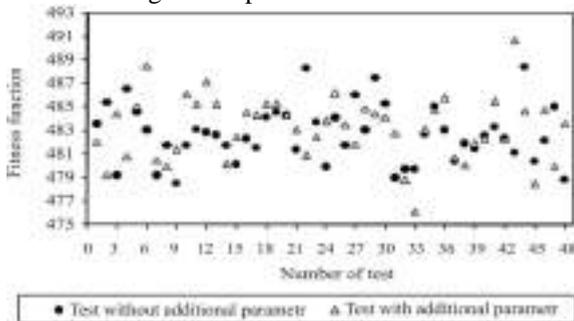


Fig. 3. Combinational efficiency for the genetic operators (lower values are better)

In the case of the algorithm with no additional parameter, the best results were exhibited by operator combination number 9, while parameter combination 33 performed best with the additional parameter enabled. The latter one also provided the globally best solution. Application of this particular parameter in conjunction with the roulette selection method in most cases lowers the algorithm efficiency, but improves them when applied with tournament selection.

All combination of genetic operators where the one-point or two-point mutation was employed, providing that no additional parameter was used, are more likely to create solutions with lower fitness value when compared with the uniform mutation scheme. The situation is however the opposite when the additional parameter is enabled, where the high efficiency is exhibited by single or double point mutation schemes, while the uniform mutation method underperforms (Fig. 2).

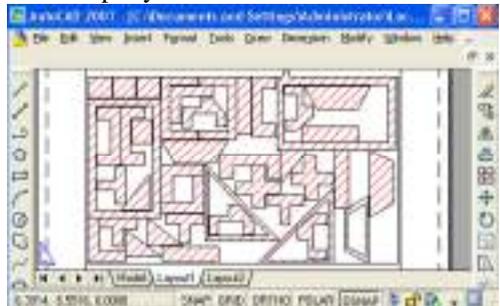
Unfortunately, it is impossible to determine which crossing operator outperforms the other ones. Special attention should be paid to their computational complexity and determine whether an improved solution is obtained at the cost of more extended computations and prolonged execution time.

It seems well justified to employ the proposed additional parameter in the case of tournament selection process while it is pointless when the roulette selection mechanism is used. The final decision on application of the additional parameter should therefore be correlated with the selection of the particular mutation scheme, in order to assure the highest efficiency of the implemented algorithm. For the tests collected in Table 2, it can be assumed that the average best results are generated by the T-DOX-EM scheme.

Fig. 4 depicts the interface of the developed software package for optimization along with the generated exemplary solution.



4. Program interface with exemplary solution



5. Algorithm integration with AutoCAD 2007

## 6. Practical utilization of the proposed algorithm

The proposed algorithm can be in practice employed in the industry. The areas of interest include furniture manufacturers, industrial tailors etc., that is the companies which utilize CAD type software packages. Fig. 5 depicts the software integration with the AutoCAD 2007 package, where the sub-optimum solution was exported once completed. This operation was achieved via OLE (COM) technology and may constitute a base for successful integration of the algorithm with other CAD type packages.

## 7. Conclusions

In this article, we proposed and examined a universal genetic algorithm for 2-dimensional irregular cutting problem, allowing for effective placement of individual elements on the target material sheet. It was proven that for certain combinations of the genetic operators, it is possible to improve the overall efficiency by employing an additional parameter. The potential practical application of the proposed algorithm was also presented, in the form of integration with the CAD type packages.

Future works should focus on the selection of optimum crossing and mutation probabilities as well as the value for the additional parameter, which may result in the improvement of the quality of the obtained solutions.

## References

- [1] Brooks R., Smith C.A.B, Stone A.H., Tutte W.T., *The Dissection of Rectangles into Squares*, *Duke Math. Journal*, Vol. 7, 1940.
- [2] Błażewicz J., Hawryluk P., Walkowiak R., *Using a Tabu Search Approach for Solving the Two-Dimensional Irregular Cutting Problem*, *Annals of Operations Research*, Vol. 41, pp 312-327, 1993.
- [3] Burke E., Hellier R., Graham K., Whitwell G., *A New Bottom-Left-Fill Heuristics Algorithm for Two Dimensional Irregular Packing Problem*, *Operations Research*, Vol. 54, No. 3, pp 581-601, May-June 2006.
- [4] Budzyńska L., Kominek P., *Influence of Given Representation on Performance of an Evolutionary Algorithm for 2d Irregular-Shape Cutting Problem*, *Symposium on Methods of Artificial Intelligence*, Gliwice November 5-7 2003.
- [5] Budzyńska L., Kominek P., *The Application of GLS Algorithm to 2 Dimensional Irregular-Shape Cutting Problem*, *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 3038, pp. 1241-1248, Springer, Berlin 2004.
- [6] Davis L., *Applying Adaptive Algorithms to Epistatic Domains*, *Proceedings of the International Joint Conference on Artificial Intelligence*, 1985.
- [7] Falkenauer E., Bouffouix, *Genetic Algorithm for Job Shop*, *Proceedings of 1991 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 1991.
- [8] Syswerda G., *Schedule optimization Using Genetic Algorithms*, *Handbook of Genetic Algorithms*, New York 1991.

[9] *Goldberg D.E., Lingle R., Alleles, Loci, and Travelling Salesman Problem, Proceedings of the First International Conference on Genetic Algorithms, Hillsdale, NJ, 1985.*

[10] *Olivier L., Smith D., Holland J., A Study of Permutation Crossover on the Traveling Salesman Problem, Proceedings of the Second International Conference on Genetic Algorithms, Hillsdale, NJ, 1987.*

### **Abstract**

The optimum cutting problems occur very frequently in various area of industry and technology. A number of algorithm were proposed, targeting solving particular variants of the aforementioned problems (guillotine cut, non-guillotine cut, etc.). In this article, we proposed and examined a genetic algorithm implementation with an additional parameter, allowing for optimization of the placement of individual elements with irregular shape profile on the 2 dimensional surface. The simulation results were presented, examining the impact of the combination of generic operators and the proposed additional parameter on the quality of the obtained results. An example of a practical implementation of the examined algorithm in engineering applications is presented, thanks to the integration with the AutoDesk software package – AutoCAD 2007.

**Keywords:** *2d irregular-shape cutting problem, modified genetic algorithm, work automation with AutoCAD 2007*

## **DIGITAL 3-DIMENTIONAL MODELLING B-SPLINE CURVES AND SURFACES IN ENGINEERING APPLICATIONS**

*Sylvia SIKORSKA*

*Cracow University of Technology, Institute of Computing Science, ssikorska@gmail.com*

*Jacek PIETRASZEK*

*Cracow University of Technology, Institute of Computing Science, pmpietra@mech.pk.edu.pl*

### **1. Introduction**

Over the recent years, different curves and surfaces representation forms have been proposed. Currently, B-splines and NURBS (Non-Uniform Rational B-splines) are the most popular mathematical forms. NURBS offers a unified mathematical form not only for representation of free-form curves and surfaces, but also for the precise representation of close-form shapes such as lines, conics, quadrics, and surfaces of revolution. It has been an IGES (Initial Graphics Exchange Specification) standard since 1983, was approved by American National Standard Institute – ANSI, and many commercial CAD systems and other applications are based on the NURBS representation. IGES defines a neutral data format (independent from hardware) that allows the digital exchange of information among

Computer-aided design (CAD) systems. Standard ensures support for exchange 2-D and 3-D technical drawings, specification and others needed to design and production, included geometrical and characteristic data relative materials and surfaces with their properties (shapes, dimensions, tolerances, usable feature, etc.).

In this paper the NURBS curves and surfaces examples and applications will be presented, and also a novel method of animation of human expression using NURBS curves based on facial anatomy.

## 2. Definition and properties

### 2.1. NURBS Curves

A  $p$ th-degree curves id defined by [1]:

$$C(u) = \frac{\sum_{i=0}^n N_{i,p}(u)w_i P_i}{\sum_{i=0}^n N_{i,p}(u)w_i} \quad (1)$$

where:

$P_i$  – control points (forming a control polygon),

$w_i$  – weights of control points,

$N_{i,p}$  – the  $p$ th-degree B-Spline basis functions defined on the nonperiodic (and nonuniform) knot vector  $u$

$$U = \left\{ \underbrace{a, \dots, a}_{p+1}, u_{p+1}, \dots, u_{m-p-1}, \underbrace{b, \dots, b}_{p+1} \right\} \quad (2)$$

where:

$$a_i = 0, b_i = 1, \text{ dla } i \in \langle 0, p \rangle.$$

#### Geometric properties NURBS curves:

- End points of curves for  $u \in [0,1]$  are  $C(0) = P_0$  and  $C(1) = P_n$ ,
  - An affine transformation is applied to the curve by applying it to the control points,
  - NURBS curves are invariant under perspective projections,
  - If  $u \in \langle u_i, u_{i+1} \rangle$ , then  $C(u)$  lies within the convex hull of the control points  $P_{i-1}, \dots, P_i$ ,
  - $C(u)$  is infinitely differentiable on the interior of knot spans and is  $p - k$  times differentiable at a knot of multiplicity  $k$ ,
  - No plane has more intersection with the curve than control polygon,
  - A NURBS curve with no interior knots is a rational Bezier curve.
- NURBS curves contain nonrational B-Spline and rational and nonrational Bezier curves as a special cases,

- If the control point  $P_i$  is moved, or the weight  $w_i$  is changed, it affects only that portion of the curve on the interval  $u \in \langle u_i, u_{i+p+1} \rangle$ .

## 2.2. NURBS Surfaces

A NURBS surface of degree  $p$  in the  $u$  direction and degree  $q$  in the  $v$  direction is bivariate vector-valued piecewise rational function of the form:

$$S(u) = \frac{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m N_{i,p}(u) N_{j,q}(v) w_{i,j} P_{i,j}}{\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m N_{i,p}(u) N_{j,q}(v) w_{i,j}} \quad (3)$$

where:

- $P_{i,j}$  – bidirectional control net,
- $w_{i,j}$  – weights of control points,
- $N_{i,p}(u), N_{j,q}(v)$  – nonrational B-Spline basis functions defined on the knot vectors  $u, v$ ; and  $0 \leq u, v \leq 1$

$$U = \left\{ \underbrace{0, \dots, 0}_{p+1}, u_{p+1}, \dots, u_{r-p-1}, \underbrace{1, \dots, 1}_{p+1} \right\} \quad (4) \quad V = \left\{ \underbrace{0, \dots, 0}_{q+1}, v_{q+1}, \dots, v_{s-q-1}, \underbrace{1, \dots, 1}_{q+1} \right\} \quad (5)$$

where:

$$r = n + p + 1 \text{ and } s = m + q + 1.$$

## 3. Application NURBS curves and surfaces in CAD system

### Pro/Engineer Wildfire 3.0.

Application *Pro/Engineer* was used to create profile of human face. Environment might modeling surface with control points which are prepared in table data. It was prepared an ASCII file with \*.ibl extension to generate NURBS surface. File defined kind of surface, and also coordinate system for all curves forming sequential sections.

In table 1 are placed values of control points of curves forming NURBS surface. It was presented fragments of curves that are placed near middle of modeling face. File with \*.ibl extension was built from data inserted in table, from 20 curves, every curves with 29 control points in. These number results from dimensions of modeling face. Curves are 1 cm apart, its the same distance that control points are apart. Mesh forming outline of surface was created, afterwards was imported to file with \*.ibl extension, according to requirements *Pro/Engineer Wildfire 3.0* application.

Table 1. Fragment of table with values of control points that was marked out for sequential NURBS curves

VII curve			VIII curve			IX curve			X curve		
x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z
1.00	7.00	0.00	1.00	8.00	0.00	1.00	9.00	0.00	1.00	10.00	0.00
2.00	7.00	0.00	2.00	8.00	0.00	2.00	9.00	0.00	2.00	10.00	0.00
3.00	7.00	3.10	3.00	8.00	3.00	3.00	9.00	3.25	3.00	10.00	3.25
4.00	7.00	4.80	4.00	8.00	4.90	4.00	9.00	5.25	4.00	10.00	5.25

Table 1. Fragment of table with values of control points that was marked out for sequential NURBS curves

VII curve			VIII curve			IX curve			X curve		
x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
13.00	7.00	10.30	13.00	8.00	10.75	13.00	9.00	11.45	13.00	10.00	11.45
14.00	7.00	10.10	14.00	8.00	11.00	14.00	9.00	11.60	14.00	10.00	11.60
15.00	7.00	9.85	15.00	8.00	10.45	15.00	9.00	11.00	15.00	10.00	11.50
16.00	7.00	10.15	16.00	8.00	10.50	16.00	9.00	12.20	16.00	10.00	12.70

To import surface from file in *Pro/Engineer* [2]:

1. Choose *INSERT* → *ADVANCED* → *BLEND FROM FILE* → *SURFACE*,
2. Create or select a coordinate system that the curve will reference,
3. Choose file name (with extension *\*.ibt*),
4. Choose direction of adding material. Change the direction by click *FLIP*.

Example of generated surfaces from appointed points with fragment ASCII file is presented in fig. 1.



Fig. 1. Surface generated from 20 NURBS curves with 29 control point and fragment of ASCII file

Followed tests was carried out to optimize obtained shape of the surface:

- a) reduction number of control points about  $\frac{1}{3}$  with invariable number of NURBS curves
  - b) reduction number of control points about ? with invariable number of NURBS curves
  - c) reduction number of NURBS curves about  $\frac{1}{3}$  with invariable number of control points
  - d) reduction number of NURBS curves about ? with invariable number of control points
- Results of research are represented in fig. 2.



Fig. 2. Transformation of surfaces with reduction number of control points or number of curves

Decrease number of control points to 50% didn't yield good results, also reduction number of curves that modelling object about 30% didn't have a better influence on a simulating surface that at first time was simulated, that undergo in case b) big deformation. However, with decreasing number of curves about ? it was received much more common model of face that at first time. Thanks to these data can be reduced about a half to generated surface. With 10 curves and 29 control points for each curves surface of face was received that might be transform with modification and relocation of control points or curves.

#### 4. Application of NURBS Curves and Surfaces to Animation of Human Expressions.

This paper presents a novel method in facial modeling and animation based on human facial anatomy, control points are positioned and sample points of the non-uniform rational B-spline (NURBS) curves are associated with the facial mesh geometrically [3]. Facial muscle movements and expressions can be simulated by modifying the weights or moving the control points of the NURBS curves. The applications of NURBS curves are limited to creating surfaces, keyframing and setting motion paths. In addition, the method uses the NURBS curve to control a polygonal mesh.

Cubic curves are used in face modeling since they offer shape flexibility and also avoid unwanted oscillations. The positions of the control points are primarily decided by the locations where the simulated muscles are attached to facial bones. Fig. 3 shows the general positions of the control polygons of the NURBS curves.

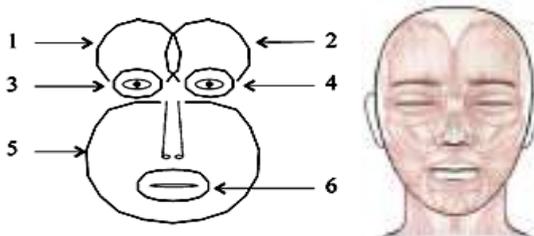


Fig. 3. Approximate locations of control polygons of NURBS curves with location of muscles [6] (Simulated muscles: 1, 2 - Frontalis, corrugator, 3, 4 - Orbicularis oculi, 5 - Zygomaticus major, levator labii superioris, triangularis, depressor anguli, depressor labii inferioris, mentalis, 6 - Orbicularis oris)

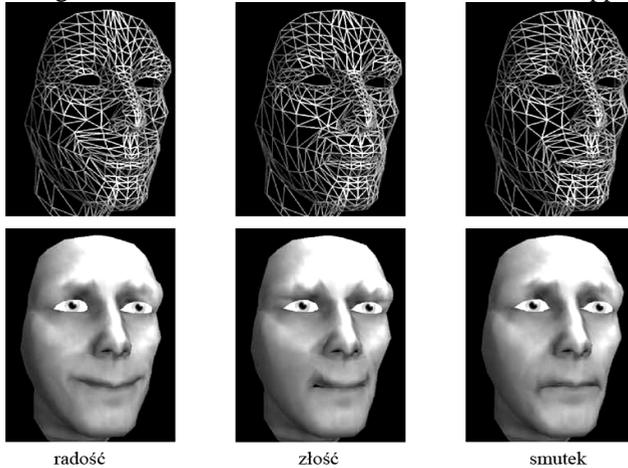
Based on the distribution and movement of human facial muscles, vertices of the facial mesh can be separated into two top-level units, each with two sub-units:

- a) Vertices where muscles affect the eye region (*vertices on the forehead and vertices on the eyes*)

b) Vertices where muscles affect the mouth region (*vertices on the cheeks and jaw and vertices on the mouth*)

To more realistically simulate the mutual influence of facial muscles and their gradual transition, fuzzy sets [5] can be used to assign any vertex a membership to a facial unit.

Fig. 4 shows the simulation results. These are three primary expressions: happiness, anger and sadness. Shows wireframe and texture mapping.



**Fig. 4. Generated surfaces of human face (wireframe and texture mapping)**

Three former expressions were simulated with weight changing and control point repositioning. Modeling facial movements using NURBS curves is a geometrical modeling method. The NURBS curves are used to control and coordinate the movement of vertices on the facial mesh.

## **5. Summary**

Non-uniform rational B-splines curves and surfaces, because of their useful geometric properties, are often applied in engineering drawing, computer graphics and wherever complicated curve with defined continuity is needed. NURBS curves was introduces in many CAD/CAM/CAE applications. It was presented implementation of human facial surface and influence of reduction number of control points and number of NURBS curves on the level of reality. A novel method in facial modeling and animation based on human facial anatomy was presented too. A unified mathematical form not only for representation of free-form curves and surfaces, but also for the precise representation of close-form shapes such as lines, conics, quadrics, and surfaces of revolution influences for popularity and wide applications spectrum of NURBS curves.

## References

- [1] Piegl L., Tiller W., *The NURBS Book*, Springer, New York 1997.
- [2] Lisowski E., *Modelowanie elementów maszyn i urządzeń w systemach CAD 3D z przykładami w SolidWorks, Solid Edge i Pro/Engineer*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Krakow 2003.
- [3] Huang D., Yan H., *Modeling and animation of human expressions using NURBS curves based on facial anatomy*, Elsevier Science, *Signal Processing: Image Communication* 17 (2002) 457–465.
- [5] Yen J., Langari R., *Fuzzy Logic: Intelligence, Control, and Information*, Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 1999.
- [6] <http://www.artnatomia.net/uk/index.html>

## Abstract

Currently, B-splines and NURBS (Non-Uniform Rational B-spline) are the most popular mathematical forms for curves and surfaces representation forms. NURBS offers a unified mathematical form not only for representation of free-form curves and surfaces, but also for the precise representation of close-form shapes such as lines, conics, quadrics, and surfaces of revolution. In this paper application of NURBS curves and surfaces in CAD systems like Pro/Engineer Wildfire 3.0 was presented, and animation of human expressions based on the NURBS representation based on human facial anatomy, control points are positioned and sample points of the non-uniform rational B-spline (NURBS) curves are associated with the facial mesh geometrically. Facial muscle movements and expressions can be simulated by modifying the weights or moving the control points of the NURBS curves.

*Keywords: NURBS curves and surfaces, computer aided design, NURBS surfaces implementation in Pro/Engineer Wildfire 3.0, animation of human expressions*

# DIAGNOSING OF TECHNICAL STATE OF MANUFACTURED ARTICLES BY ACOUSTIC EMISSION METHOD

*Andrii Goroshko,*

*Khmelnytsky National University, 11 Institutskaya str., 29016, Khmelnytskyi, Ukraine,  
Tel. +380 (382) 728743; E-mail: postgrad\_agor@rambler.ru*

## 1. Introduction

Nowadays, the transfer from resource maintenance to technical state maintenance is specifically important. Reliable technical diagnostics allows to prolong the term of exploitation for a considerable part of machines, that have already worked their resource out, which produces a significant saving rate. Unlike the traditional methods of nondestructive control and technical diagnosing, such as ultrasonic crack detection and X-ray radiography, the

method of acoustic emission (AE), based on the radiation of material during the change of its inner structure of spring mechanical waves which are caused by the increasing flaws, provides better sensitivity, the ability to discover and examine the flaws behaviour and integrity, enabling the control the state of the material without scanning, is simple for usage in the testing process, manufacture and exploitation, is capable of controlling materials not only under the mechanical pressure but also in the process of phase transformations.

The paper introduces the developed methods and means of computer AE control and diagnosing the technical state of details and machine units of varied shape and the instances of their practical use.

## **2. Implementation and results**

### **2.1. Strength diagnosing of welded joints**

The investigations which have been earlier carried out by other authors [3-5] show that in the process of joint weld cooling, AE appears without external strain, as a result of heat action which leads to phase transformations in the material, under the action of internal local strains, developing in the joint weld itself and the surrounding area, and due to the irregularity of the material structure. The authors have found that AE method is not effective for controlling the quality of welding circuit plates in the process of flux solidification because of negligible quantity of AE signals and on the contrary – it is highly effective for quality control of welding in the process of joint weld solidification.

With the purpose of working out the methods of nondestructive control and diagnosing technical state of joint welds in the process of flux solidification, i.e. even before the weld is in equilibrium, high-quality and defective joint welds of cast iron were investigated. It was stated, that the process of flaw formation is characterized by an abrupt quantitative increase of high amplitude AE signals (fig.1).

The most informative parameter appeared to be the actual activity of AE signals for the welded joint unit, registered during the temperature change from 200°C to room temperature. The studies resulted in working out a method of detecting welding defects in the process of joint weld formation:

- after burning of arc is over, the recording of AE signals is made during the time of temperature change from 200°C to room temperature.
- if the maximum actual activity of AE signals during the observations exceeds the permissible level  $N=1 \text{ imp/sec}\cdot\text{sm}^3$ , set according to the results of static processing of the previous experimental data, then the controlled joint weld is subjected to dangerous defect formation.

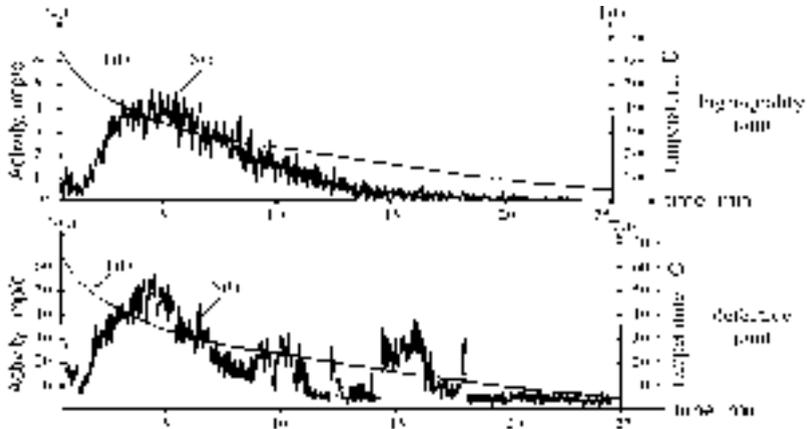


Fig. 1. Comparative acoustograms for high-quality and defective joint welds cooling

Fig. 2 demonstrates a photo of typical defective welded joint, its formation being followed by increased activity of high-amplitude AE signals, shown in the picture 1.

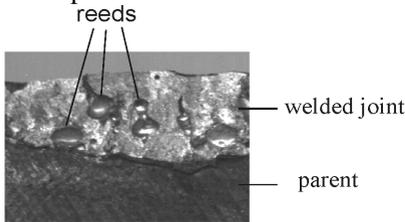


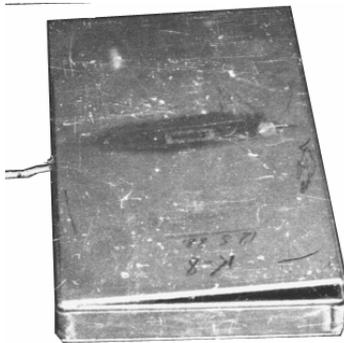
Fig. 2. A fragment of destroyed joint weld

The elaborated method of diagnosing technical state of welded joints in the process of flux solidification was implemented in Khmeltsky National University for control of cast iron CH-4 welded joints.

## 2.2. Diagnosing strength of microassembly frames

Microassembly frames of microwave frequency (fig. 3), 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, calculated according to the formula (5), 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:

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

Where  $P_{\max(TC)}$  - the value of internal overpressure, which must be withstood by the frame according to technical conditions.

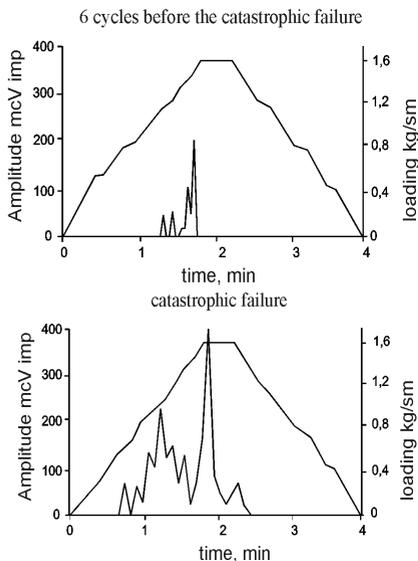
- Nondestructive loading of frame up to  $P_{\text{test}}$  makes it possible to assess strength and hermiticity of tested frames according to AE signal parameters.

- 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.
- If, 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 (fig. 4), 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.



**Fig. 4. The starting point of catastrophic destruction of joint weld of microassembly under pulsating cycle testing**

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.

## ОРГАНИЗАЦИЯ УЗЛОВ ВЛАГОЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИХ И ТОНКОПЛЁНОЧНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ.

*В.П. Ройзман<sup>1</sup>, А.Т. Богорош<sup>2</sup>, Р.О. Борячок<sup>1</sup>*

*1. Хмельницький національний університет, Україна, 29016, г. Хмельницький, ул. Інститутська, 11, тел. (0382)728743, E-mail: roizman@mailhub.tup.km.ua*

*2. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», тел.2463923, E-mail: o\_bogorosh@mon.gov.ua*

При эксплуатации радиокомпоненты и функциональные узлы должны работать при температуре от -65 до +250 градусов Цельсия, с вибрационными частотами от 5 до 5000 Гц, при ускорениях до 40g, ударах с ускорениями до 120g, относительной влажности от 5% до 100%, атмосферном давлении в пределах  $6,6 \times 10^{-4}$ - $1 \times 10^5$  Па, фоновом излучении (радиация и гамма-излучение)  $10^{10}$  рад/с. В ряде случаев эти воздействия могут быть ещё более жесткими [1].

Можно привести примеры, когда из-за отказа электронной техники по причинам разрушения недорогого пассивного элемента в указанных условиях эксплуатации случались катастрофы или аварии самолётов, кораблей, атомных электростанций и других объектов. При этом потери составляли миллионы долларов, не говоря уже о человеческих жертвах.

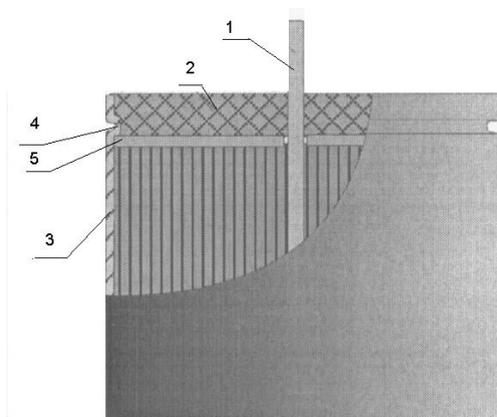
Действующие нагрузки приводят к разрушению отдельных деталей и узлов радиоэлектроники (резисторов, конденсаторов, плат, микромодулей, других деталей) или к изменению радиотехнических параметров электрорадиоэлементов и узлов, (разбалансирование контуров, микрофонный эффект и т.д.) что ведёт к снижению точности работы аппаратуры и помехам в линиях передачи информации или к отказам изделий.

Среди пассивных элементов радиоэлектроники больше всего используются резисторы и конденсаторы. Так, последние составляют от 23% до 36% в радиолокационной аппаратуре, и от 27% до 61% в приёмно-передающей аппаратуре от общего количества элементов. Около 62% отказов радиоэлектронной аппаратуры специального назначения происходит из-за выхода из строя конденсаторов, количество которых в общем случае составляет более 50% от числа электрорадиоэлементов, составляющих эту аппаратуру [2].

В данном докладе приводятся теоретические и экспериментальные исследования наиболее распространённого дефекта тонкоплёночных и электролитических конденсаторов - розгерметизации их узлов влагозащиты.

В алюминиевых электролитических конденсаторах К50-16, К50-38, тонкоплёночных К78-3 различных типоразмеров корпус представляет собой (Рис. 1) тонкостенный цилиндрический стакан (оболочку), в которую помещена секция конденсатора. Верхняя часть конденсатора со стороны вывода для создания надёжной влагозащиты кроме тонкой текстолитовой перегородки имеет компаундную заливку.

Однако такая конструкция узла не обеспечивает надёжную герметизацию конденсатора. С целью анализа работы узла влагозащиты и для выяснения причин розгерметизации была создана математическая модель узла, описывающая взаимодействие тонкостенной цилиндрической оболочки (стакана) конденсатора и металлического вывода с герметизирующим слоем компаунда. За расчётную схему была принята цилиндрическая оболочка, нагруженная по части её длины или по всей длине, распределённым давлением и рассчитывалась деформация той её части, которая контактирует с компаундом.



**Рис.1. Конструкция конденсатора**  
**1-вывод, 2-компаунд, 3-корпус, 4 – кольцевая**  
**опора, 5-перегородка**

Рассчитывались на прочность и жесткость и компаундный цилиндр (или диск), который находится под действием того же по величине, но противоположного по знаку давления. Совместная работа компаунда с оболочкой и выводом рассматривалась по схеме трёхслойных цилиндров, нагруженных контактным давлением на границах раздела стакана и компаунда.

Сами значения контактных давлений рассчитывалась из условия совместности деформаций контактных поверхностей компаунда и оболочки, компаунда и вывода. Дан анализ полученных формул и выявлены наиболее весомые факторы, управление которыми влияет на выработку конкретных технологических и (или) конструкторских мероприятий, способствующих устранению указанного дефекта.

Основная идея одного из мероприятий состоит в разделении трёхслойного цилиндра вывод - компаунд - корпус на систему двух двухслойных: вывод - компаунд и компаунд - корпус, в которых за счет изменения толщины компаунда можно регулировать величину контактного давления между компаундом и корпусом, компаундом и выводом, а, значит, и уменьшать её, т.е. снижать вероятность отслаивания и разрушения компаунда. На практике эта идея реализуется образованием фигурной формы компаунда.

Вторая идея состоит в введении в конструкцию узла влагозащиты, в слой компаунда, концентрично выводу и корпусу цилиндрического кольца из неадгезирующего материала или покрытого неадгезирующим с компаундом материалом, коэффициент линейного термического расширения которого меньше, чем у компаунда. Наличие этого кольца позволяет разбить трёхслойную конструкцию на две двухслойных, в каждой из которых можно в радиальном направлении изменять толщину герметика. Размеры кольца (его ширина и положение) выбираются так, чтобы

оптимальным образом задать толщины герметика в двух двухслойных конструкциях, и тем самым - контактное давление и напряжено

Третья идея состоит в увеличении местной податливости оболочки конденсатора по длине, контактирующей с компаундом, путём разрезания этой части оболочки по образующей на  $n$ -секторов. Упрощённо можно считать, что такая конструкция состоит из  $n$ -консольных балочек и чем на большее число секторов разрезана верхняя часть оболочки, тем меньшей будет жесткость каждой из балочек  $a$ , значит, и вероятность отслаивания. Результаты расчетов показали многократное (до 80 раз) увеличение податливости оболочки 24-х секторной конструкции по сравнению с серийной - цельной.

Однако разгерметизация способствует и то обстоятельство, что в ходе полимеризации компаунда, эксплуатации конденсаторов при повышении до 90-100 °С температуры, или на высотах более 20 км и в космическом пространстве появляется внутреннее избыточное давление воздуха, которое распирает оболочку конденсатора и стремится вытолкнуть наружу, как поршень из цилиндра, всё содержимое узла влагозащиты.

В докладе приводится расчёт сил, действующих в конденсаторе от избыточного давления, а также тензометрический метод проверки конденсаторов на герметичность.

Всего на основании математической модели, с учётом указанных факторов, получено 19 вариантов конструкций узла влагозащиты тонкопленочных и электролитических конденсаторов и комбинаций из них.

Экспериментальная проверка полученных рекомендаций производилась путём тензометрирования корпусов конденсаторов в эксплуатационных условиях и их испытаниях в термо- и вакуумной камерах. Проверка на герметичность для герметичных конструкций является одновременно их испытанием на высотность. Отобраны 12 вариантов организации узлов влагозащиты, обеспечивающих герметичность конденсаторов. Применение каждого из них определяется условиями эксплуатации, трудоёмкостью изготовления, ответственностью изделия и стоимостью.

### *Литература*

1. Трифонюк В.В. Надійність пристроїв промислової електроніки.—К.: Либідь, 1993—62с.
2. Ленков С.В. Обеспечение надежности РЭА.—К.: ТЛПУ, 1997—48с.

# СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К СЕРТИФИКАЦИИ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

*Ножицкий Юрий Александрович*  
ФГУП «Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И.Баранова»  
2, Авиамоторная ул., г.Москва, Россия  
тел. (945) 362-39-32  
e-mail [nozhnitsky@ciam.ru](mailto:nozhnitsky@ciam.ru)

Маршевые и вспомогательные авиационные двигатели подлежат обязательной сертификации, при которой подтверждается соответствие этих двигателей требованиям к обеспечению безопасной эксплуатации и экологической безопасности. При этом сертификация двигателей осуществляется в два этапа. Сначала двигатели сертифицируются «до установки на летательный аппарат», а затем при сертификации летательного аппарата проверяется соответствие установленным требованиям силовой установки. Можно выделить также аспекты сертификации как формулирование требований, обеспечения выполнения этих требований и проверка соответствия требованиям. Сертификационные требования и основные процедуры проверки соответствия этим требованиям изложены в Нормах летной годности. Существует три основных группы Норм летной годности – документы Федерального авиационного агентства (FAA), действующие в США (FAR), документы, действующие в Западной Европе (JAR, в настоящее время нормы Европейского агентства по летной годности EASA) и документы, действующие ранее в СССР, а сейчас в СНГ (ранее НЛГ, в настоящее время авиационные правила Авиарегистра Межгосударственного Авиационного комитета). Несмотря на многолетнюю работу по гармонизации методов сертификации, в данных документах имеется немало существенных различий.

В 2004г. при участии автора доклада была разработана новая редакция авиационных правил Авиарегистра Межгосударственного Авиационного комитета, касающаяся требований к авиационным маршевым двигателям (АП33). При этом была проведена большая работа по гармонизации АП33 и зарубежных норм (прежде всего FAR33). Вместе с тем вышедшие недавно новые нормы CS-E EASA содержат ряд принципиально новых требований - к подтверждению стойкости двигателя к попаданию в него крупной стайной птицы, к подтверждению ресурса основных деталей с учетом наличия в них дефектов, не выявляемых применяемыми методами неразрушающего контроля, к предотвращению выхода вентилятора по полету при

разрушении вала левее упорного подшипника и др. С ружой стороны АПЗЗ, например, содержит ряд отсутствующих в западноевропейских и американских нормах требований – к подтверждению ресурса двигателей и их основных деталей, сертификации материалов основных деталей и др. Виды и объем выполняемых при сертификации по различным нормам сертификационных проверок достаточно близки, тем более, что, как правило, для обеспечения возможности продажи двигателя в разные страны, он должен удовлетворять требованиям всех норм. Что касается экологии, то собственно к двигателю предъявляются требования по ограничению эмиссии вредных веществ. Акустические требования предъявляются к летательному аппарату.

Сертификационные требования к двигателю в значительной степени определяются его назначением. Для двигателя многомоторного летательного аппарата должна быть показана практическая невероятность недопустимой потери тяги или возникновения опасных для продолжения полета отказов. Для двухмоторных летательных аппаратов осуществляется специальная сертификация для получения разрешения на полеты ETOPS – на большом удалении от ближайшего пригодного аэродрома. При этом для предотвращения выключения в одном полете двух двигателей должны быть выполнены специальные требования к наработке двигателя на выключение в полете (например, для получения сертификата на полеты на удалении 180 мин до ближайшего аэродрома необходимо, чтобы наработка двигателя на выключение в полете не превышала 50000 часов).

Сертификация газотурбинных двигателей, применяемых на электростанциях, в газоперекачивающих агрегатах и других газотурбинных установках (ГТУ), в России является обязательной. При этом действующие в России стандарты, как и стандарты ISO, содержат сравнительно мало требований к безопасности. В настоящее время в ISO рабочей группой, в состав которой входит автор доклада, завершается разработка стандарта ISO 21789 по безопасности эксплуатации газотурбинных установок. В России началась разработка технического регламента для обеспечения обязательной сертификации ГТУ, который во многом будет базироваться на указанном стандарте ISO.

Методы подтверждения соответствия требованиям норм летной годности (авиационных правил) могут быть различны. Рекомендации содержатся в методах определения соответствия требованиям норм (мосах), циркулярах и других нормативных технических документах.

В последние годы существенно расширилось применение расчетных методов. Однако возможность использования этих расчетных методов зависит от сертификационных требований. Например, при попадании в двигатель одиночной крупной птицы требованием является обеспечение безопасного (т.е. без нелокализованного разрушения, нелокализованного пожара, разрушения узлов крепления двигателя) выключения двигателя. Эта задача может быть решена расчетными методами. Стайные птицы могут попасть одновременно в несколько двигателей. В этом случае предъявляются не только требования по предотвращению опасных отказов, но и по сохранению не менее 75% тяги. В этом случае, помимо расчета механических повреждений деталей двигателя, необходимо оценить влияние этих повреждений на тягу двигателя, что является весьма сложной задачей. Во многих случаях расчеты используются для обоснования выбора условий экспериментальной проверки и интерпретации ее результатов.

Выбор конструктивно-технологических решений, обеспечивающих выполнение сертификационных требований, является прерогативой конструктора, который опирается на накопленный опыт. Определенные подходы содержатся в «Руководствах для конструкторов». В качестве примера рассмотрены методы предотвращения недопустимой раскрутки турбины при разрушении валов. Ранжирование запасов прочности в системе диск-лопатка осуществляется для того, чтобы при повышении частоты вращения происходило разрушение лопаток с последующим торможением ротора. При этом должна быть обеспечена локализация в корпусе двигателя фрагментов, образовавшихся при множественном разрушении лопаток. Если разрушение вала прошло правее упорного подшипника, то торможения ротора можно добиться за счет посадки ротора турбины при его осевом смещении на статор по периферийным сечениям лопаток и последующего «мешинга» лопаток. Могут использоваться также специальные ножи, срезающие лопатки при осевом крушении ротора. В отдельных случаях торможения ротора можно добиться с помощью специальной электронной системы, резко увеличивающей подачу топлива в камеру сгорания и вызывающую тем самым помпаж. Широкое распространение получили механические или электронные системы, прекращающие подачу топлива в двигатель при появлении дефекта вала. Недостатком механических систем является сложность проверки их работоспособности в условиях эксплуатации. Работоспособность электронных систем должна проверяться при всех возможных внешних воздействиях. При

созданиях этих систем большое значение имеет выбор типа и места расположения датчиков, логики работы системы, при которых обеспечиваются требуемая надежность системы и возможность продолжения эксплуатации при отдельных ее дефектах.

Таким образом, сертификационные требования к двигателям различного назначения непрерывно ужесточаются, что требует решения новых научно-методических вопросов и использования новых конструктивно-технологических решений.

## **ПРИМЕНЕНИЕ РАЗГОННЫХ СТЕНДОВ В ПРОЦЕССЕ ДОВОДКИ И СЕРТИФИКАЦИИ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

*Федина Юлия Алексеевна*

*ФГУП «Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И.Баранова»  
2, Авиамоторная ул., г.Москва, Россия, тел. (945) 362-39-32, e-mail [fedina@ciam.ru](mailto:fedina@ciam.ru)*

Несмотря на интенсивное развитие методов расчета, экспериментальные исследования динамики, прочности и долговечности двигателей, их узлов и деталей сохраняют большое значение. При этом для сокращения сроков, стоимости и повышения эффективности экспериментальных исследований необходимо сопровождение эксперимента расчетами, использование математических методов планирования эксперимента, современных автоматизированных методов измерений и обработки экспериментальных данных.

Основными задачами прочностных экспериментальных исследований двигателей являются проведение сертификационных испытаний, верификация методов расчетов, проверки прочности в плохо поддающихся расчетам условиях, оптимизация конструктивно-технологических решений, формирование базы данных по конструкционной прочности материалов. При этом в современных условиях «центр тяжести» экспериментальных исследований переносится с испытаний полноразмерных двигателей на испытания узлов, деталей, моделей и образцов.

Широкий спектр экспериментальных исследований деталей и узлов авиационных двигателей проводится на разгонных стендах, на которых осуществляется раскрутка роторов двигателей (или их деталей). В частности, на разгонных стендах проводятся исследования

- напряженно-деформированного состояния и несущей способности роторов в поле центробежных сил;

- циклической долговечности роторов;
- вибрационных характеристик вращающихся роторов;
- сопротивления элементов вращающихся роторов многоцикловой усталости;
- прочности элементов роторов при ударном воздействии попадающих в газоздушный тракт двигателя посторонних предметов;
- трения при задевании вращающихся элементов о корпус;
- локализации фрагментов разрушившихся роторов внутри корпуса двигателя и др.

Конструкция разгонного стенда, как правило, включает привод, мультипликатор, опору, на которой монтируется объект испытаний, обеспечивающую локализацию фрагментов роторов в бронеканалу и различные системы (управления приводом, смазки опор, охлаждения опор и объекта испытаний, возбуждения колебаний и нагрева объекта испытаний, измерений, пожаротушения и т.д.). Разгонные стенды могут иметь вертикальную или горизонтальную ось вращения. В первом случае легче обеспечить локализацию фрагментов при разрушении исследуемого ротора внутри бронеканалы стенда, во втором случае упрощается сборка стенда и проведение измерений.

В качестве привода может использоваться воздушная турбина или электродвигатель (постоянного или переменного тока). Для снижения мощности, необходимой для раскрутки исследуемого ротора, при статических или циклических испытаниях дисков вместо лопаток используются грузы-имитаторы лопаток, обеспечивающие требуемую нагрузку на обод диска, а раскрутка ротора осуществляется в вакуумируемой камере. Если раскрутка ротора осуществляется без вакуумирования, то для уменьшения требуемой для раскрутки ротора мощности ограничивают объем воздуха, вовлекаемого во вращение исследуемым ротором.

Для нагрева исследуемого ротора чаще всего используются печи сопротивления, галогеновые лампы или нагрев токами высокой частоты. В последнем случае можно получить достаточно высокие скорости нагрева и охлаждения. С помощью специально спроектированных индукторов и системы охлаждения роторов можно воспроизвести требуемое тепловое состояние объекта испытания и изменение этого теплового состояния во времени. Если раскрутка ротора осуществляется без применения глубокого вакуумирования, то для нагрева исследуемого ротора может использоваться тепло, выделяемое при взаимодействии вращающегося ротора с воздухом.

Для определения долговечности и подтверждения ресурса деталей ротора при проведении эквивалентно-циклических испытаний частоту вращения, а иногда и тепловое состояние ротора изменяют в соответствии с требуемым испытательным циклом, выбор которого осуществляется с учетом возможностей стенда и необходимости моделировать повреждаемость ротора в реальном полетном цикле. При проведении циклических испытаний большое значение имеет воспроизведение условий работы исследуемого диска в узле двигателя (взаимодействия диска с другими деталями). Программы эквивалентно-циклических испытаний на стадии до возникновения малоциклового усталости и при исследовании развития трещины могут существенно отличаться из-за необходимости учета возможного развития трещины при действии «слабых» приемистостей, во время выдержки в цикле и т.д.

Возбуждение колебаний деталей вращающегося ротора может осуществляться с помощью передаваемого через опору воздействия на исследуемый ротор вибратора или с помощью пьезокристаллов, закрепленных на лопатках. Если для раскрутки ротора не используется глубокое вакуумирование камеры, то возбуждение колебаний может осуществляться с помощью специальных турбулизаторов, воздушных сопел или струй масла. В последнем случае возбуждение колебаний может быть достаточно эффективным для получения усталостного разрушения лопатки, однако для работ по исследованию и оптимизации конструкционного демпфирования колебаний более пригодны другие методы возбуждения колебаний.

Для исследований прочности роторов при ударном воздействии попадающих в газовоздушный тракт двигателя посторонних предметов стенд должен быть оснащен специальным устройством (пушкой) для забрасывания этих посторонних предметов.

Для исследований локализации в корпусе фрагментов ротора необходимо обеспечить разрушения ротора на заданной частоте вращения. С этой целью используют уменьшение площади поперечного сечения детали и (или) подогрев этого сечения, либо взрыв на заданной частоте вращения ротора установленного на нем пиропатрона.

В процессе испытания (в зависимости от его цели) осуществляют измерение частоты вращения ротора, статических и динамических деформаций и температуры деталей ротора и статора, действующих механических нагрузок, вибраций статора, а также измерения технологических параметров, проводят скоростную видеосъемку. Для измерения деформаций используются тензодатчики, вибраций –

вибродатчики, температура деталей может измеряться с помощью термопар, термокрасок, термоиндикаторных кристаллов, оптического пирометра. Передача сигнала от датчиков, расположенных на вращающемся объекте, осуществляется с помощью контактного или телескопического токосъемника.

В ЦИАМ имеется ряд разгонных стендов, позволяющих проводить различные испытания роторов разных типоразмеров. В докладе в качестве примера рассмотрены некоторые результаты проведенных на разгонных стендах испытаний по исследованию несущей способности элементов роторов из жаропрочных неметаллических материалов, исследованию оптимизации конструкционного демпфирования колебаний рабочих колес турбин, по подтверждению циклического ресурса деталей роторов.

## **КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА НЕПРЕРЫВНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РОТОРОВ**

*Сокол В.М., Институт прогрессивных исследований,  
п.я. 5193, Арад 89151, Израиль.*

*Тел.: +972 72 211 32 05; +972 547765658. E-mail: [ymsokol@012.net.il](mailto:ymsokol@012.net.il)*

Измерение динамических параметров роторов как последовательность экспериментальных и вычислительных операций, осуществляемых с целью нахождения значений физических величин, характеризующих состояние вращающегося ротора [1], представляет несомненный интерес как с информационной точки зрения, так и в качестве основы для построения систем контроля и управления, а также систем технической диагностики и прогнозирования надежности.

Существующие приборы, стенды и системы для измерения механических параметров роторов характеризуются как многообразием, так и отсутствием универсальности и системного подхода. Так, например, приборы и системы для измерения вибрации [2] не обеспечивают измерение угловой скорости [3], приборы и системы для измерения момента инерции [4; 5] не обеспечивают измерение параметров дисбаланса [6] и т. д. Более того, измерение каждого параметра требует применения узкоспециализированного измерительного стенда и, соответственно, установки ротора на такой стенд, что исключает непрерывное измерение параметра в эксплуатационном режиме. Непосредственному измерению поддаются

только угловая скорость вращающегося ротора (точнее, частота вращения как интегральный параметр) и его параметры вибрации. Именно по этой причине наибольшее распространение получили системы виброакустической диагностики роторов.

Однако вибрационные параметры ротора обусловлены целым рядом фундаментальных механических параметров (момент инерции, эксцентриситет массы, угловая скорость, жесткость опорных узлов, резонансная частота и т.п.), по своей сути являющихся вторичными параметрами. Комплексные системы непрерывного измерения первичных динамических параметров роторов (в эксплуатационном режиме) в научно-технической литературе не описаны.

Комплексная система непрерывного измерения динамических параметров может быть построена (при известной массе ротора) на основе непрерывного отслеживания пространственного положения оси вращения и оси симметрии.

В работе [7] описан метод определения траектории центра сечения ротора посредством измерения его вибрации в двух ортогональных направлениях (рис. 1).

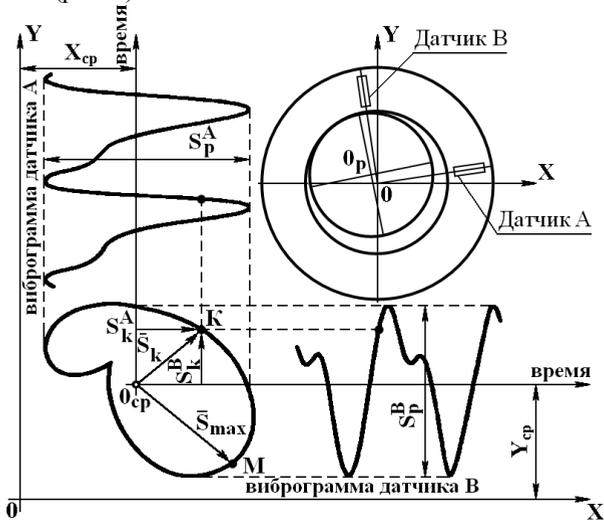


Рис. 1. Определение траектории центра сечения ротора  
 $XOY$  – неподвижная система координат,  $X_{cp}$ ,  $Y_{cp}$  – координаты среднего положения центра сечения,  $O_{cp}$  – среднее положение центра сечения,  $\bar{S}_k$  – мгновенное виброперемещение,  $\bar{S}_{max}$  – максимальное виброперемещение,  $S_k^A$ ,  $S_k^B$  – мгновенные перемещения в направлениях осей датчиков,  $S_p^A$ ,  $S_p^B$  – размах виброперемещений в направлениях осей датчиков



Малые (характеризующиеся величинами второго порядка малости) колебания ротора можно идентифицировать при помощи системы трех датчиков  $D_{ij}$  в каждой из опорных (или близких к ним) плоскостей I – II роторной системы (рис. 2, а) [10]. В качестве датчиков могут быть использованы любые стандартные устройства, позволяющие определить расстояния  $s_{ij}$  до точек и  $A, B, C$  на поверхности ротора (рис. 2, б) и линейные скорости  $V_{ij}$  этих точек (см., например, [3]).

Нетрудно показать, что геометрическое построение, выполненное на рис. 2, б, позволяет составить следующую систему уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \cos \chi_{23} &= \cos \chi_{12} \cos \chi_{31} - \sqrt{(1 - \cos^2 \chi_{12})(1 - \cos \chi_{31})}; \\ r_{11}^2 \left( 1 + \frac{V_{21}^2}{V_{11}^2} - \frac{2V_{21}}{V_{11}} \cos \chi_{12} \right) &= L_{12}^2 + s_{11}^2 + s_{21}^2 + 2s_{11}s_{21} \cos(\psi_{12} + \psi_{21}) - 2L_{12}(s_{11} \cos \psi_{12} + s_{21} \cos \psi_{21}); \\ r_{11}^2 \left( 1 + \frac{V_{31}^2}{V_{11}^2} - \frac{2V_{31}}{V_{11}} \cos \chi_{31} \right) &= L_{31}^2 + s_{11}^2 + s_{31}^2 + 2s_{11}s_{31} \cos(\psi_{13} + \psi_{31}) - 2L_{31}(s_{11} \cos \psi_{13} + s_{31} \cos \psi_{31}); \\ r_{11}^2 \left\{ \frac{V_{21}^2}{V_{11}^2} + \frac{V_{31}^2}{V_{11}^2} - \frac{2V_{21}V_{31}}{V_{11}} \left[ \cos \chi_{12} \cos \chi_{31} - \sqrt{(1 - \cos^2 \chi_{12})(1 - \cos \chi_{31})} \right] \right\} &= \\ &= L_{23}^2 + s_{21}^2 + s_{31}^2 + 2s_{21}s_{31} \cos(\psi_{23} + \psi_{32}) - 2L_{23}(s_{21} \cos \psi_{23} + s_{31} \cos \psi_{32}); \\ r_{21} &= r_{11} \frac{V_{21}}{V_{11}}; \\ r_{31} &= r_{11} \frac{V_{31}}{V_{11}}. \end{aligned} \right\} (1)$$

Идентификация точек  $A, B, C$  на поверхности ротора (в плоскостях I и/или II) позволяет однозначно идентифицировать окружность соответствующего сечения ротора и, следовательно, однозначно идентифицировать центр  $O$  сечения ротора. Идентификация центров сечения в плоскостях I – II позволяет идентифицировать мгновенное пространственное положение оси симметрии ротора (или его вала), а также отслеживать изменение положения оси симметрии на протяжении полного рабочего цикла ротора.

Решение системы уравнений (1) позволяет вычислить значения радиус-векторов  $r_{ij}$  точек  $A, B, C$  на поверхности ротора и значения углов  $\chi_{ij}$  между ними (рис. 2, б). Определение величин  $r_{ij}$  и  $\chi_{ij}$  в плоскостях I – II позволяет идентифицировать мгновенное пространственное положение оси вращения ротора, а также отслеживать изменение положения оси вращения на протяжении полного рабочего цикла ротора.

Измерение линейной скорости  $V_{ij}$  и вычисление величины радиус-вектора  $r_{ij}$  позволяет определить мгновенное значение угловой скорости ротора в виде:

$$\omega = \frac{V_{ij}}{r_{ij}}. \quad (2)$$

Сопоставление положений оси симметрии и оси вращения ротора позволяет идентифицировать в непрерывном режиме его эксцентриситет массы  $\varepsilon$  и параметры дисбаланса [8, 11]:

$$\varepsilon = \sqrt{r_{01}^2 + r_{11}^2 - 2r_{01}r_{11} \cos \left( \arccos \frac{\sqrt{r_{11}^2 + r_{21}^2 - 2r_{11}r_{21} \cos \chi_{12}}}{2r_{01}} - \arcsin \frac{r_{21} \sin \chi_{12}}{\sqrt{r_{11}^2 + r_{21}^2 - 2r_{11}r_{21} \cos \chi_{12}}} \right)}. \quad (3)$$

Дальнейшее определение динамических параметров вращающегося ротора может быть осуществлено путем вычислений, выполняемых на основе законов динамики и описанных выше непосредственных измерений [8 – 14]. Таким образом может быть осуществлено непрерывное комплексное определение динамически параметров роторных систем различного назначения в процессе их эксплуатации.

#### *Литература:*

6. Бурдун Г.Д., Марков Б.Н. *Основы метрологии*. – Москва: Изд-во стандартов, 1985.
7. *Приборы и системы для измерения вибрации, шума и удара. Справочник в 2-х книгах. Под ред. Проф. В.В. Клюева*. – Москва: Машиностроение, 1978.
8. Домрачев В.Г. и др. *Схемотехника цифровых преобразователей перемещений*. – Москва: Энергоатомиздат, 1987.
9. Гернет М.М., Ратобильский В.Ф. *Определение моментов инерции*. – Москва: Машиностроение, 1969.
10. А.П. Желтоногов, Л.Б. Иванов. *Определение момента инерции электропривода методом свободного выбега*. – Волгоград: Волгоград. гос. техн. ун-т, 2001.
11. *Основы балансировочной техники. В 2-х т.* – Москва: Машиностроение, 1975.
12. Гольдин А.С. *Вибрация роторных машин*. Москва: Машиностроение. – 1999.
13. Сокол В.М. *Определение момента инерции ротора в процессе его балансировки // Автоматизация и современные технологии*. – 1995. – № 7. – С. 22-24.
14. Сокол В.М. *Момент инерции и колебания статически неуравновешенного ротора // Труды Института прогрессивных исследований*. – Вып. 3. – Ард: Изд-во ИПИ, 2003. – С. 7-31.
15. Сокол В.М. *Математические методы идентификации динамических параметров и характеристик роторных систем // Труды Института прогрессивных исследований*. – Вып. 6. – Ард: Изд-во ИПИ, 2006. – С. 19-34.

16. Сокол В.М. Некоторые проблемы определения параметров вращательного движения ротора // Труды 3-й международной научно-практической конференции «Современные информационные и энергосберегающие технологии» (СИЭТ-98) - Выпуск 3 в 6-и книгах. Книга 3. - Киев: 1998. С. 98-101.
17. Сокол В.М. Тензор инерции и колебания динамически неуравновешенного ротора // Труды Института прогрессивных исследований. – Вып. 4. – Арад: Изд-во ИПИ, 2004. – С. 13-20.
18. Sokol V.M. Continuous Measurement of Dynamic Parameters and Diagnostics of Rotor Systems // Proceedings of National Conference “Scientific Researches in the Field of the Control and Diagnostics”. – Arad: Publishing IASA, 2006. – P. 20 – 25.
19. Сокол В.М. Измерение первичных параметров в диагностике роторных систем // Сборник трудов V Международной научно-технической конференции «Повышение качества, надежности и долговечности технических систем и технологических процессов» Шарм эль Шейх (Египет), 3 – 10 декабря 2006 г. – С. 60-65.

## **КОНСТРУКЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО БЛИСКА АВИАЦИОННОЙ ТУРБИНЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ С ОХЛАЖДАЕМЫМИ ЛОПАТКАМИ**

*Л.А. Магеррамова, Б.Е. Васильев, К.Д. Каримбаев,  
Г.В. Мельникова, В.В. Ясинский, Е.П. Крафт,  
ФГУП «Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И. Баранова»  
2, Авиамоторная ул, г. Москва, Россия*

Снижение массы двигателей для летательных аппаратов является одним из важнейших направлений развития в авиа двигателестроении. В настоящее время для снижения массы в компрессорах стали применять «блиски» - неразборные, выполненные заодно диски с лопатками.

Литые блиски турбин из одного материала давно использовались в отечественных и зарубежных двигателях для беспилотных летательных аппаратов. Например, отлитые зацело блиски из сплава IN100 использовались на двигателе Williams F107-WR-100. Для повышения прочности литые блиски турбин пилотируемых летательных аппаратов подвергали горячему изостатическому прессованию (ГИП). Этот метод, основанный на уплотнении материала за счет обработки высоким давлением, позволяет повысить сопротивление мало- и многоциклового усталости и характеристики

длительной прочности материалов, и, кроме того, обеспечивает снижение разброса этих характеристик.

Однако, условия работы различных частей деталей рабочих колес турбины существенно различаются по степени и виду нагруженности и температурным состояниям. Высокие нагрузки и температуры, которым подвержены рабочие колеса турбин, имеют к тому же нестационарный, циклический характер в зависимости от режимов полета, вследствие эволюций самолета. Рабочее колесо турбины неравномерно прогревается по радиусу. Поэтому требования к материалам диска и лопаток различны. Традиционный подход к конструированию рабочих колес турбин, основанный на применении замковых соединений лопаток с диском, не дает возможности совершенствования конструкций в направлении все возрастающих требований повышения ресурса, уменьшения массы и эффективности двигателя в целом.

Как показал ряд исследований и зарубежный опыт, применение блисковых конструкций для турбинных колес, в которых лопатки из сплавов направленной кристаллизации или монокристаллические спекаются с дисковыми гранулированными материалами в неразъемную конструкцию методом горячего изостатического прессования (ГИП) является перспективным.

На основе экспериментальных и расчетных исследований конструкций рабочих колес типа биметаллический блиск установлены преимущества и сформулированы проблемы, возникающие при их проектировании и даны рекомендации по их проектированию.

Такие конструкции позволяют снизить массу узла до 30% по сравнению с классической конструкцией рабочих колес, т.к. становится возможным отказаться при соединении лопаток к телу диска от конструкции замка за счет более экономного по объему соединения лопаток к диску. Кроме того, отсутствие концентраторов напряжений, характерных для замковых соединений позволяет увеличить ресурс рабочих колес, повысить надежность. Повышение КПД турбины на 4-5 % по сравнению с существующими конструкциями ГТД, степени сжатия (при одновременном снижении массы) достигается за счет увеличения количества лопаток и уменьшения диаметра рабочих колес. При этом крепление хвостовой части лопаток в диске классическим способом становится невозможным из-за отсутствия пространства в ободной части диска. Эта проблема также может быть решена созданием конструкции блиск.

Однако применение для роторов турбин блисков из разнородных материалов наряду с положительными эффектами ставит и ряд проблем. Основными являются проблемы, связанные с затруднением демпфирования колебаний лопаток, обеспечением охлаждения ободной части диска и лопаток, а также технологией ремонта блиска.

Для беспилотных летательных аппаратов могут применяться блиски с неохлаждаемыми лопатками и проблемы ремонта отсутствуют. В блисках турбин двигателей пилотируемых самолетов, как правило, необходимо использовать охлаждение лопаток.

Выбор материалов и технологии соединения лопаток с диском зависит от типа двигателя и его параметров: температуры, скорости вращения, газодинамических, центробежных сил, назначенного ресурса. Конструкция соединения лопатки с диском выбирается на основании расчета напряженно-деформированного состояния в условиях эксплуатации с учетом деформационных, прочностных характеристик и физических свойств материалов соединяемых деталей.

Наиболее перспективным и надежным методом соединения лопаток из монокристаллического сплава с гранулируемым дисковым является процесс горячего изостатического прессования (ГИП). Он позволяет получать детали с размерной точностью и сложностью на уровне точного литья и свойствами деформированного материала. При этом формование деталей из порошкового материала обеспечивается деформирующимися в процессе ГИП металлической капсулой, представляющей собой, таким образом, пластически деформируемый формообразующий инструмент. Кроме того, твердофазное, бездефектное соединение частиц порошка между собой и с поверхностью монокристаллических материалов, реализуемое в процессе ГИП, открывает возможность соединения разнородных материалов и конструирования, таким образом, деталей с заданными градиентными свойствами и переменным химическим составом.

Материал лопатки после газостатирования уплотняется и при этом повышается предел выносливости и снижается дисперсия механических свойств. Проведенные испытания образцов и исследования состояния диффузионной зоны в месте контакта свидетельствуют о высоком качестве соединения и работоспособности материала в объеме шва.

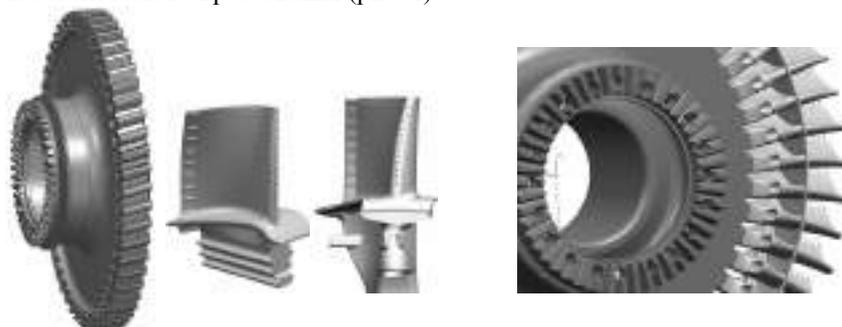
Важнейшую роль играет проектирование зоны соединения лопаток и диска в блиске. Испытания биметаллических образцов (гранулируемый жаропрочный суперсплав + монокристаллический лопаточный сплав) показали, что их фактическая прочность зависит от

схемы напряженного состояния. Поэтому, исходя из реального напряженно-деформированного состояния, возможна оптимизация конструкции зоны соединения с упрощенной формой хвостовика лопатки и преобладанием участков с действием растягивающих напряжений.

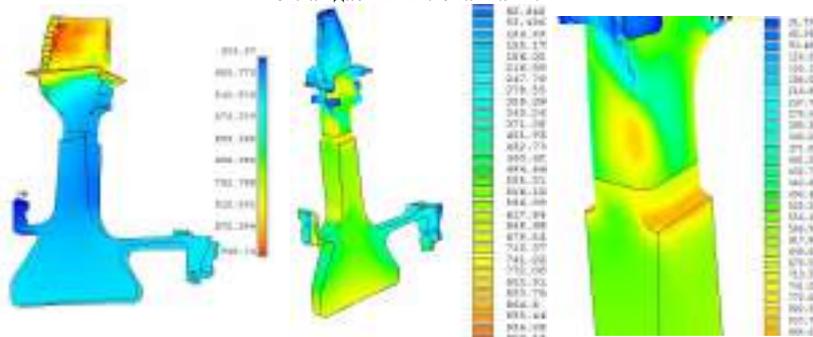
***Вариант конструкции блиска турбины охлаждаемыми лопатками.***

Конструкция соединения лопатки с диском выбирается на основании расчета напряженно-деформированного состояния в условиях эксплуатации с учетом деформационных, прочностных характеристик и физических свойств материалов соединяемых деталей.

На основе существующей замковой конструкции проведено конструирование рабочего колеса турбины средних размеров с подводом воздуха в лопатки через подлопачные патрубки с учетом технологических возможностей процесса технологии горячего изостатического прессования (рис. 1).



**Рис.1. Исходная замковая и блисковая конструкция рабочего колеса турбины с охлаждаемыми лопатками.**



**Рис.2. Температурное состояние (слева) и напряжения Мизеса (МПа).**

С помощью трехмерной конечно-элементной модели для режима типа «Максимал» определено тепловое состояние колеса, проведены расчеты напряженно-деформированного состояния (рис. 2), прочности и оценка динамических характеристик лопатки.

Расчеты на прочность блисковой конструкции рабочего колеса показали, длительную прочность ограничивает лопаточная часть блиска, циклическую долговечность – дисковая часть колеса. Зона сопряжения оказывается в благоприятных условиях и не ограничивает ресурс.

Разработанная конструкция позволила сократить массу рабочего колеса более чем на 18%. Дальнейшая доработка по результатам прочностной оптимизации может привести к снижению массы колеса более, чем на 30% по сравнению с исходной замковой конструкцией.

#### ***Оценка динамических характеристик лопатки спроектированной блисковой конструкции***

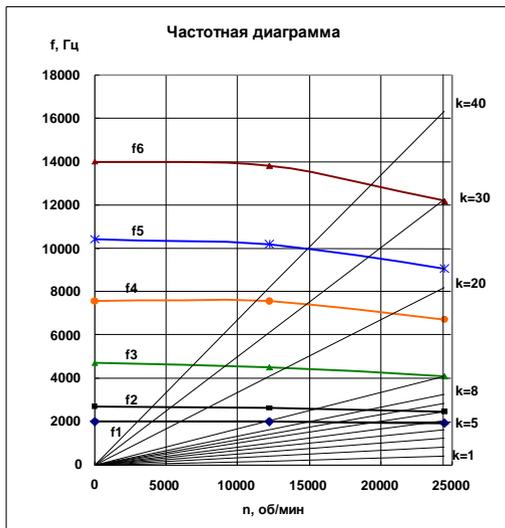
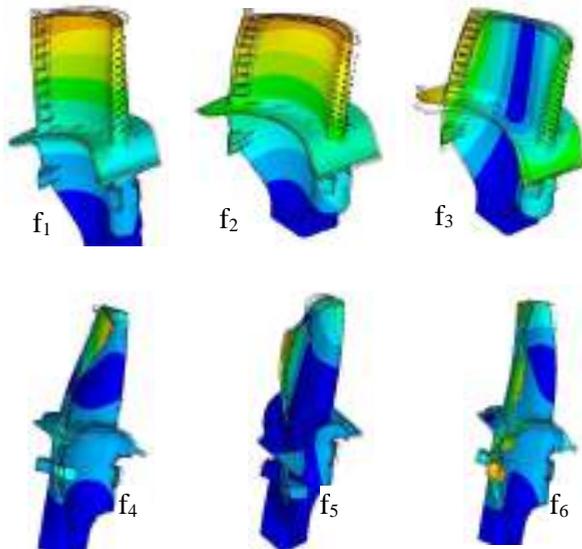
Оценочные расчеты собственных частот и форм колебаний спроектированной конструкции проведены для одной лопатки при условии закрепления её на жестком диске. На рис.3 представлены формы колебаний лопаток и частотная диаграмма - Campbell diagram. На диаграмме показано изменение собственной частоты лопатки по оборотам для 6-ти форм колебаний лопатки.

На частотной диаграмме наблюдается не совсем обычное явление для турбинных рабочих лопаток, а именно: крутильная и 1-я изгибная формы колебаний в плоскости наибольшей жесткости поменялись местами. Из практики известно, колебания лопатки в плоскости наибольшей жесткости возбудить довольно трудно. Поведение колеса в данном случае неизвестно. Вблизи максимальной частоты вращения возможны резонансы с пятой гармоникой к частоте вращения по первой форме колебаний и с шестой гармоникой к частоте вращения по второй форме колебаний.

Для более полного анализа необходимо уточнить имеющиеся источники возбуждения колебаний и диапазон рабочих оборотов и рассмотреть колебания колеса с лопатками.

#### ***Рекомендации по конструкции и технологии изготовления биметаллических блисков турбин.***

Биметаллические блиски турбин из предварительно изготовленных монокристаллических лопаток и диска соединять методом ГИП с помощью прослойки из порошка материала диска. Такая технология позволяет более точно рассчитать параметры капсулы.



**Рис.3.** Формы колебаний лопатки блиска:  $f_1$  -1-я форма в плоскости наименьшей жесткости лопатки,  $f_2$  -1-я изгибная в плоскости наибольшей жесткости лопатки,  $f_3$ -1-я крутильная,  $f_5$ -2-я изгибная,  $f_4$ -изгибно – крутильная,  $f_6$ -3-я изгибная форма и Campbell diagram.

При конструировании блисков с охлаждаемыми лопатками целесообразно вывести зону подвода воздуха в лопатки из области газостатирования.

Выполнение места соединения ножек лопаток с плавным переходом к выступам на периферии диска, что обеспечивает технологическую возможность его ремонта, включая замену дефектных лопаток в процессе эксплуатации.

В конструкции подполочной зоны лопатки необходимо предусмотреть пилоны или другие элементы для установки демпферов.

## О ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ БЕСКРИТИЧЕСКОГО РОТОРА

*Ройzman В.П.*

*Хмельницкий национальный университет, Украина, 29016, г. Хмельницкий,  
ул. Институтская, 11, тел. (0382)728743, E-mail: roizman@mailhub.tur.km.ua*

Для круглого вала постоянного поперечного сечения, установленного на двух жестких шарнирных опорах, значения критических частот вращения совпадают со значениями собственных частот поперечных колебаний этого же вала (балки) и выражаются формулами [1]:

$$\omega_1 = \frac{\pi^2}{l^2} \sqrt{\frac{EI}{m}}, \quad \omega_2 = \frac{4\pi^2}{l^2} \sqrt{\frac{EI}{m}} \quad \dots \quad \omega_n = \frac{n^2 \pi^2}{l^2} \sqrt{\frac{EI}{m}},$$

где  $l$  – длина вала между опорами,  $m$  – масса вала, приходящаяся на единицу его длины,  $E$  – модуль упругости материала вала,  $I$  – осевой момент инерции поперечного сечения. Из этих формул видно, что с изменением длины вала  $l$  между опорами изменяется значение критической частоты вращения.

Идея [2] создания бескритического ротора основана на автоматическом изменении жесткости системы ротор - опоры, например, изменении длины вала между опорами, при приближении к критическим частотам, а после прохода – возвращении к прежнему значению, что дает возможность устранить все резонансные состояния системы ротор - опоры при разгоне ротора до рабочих частот вращения. Для реализации идеи гибкий ротор машины или механизма снабжают дополнительными вращающимися синхронно с ротором, опорами - ограничителями прогиба ротора с зазором, равным допустимому значению прогиба ротора. При этом для устранения

критических состояний ротора по одной, двум и т.д. формам собственных колебаний ротора эти опоры устанавливаются в местах пучностей соответствующих форм. Если необходимо устранить прогибы по всем критическим формам колебаний, то устанавливают одну опору вдоль всей поверхности ротора (рис. 1). При приближении частоты вращения ротора к очередной критической частоте в соответствующих сечениях ротора начнут возрастать перемещения вала. При выборе зазора вал соприкоснется с опорами, установленными в указанных сечениях и, таким образом, получит дополнительные опоры, укорачивающие его длину между опорами, что изменяет (увеличивает) значение критической частоты ротора. Следовательно, ротор сможет преодолеть соответствующую частоту вращения, которая теперь уже не является критической, не испытывая больших дополнительных нагрузок. После прохода этой частоты вращения перемещение уменьшится, и взаимодействие с дополнительными опорами прекратится. Следовательно, значения критических частот колебаний системы ротор - опоры вернутся к исходным. При приближении частоты вращения к следующей критической частоте другие сечения вала коснутся опор, и произойдет изменение жесткости системы аналогичное описанному выше.

На рис. 1 изображен гибкий ротор с саморегулирующейся жесткостью (изменением длины между опорами)

Гибкий ротор содержит опоры 1 и 2, закрепленные на основании (не показано), в которых установлен вал 3, на нем посредством опор 4 и 5 размещена оболочка 6, радиальный зазор между валом 3 и оболочкой 6 ограничивается их допустимым взаимным прогибом на критических режимах работы. При этом жесткости вала 3 и оболочки 6 выбираются различными.

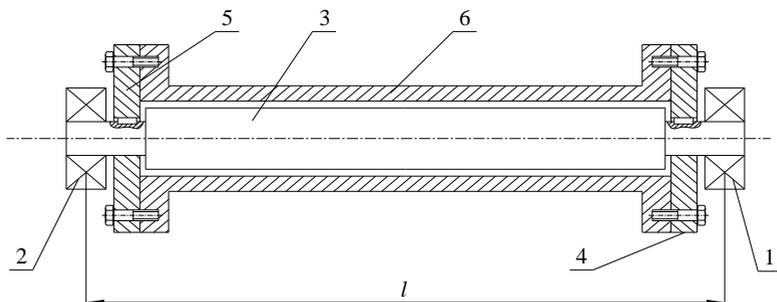


Рис. 1 Схема бескритического ротора

Гибкий ротор работает следующим образом.

Ротор разгоняется до рабочей частоты вращения. При приближении частоты вращения ротора к очередной критической частоте вал 3 начинает прогибаться по соответствующей этой частоте форме и соприкасается с оболочкой 6 в сечениях, соответствующих максимумам его перемещений, т.е. вал 3 приобретает дополнительные опоры (опору), мгновенно изменяющие значение его критической скорости. Аналогичным образом происходит гашение прогиба на критических частотах оболочки 6 при контактировании ее с валом 3.

Таким образом, ротор проходит критические частоты вращения. Количество точек контакта между валом 3 оболочкой 6 определяется формой их прогиба и частотой критических оборотов. После прохождения критических частот деформации деталей уменьшаются, и контакт между ними исчезает, что возвращает жесткости вала 3 и оболочки 6 к первоначальному состоянию на закритических частотах вращения.

Изложенная идея была проверена на лабораторной установке ДМ36М, для демонстрации критических оборотов вала, доработанной по схеме рис. 1. По середине длины вала краской была нанесена круговая метка длиной 20 мм. Запуски установки с трубой и без трубы до 5000 об/мин. показали, что при запуске с оболочкой (трубой) – 6 амплитудно-частотные характеристики имели лишь небольшой резонанс с амплитудой в 9,4 раза меньше, чем без трубы. После разборки установки на покрашенном месте вала четко был виден отпечаток касания вала о трубу.

Для двух - трех вальных роторов газотурбинных двигателей эта идея может быть реализована, например, установкой в местах пучностей колебаний межвальных роликовых подшипников с радиальным зазором, равным допустимому прогибу валов.

Изложенная идея может быть также использована для создания безрезонансных конструкций.

### ***Литература***

1. Ден-Гартог Дж.П. *Механические колебания: Перев. с англ. -М.: Физматгиз, 1960. - 580 с.*
2. Ройзман В.П. Вайнгортин Л.Д. *Описание изобретения к авторскому свидетельству СССР № SU 1229621Ф1. Москва, ВНИИПИ, 1984 г.*

## НОВЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ ТОРЦЕВЫХ КРЫШЕК ИЗЛОЖНИЦ ЦЕНТРОБЕЖНОГО ЛИТЬЯ

*Хачатуров Эдуард Борисович, ОАО „Завод „Кристалл”, Украина, Николаев, ул.  
Декабристов, 41, тел. +(380)512 477017*

*Андреев Вячеслав Иванович, Николаевский государственный гуманитарный  
университет им. Петра Могилы, Украина, Николаев, ул. 68 Десантников, 10, тел.  
+(380)512 551823, E-mail [avi@kma.mk.ua](mailto:avi@kma.mk.ua)*

*Хачатурова Ирина Николаевна, Украинский научно-исследовательский институт  
технологии судового машиностроения, Украина, Николаев, ул. Потемкинская, 10, тел.  
+(380)512 362036*

Долговечность двигателя внутреннего сгорания главным образом определяется стойкостью материалов в паре трения цилиндропоршневой группы. Материал должен выдерживать высокие давления и температуры в условиях граничной смазки, обеспечивать резерв работоспособности при временном отсутствии смазки. Материал пары должен обеспечивать быстрое формирование качественной поверхности трения – обладать хорошей прирабатываемостью. Поэтому, до последнего времени в практике автотракторного двигателестроения наибольшее применение в качестве материала гильз цилиндров находит серый легированный чугун, а наиболее распространенный способ получения заготовок – центробежное литье.

Применение постоянных теплоизоляционных покрытий при центробежном литье серого чугуна не только уменьшает скорость затвердевания и охлаждения расплава, предупреждает образование структуры отливки с поверхностным или сквозным отбелом, но и одновременно предохраняет кокиль от разрушений в результате рабочих теплосмен.

Весь комплекс положительных теплофизических характеристик (в качестве облицовочных вставок) имеют пористые изделия, полученные из порошков титана методом высокоскоростной кристаллизации металлов – порошковой металлургии. Данная технология позволяет прессовать изделия из низкосортных дешевых порошков в композиции с различными металлическими и неметаллическими соединениями, с минимальными припусками на механическую обработку. В качестве исходного материала можно использовать сравнительно дешевую измельченную титановую губку, являющуюся исходным сырьем для получения титановых сплавов.

Магнетермический метод изготовления губчатого титана из титаносодержащих руд широко распространен в цветной металлургии, а методы получения пористых заготовок из них достаточно многообразны.

Задняя крышка кокиля в процессе конвейерного литья на площади 65...70% общей рабочей поверхности контактирует с кристаллизующимся металлом. Время контакта 2...3 минуты, при условии нормальной цикличности в работе карусели. Затем в течение 7...8 минут задняя крышка охлаждается естественным образом, имея лишь незначительное подстуживание в течение первых 2...3 минут после извлечения отливки за счет водяного охлаждения наружной поверхности кокиледержателя. Таким образом крышка подвержена интенсивному, в основном, конвективному нагреву и пассивному естественному охлаждению. Периодичность термоструктурирования 9...11 минут. Температура заливаемого металла составляет 1320...1340°C, извлекаемая заготовка имеет 550...700°C. Окружающая среда – воздух.

Вышеуказанные условия работы крышек предъявляют высокие требования к композиционному составу материала. Имеющаяся наработка состава на облицовке кокиля позволила использовать в качестве основы титановый порошок, в частности, мелкодисперсный губчатый титан. Опытная партия задних крышек изготавливалась из измельченной титановой губки марки ТГ-100 и фракционного состава: -5+2 мм. Непосредственным объектом исследований являлись задние торцевые крышки горизонтальных центробежных кокилей, которые использовались при отливке гильз цилиндров двигателей ИЖ-Ю, К-125. Размеры отливок: длина 310 мм, наружный диаметр 85 мм, внутренний диаметр 48 мм. Наружный диаметр крышки 110 мм. Крышки были получены путем механической обработки цилиндрических заготовок, которые, в свою очередь, прессовались гидродинамическим способом с последующим спеканием в среде аргона при температуре 800°C в течение 1,5 часа. Получаемые заготовки имели пористость 20...22% ( $P=0,20...0,22$ ).

Условия работы и конструкция узла крепления задних крышек в кокиле потребовали укрепления отдельных участков путем закладки перед прессованием титанового порошка более мелкой дисперсности ПТЭК-1. Это позволило в заготовках иметь одну поверхность с пористостью  $P=0,05...0,07$ . При этом сохранялась высокая прочность на границе раздела слоев. После механической обработки были получены три типа крышек. Одни имели во всем объеме равномерно распределенную пористость  $P=0,20...0,22$ . Два других типа крышек – с участками 2 – пористого  $T_i$  и участками 1 – плотного  $T_i$

( $P=0,05\dots0,07$ ): либо со стороны контакта с жидким металлом (рис. 1, а) либо со стороны крепления прижимных болтов (рис. 1, б).

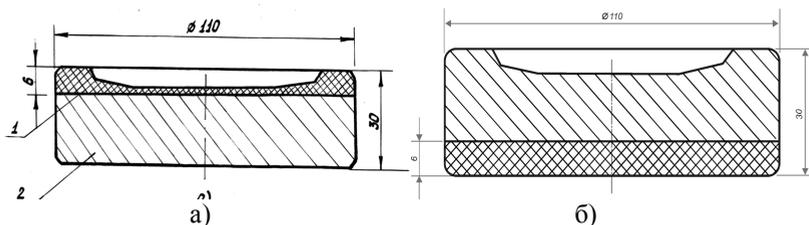


Рис. 1. Конструкции крышек из пористого титана

Крышки были установлены на литейную установку взамен штатных. Наибольшую стойкость имела двухслойная крышка с рабочей поверхностью из плотного титана (рис.5.6, а). В кокиль с этой крышкой было залито около 500 заготовок при обычной цикличности установки и толщине присыпки 0,5 мм. Отливаемые гильзы цилиндров двигателя ИЖ-Ю внешних отличий от серийных не имели. Следует отметить, что на изломе отливки в районе торца, контактирующего с титановой пористой крышкой, присутствие отбела не наблюдалось, в отличие от гильз, отливаемых с литыми титановыми крышками, где глубина отбеленной зоны достигала 2...4 мм. Замер твердости в средней части сечения отливки на расстоянии 5...7 мм от торца показал 285...275 НВ.

Металлографические исследования этой зоны – не установили повышенного содержания цементита или других отклонений от ТУ. Замеры твердости проводились трижды в смену; анализ структуры – один раз в сутки в течение всего периода эксплуатации крышек. Исследовалась динамика изменений в отливках, отмечена высокая стабильность структуры в отливаемых заготовках при использовании крышек из пористого Ti. При отборе образцов из опытных кокилей параллельно брались образцы и из серийных. В течение всего времени испытаний торцевой отбел отсутствовал только в отливках, полученных с использованием крышек из пористого титана.

Тепловые характеристики пористого титана, спрессованного с плотностью  $P=0,20\dots0,22$ , позволили снизить толщину крышек до 15...20 мм. Metallographic investigations of graphite in cast iron blanks confirmed the effectiveness of using porous material with  $P=0,2\dots0,22$  at serial casting of gilds of cylinders in permanent forms. Analysis of the character of distribution, size and shape of graphite inclusions in castings from experimental and serial ladles allows to affirm that the set goal:

укрупнение графитных включений, их равномерное распределение, а также устранение междендритного графита за счет уменьшения скорости кристаллизации достигнута

## НЕИЗОТЕРМИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА КОНСТРУКЦИЙ

*Шорр Б.Ф.*

*Центральный институт авиационного моторостроения, Москва, Россия*

1. Вопросы термочности конструкций, как и динамики, широко освещены в литературе. Отдельные задачи взаимного влияния динамических и температурных аспектов, которые могут быть охарактеризованы как «неизотермическая динамика конструкций», рассматривались в небольшом числе работ, в частности [1]-[3].

Задачи, относящиеся к неизотермической динамике, разделяются на несколько групп.

- Влияние абсолютной температуры точек тела на характеристики упругости вне зависимости от температурного расширения тел, в результате чего возникает их «температурная неоднородность» и тело приобретает динамические свойства систем, состоящих из различных материалов.

- Воздействие температурного расширения, которое, с одной стороны, может влиять на условия взаимного положения деталей (изменение зазоров и пр.), а с другой стороны, при наличии внешних или внутренних ограничений приводить к возникновению температурных напряжений. В ряде случаев это изменяет динамику механической системы.

- Задачи, в которых влияние указанных выше факторов проявляется одновременно.

2. Наиболее простым механизмом влияния нагрева на динамику конструкций является изменение модуля упругости материала по абсолютной температуре  $E(T)$ .

Собственные частоты колебаний  $f$  деформируемого тела пропорциональны скорости распространения в нем звуковых волн  $c$ ; в одномерном случае  $f \sim \sqrt{E(T)/\rho(T)}$  - При повышении температуры модули упругости  $E(T)$  материалов убывают, а

плотности  $\rho(T)$  меняются слабо, что ведет к уменьшению собственных частот и изменению положения резонансных режимов. Однако, имеются исключения. Так, собственные частоты поперечных колебаний растянутых струн пропорциональны  $\sqrt{F/A\rho}$ , где  $F$  - сила натяжения,  $A$  - площадь поперечного сечения струны. Если длину струны  $L$ , растянутой силой  $F$ , зафиксировать при некоторой температуре  $T$ , а затем нагреть струну на  $\Delta T$ , то из-за невозможности свободного температурного расширения эта сила ослабнет до  $F(\Delta T) = F - E(T)A\alpha(T)\Delta T$  ( $\alpha$  - коэффициента температурного расширения), в результате чего частота упадет. Но это падение будет менее значительным, если учесть, что с повышением температуры модуль упругости  $E(T)$  убывает быстрее, чем возрастает коэффициент  $\alpha(T)$ .

3. Аналогичное влияние оказывает изменение температуры на поперечные колебания круглых растянутых мембран и пластин, если при этом их контур  $r = R$  остается неподвижным в радиальном направлении.

Низшая собственная частота поперечных осесимметричных (зонтичных) колебаний мембраны радиуса  $R$ , растянутой напряжением  $\sigma_0$  при температуре  $T_0$ , определяется формулой [2, 3]

$$f_0 \approx \frac{0.38}{R} \sqrt{\frac{\sigma_0}{\rho}}, \text{ Гц}.$$

При нагреве на  $\Delta T$  натяжение мембраны, находящейся в плоском напряженном состоянии, становится равным  $\sigma = \sigma_0 - E\alpha\Delta T / (1 - \mu)$ , где  $\mu$  - коэффициент Пуассона, а собственная частота уменьшается до величины

$$f = f_0 \sqrt{1 - \Delta T / \Delta T_{кр}},$$

где  $\Delta T_{кр} = (1 - \mu)\sigma_0 / E\alpha$  - критическое повышение температуры, при котором частота колебаний мембраны падает до нуля.

Частота  $f_0$  от модуля упругости  $E$  не зависит, а значение  $\Delta T_{кр}$  увеличивается с уменьшением произведения  $E\alpha$ . Поэтому учет

превалирующего снижения модуля упругости с повышением температуры  $E(T)$  приводит и в данном случае к тому, что влияние подогрева мембраны на уменьшение ее собственных частот становится менее сильным.

4. При сохраняющихся при нагреве граничных условиях между деталями температурные напряжения в линейном приближении (с точностью до изменения размеров при малых упругих деформациях) не влияют на спектр частот. Но иногда внутренне уравновешенные температурные напряжения при свободных условиях на границах изменяют частотные характеристики.

Так, при неравномерном нагреве вдоль радиуса круговой пластины со свободным внешним контуром частота зонтичной формы поперечных колебаний возрастает, если температура в периферийной области больше, чем в центральной, и наоборот, частота падает при более горячей центральной области [3]. В первом случае, сильнее расширяющаяся внешняя кольцевая область «убегает» от внутренней, чему препятствуют возникающие между ними растягивающие радиальные напряжения. Во втором – внутренняя, более горячая область «наползает» на внешнюю, что ведет к появлению сжимающих радиальных напряжений. Радиальные напряжения уравниваются проекциями окружных напряжений, сжимающих в горячей области и растягивающих – в холодной; окружные напряжения играют роль своеобразных внутренних ограничителей перемещений.

При аналогичном неравномерном по длине нагреве свободной полосы, в которой окружных напряжений нет, температурных напряжений не возникает и частота поперечных колебаний не меняется.

5. Рассмотренные в пп.3 и 4 задачи имеют несколько общих черт. Колебания происходят в направлении, нормальном к плоскости действия температурных деформаций и напряжений, так что деформированное состояние, для которого составляются уравнения движения, принципиально отличается от исходного. Размеры тела в направлении действия температурных деформаций остаются практически неизменными, что приводит при нагреве или охлаждении к возникновению температурных напряжений. При фиксированной длине элемента  $dx$  по продольному или радиальному направлению малые линейные поперечные переменные перемещения  $y$  вызывают изменение фактической длины элемента  $dl$ , равное

$$dl = ds - dx = \sqrt{dx^2 + dy^2} - dx \approx \frac{1}{2} \left( \frac{dy}{dx} \right)^2 dx.$$

Поэтому работа постоянных напряжений на переменных деформациях имеет тот же квадратичный порядок, что и работа переменных напряжений на переменных поперечных деформациях.

В отсутствие этих особенностей температурные напряжения при постоянных значениях характеристик материала и не меняющихся граничных условиях обычно не влияют на частотные характеристики тела.

6. В конструкциях, в которых между деталями в условиях сборки имеются зазоры  $\Delta_0 > 0$ , температурное расширение может привести к возникновению контакта между деталями и смене зазора на натяг. Возможна и обратная ситуация, когда сборочный натяг  $\Delta_0 < 0$  при изменении температуры исчезает с образованием зазора. Естественно, что при каждом таком переходе собственные частоты системы изменяются.

Если различное температурное расширение ротора и статора приводит к вымиранию зазора между ними, в системе могут возникнуть автоколебания.

7. В качестве примера, когда отчетливо проявляется совместное влияние ряда температурных факторов, можно привести следующую простую задачу.

Две одинаковые параллельные балки I и II, связанные по концам жесткими невесомыми пластинами, имеют возможность свободно, но только совместно, расширяться в продольном направлении. По длине балок температура постоянна, а изменения их температур  $\Delta T_I$  и  $\Delta T_{II}$  различны, причем  $\Delta T_I + \Delta T_{II} = 0$  (средняя температура не меняется). Из условий равенства полных деформаций  $\varepsilon_I = \varepsilon_{II}$  и равновесия граничных пластин  $\sigma_I + \sigma_{II} = 0$  продольные температурные напряжения в балках с учетом зависимости модуля упругости и коэффициента температурного расширения от абсолютной температуры определяются как

$$\sigma_I = -\sigma_{II} = -\frac{E_I E_{II}}{E_I + E_{II}} (\alpha_I + \alpha_{II}) \Delta T_I.$$

Общая полная продольная деформация балок равна

$$\varepsilon_I = \varepsilon_{II} = \frac{E_I \alpha_I - E_{II} \alpha_{II}}{E_I + E_{II}} \Delta T_I.$$

При совместных *продольных* колебаниях балок полная система их деформаций распадается в линейном приближении на не связанные между собой статическую и динамическую системы уравнений.

При постоянных характеристиках материала  $\sigma_I = -\sigma_{II} = -E\alpha\Delta T_I$  и длина балок не меняется,  $\varepsilon_I = \varepsilon_{II} = 0$ . В этом случае обе балки могут колебаться либо в фазе, как консольные, с частотой  $f = 0.25c/L$ , либо в противофазе, как закрепленные по концам, с частотой  $f = 0.5c/L$ .

При температурно-зависимых характеристиках материала продольные перемещения балок при собственных колебаниях с частотой  $\omega$  должны удовлетворять системе совместных дифференциальных уравнений

$$E_I \frac{d^2 u_I}{dx^2} + \rho_I \omega^2 u_I = 0, \quad E_{II} \frac{d^2 u_{II}}{dx^2} + \rho_{II} \omega^2 u_{II} = 0$$

при граничных условиях на общей границе

$$u_I = u_{II} = 0 \text{ при } x = 0, \quad u_I = u_{II} \text{ и } E_I \frac{du_I}{dx} + E_{II} \frac{du_{II}}{dx} = 0 \text{ при } x = L.$$

В этом случае система балок ведет себя как температурно-неоднородная, в которой собственные частоты колебаний не зависят от температурного расширения.

При *совместных поперечных колебаниях* балок продольные температурные напряжения создают осевые силы, которые растягивают более холодную балку и сжимают более горячую. Частоты системы определяются из совместного решения уравнений продольно-поперечного изгиба для обеих балок при соответствующих граничных условиях, связывающих перемещения и нагрузки на концах балок.

8. В некоторых случаях неравномерный нагрев тела может привести к ощутимому изменению жесткости и частот при постоянных параметрах упругости. Так, при параболическом распределении температуры по ширине вытянутого поперечного сечения закрученного стержня, когда температура на его концах превышает

значение у оси на  $\Delta T$  градусов, жесткость стержня на растяжение и изгиб уменьшается, а на кручение возрастает.

Изменение жесткостей, естественно, отражается на изменении спектра колебаний стержня. Расчеты показывают, что при отношении сторон прямоугольного сечения  $b/a = 10 \div 20$ , угле наклона винтовых волокон  $\beta = 10 \div 15^\circ$  и неравномерности температуры  $\Delta T = 300 \div 500$  С частоты крутильных форм колебаний могут повыситься на  $3 \div 6$  %.

### Литература

1. *Термопрочность деталей машин. Под ред. И.А.Биргера и Б.Ф.Шорра. М., Машиностроение, 1975*
2. *Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле. Физматгиз, 1959*
3. *Хронин Д.В. Теория и расчет колебаний в двигателях летательных аппаратов. М., Машиностроение, 1970*

## ДЛИТЕЛЬНАЯ ПРОЧНОСТЬ МЕТАЛЛОВ ПРИ СЛОЖНОМ НАПРЯЖЕННОМ СОСТОЯНИИ

*Локощенко А.М.*

*Институт механики Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова, Россия, Москва, Мичуринский проспект 1, (495)9395308, loko@imec.msu.ru*

Предел длительной прочности металлов характеризует напряжение, которое металл выдерживает в условиях высокотемпературной ползучести вплоть до разрушения в течение времени  $t^*$ . Длительная прочность металлов исследуется, как правило, в условиях одноосного растяжения, так как проведение высокотемпературных испытаний при сложном напряженном состоянии связано со значительными техническими трудностями. Систематические исследования длительной прочности металлов были начаты около 50 лет тому назад. Основная задача исследований заключалась в определении критерия длительной прочности металлов, находящихся при высокой температуре в условиях сложного напряженного состояния. Знание критерия длительной прочности позволяет установить эквивалентные напряжения  $\sigma_e$  (являющиеся функциями компонентов тензора напряжений), приводящие к

разрушению материала за одно и то же время  $t^*$ , и определить значение  $t^*$  с помощью испытания при одноосном растяжении.

Исследование длительной прочности металлов в условиях сложного напряженного состояния обычно проводится на тонкостенных трубчатых образцах, нагруженных осевой силой  $P$ , крутящим моментом  $M$  и внутренним давлением  $q$  в различных комбинациях.

В данной работе были рассмотрены пять вариантов зависимости времени разрушения  $t^*$  от эквивалентного напряжения  $\sigma_e$ : степенная модель и четыре варианта дробной модели длительной прочности.

Основными целями исследования являются выявление эффективности различных моделей длительной прочности и установление предпочтительного вида эквивалентного напряжения  $\sigma_e$  при анализе известных серий испытаний.

В качестве эквивалентных напряжений  $\sigma_e$  в данной работе были рассмотрены четыре комбинации главных напряжений  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  и  $\sigma_3$ : максимальное главное напряжение  $\sigma_{e1} = \sigma_{\max}$ , интенсивность касательных напряжений  $\sigma_{e2} = \sigma_u$ , их полусумма  $\sigma_{e3} = \frac{1}{2}(\sigma_{e1} + \sigma_{e2})$  и разность максимального и минимального главных напряжений  $\sigma_{e4}$ .

Для оценки суммарного расхождения экспериментальных значений времен разрушения  $t^*$  и теоретических значений  $t^*(\sigma_e)$ , соответствующих различным зависимостям  $t^*(\sigma_e)$  и эквивалентным напряжениям  $\sigma_e$ , примем величину

$$S = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \left[ \frac{t^* - t^*(\sigma_e)}{t^* + t^*(\sigma_e)} \right]_k^2,$$

где  $N$  - количество испытаний в каждой серии.

Расчеты показали, что в качестве зависимости времени разрушения металлов  $t^*_t$  от эквивалентного напряжения  $\sigma_e$  следует

принимать степенную модель длительной прочности (1) или дробную модель (2):

$$t^*(\sigma_e) = C\sigma_e^{-n}, \quad (1)$$

$$t^*(\sigma_e) = D \left[ \frac{\sigma_0 - \sigma_e}{\sigma_e} \right]^n, \quad (2)$$

напряжение  $\sigma_0$  имеет механический смысл предела кратковременной прочности при температуре испытаний.

Для определения существенных различий значений суммарных расхождений  $S$  при различных видах  $\sigma_e$  использовано известное статистическое распределение Фишера. С этой целью для каждой серии испытаний введены в рассмотрение отношения  $F_m = S_m / S_0$

( $m = 1, 2, 3, 4$ ). Здесь величина  $S_0$  характеризует тот вид эквивалентного напряжения, который приводит к наилучшему соответствию экспериментальных и теоретических значений времен разрушения, а величины  $S_m$  соответствуют значениям сумм  $S$  при различных видах эквивалентных напряжений  $\sigma_e$ . Значения  $F_m$  следует сравнивать с критическим значением распределения Фишера  $F_*(N, \alpha)$ , зависящим от количества испытаний  $N$  и выбранного уровня значимости  $\alpha$ . Если какое-либо значение  $F_m$  меньше  $F_*$ , то согласно критерию Фишера оно несущественно отличается от минимального значения  $F_m$ , равного единице. В этом случае несколько типов эквивалентного напряжения  $\sigma_e$  могут быть приняты за критерий длительной прочности конкретного материала. Если же среди отношений  $F_m$  имеются три величины, большие  $F_*$ , то за критерий длительной прочности можно принять только то эквивалентное напряжение  $\sigma_e$ , которому соответствует значение  $F_m = 1$ . В качестве уровня значимости было использовано значение  $\alpha = 0.05$ .

Анализ экспериментальных данных по испытаниям трубчатых образцов показал, что из четырех рассмотренных типов эквивалентных напряжений  $\sigma_e$  для описания испытаний при комбинации растяжения

и кручения  $(P + M)$  в качестве эквивалентного напряжения предпочтительно использовать  $\sigma_{e3}$ , а для описания испытаний при комбинации растяжения и внутреннего давления  $(P + q)$  - величину  $\sigma_{e4}$ . Таким образом, при расчете длительного разрушения элементов конструкций, находящихся в условиях плоского напряжённого состояния  $(\sigma_1 \geq \sigma_2, \sigma_1 > 0, \sigma_3 = 0)$ , в качестве эквивалентного напряжения рекомендуется принимать  $\sigma_e = \sigma_{e3}$  при  $\sigma_2 < 0$  и  $\sigma_e = \sigma_{e4}$  при  $\sigma_2 > 0$ .

Из изложенного выше следует, что характеристики длительной прочности металлов при сложном напряженном состоянии, как правило, определяются при испытаниях тонкостенных трубчатых образцов. В состоянии поставки эти образцы обычно имеют упрочнение в продольном направлении. Для его количественной характеристики введем коэффициент прочностной анизотропии  $\alpha_0$ :

$$\alpha_0 = \sigma_z(t^*) / \sigma_\theta(t^*)$$

При этом понимается, что осевое  $\sigma_z$  и окружное  $\sigma_\theta$  нормальные напряжения приводят при растяжении в этих направлениях к разрушению образца за одно и то же время  $t^*$ .

Воспользуемся относительными главными напряжениями  $s_1, s_2, s_3$  ( $s_1 \geq s_2, s_1 \geq s_3$ ), которые вычислим из отношения истинных главных напряжений  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  к коэффициентам анизотропии, существующим в материале в направлении их действия. При одноосном растяжении имеем:

$$s_1 = \sigma_z / \alpha_0, s_2 = 0, s_3 = 0.$$

В случае тонкостенных образцов, находящихся при одновременном действии растягивающей силы и внутреннего давления  $(P + q)$ , получаем

$$s_1 = \max(\sigma_z / \alpha_0; \sigma_\theta); \quad s_2 = \min(\sigma_z / \alpha_0; \sigma_\theta).$$

Относительные главные напряжения  $s_1$  и  $s_2$ , действующие в образце при  $(P + M)$ , равны

$$s_{1,2} = \frac{(\psi \pm 1)\sqrt{\sigma_z^2 + 4\tau^2}}{2\sqrt{2}\alpha_0} \cdot \sqrt{(\alpha_0^2 + 1) \mp (\alpha_0^2 - 1)\psi}, \quad \psi = \frac{\sigma_z}{\sqrt{\sigma_z^2 + 4\tau^2}}, \quad s_3 = 0.$$

В качестве эквивалентного относительного напряжения принимаем  $s_e = \max(s_1, s_2, s_3)$ . В качестве зависимости времени разрушения  $t^*$  от эквивалентного относительного напряжения  $s_e$  примем степенную и дробную модели длительной прочности:

$$t^* = C s_e^{-n}; \quad t^* = D \left( \frac{s_e - s_e}{s_e} \right)^n; \quad s_e = \sigma_e / \alpha_0,$$

где  $C$ ,  $D$ ,  $n$  - константы.

Введем в качестве характеристик суммарного разброса экспериментальных  $t^*$  и теоретических значений  $t^*(\sigma_e)$  времен разрушения при некотором значении коэффициента анизотропии  $\alpha_0$  следующие величины:

$$S(\alpha_0) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \left( \frac{t_i^* - t_i^*(\sigma_e)}{t_i^* + t_i^*(\sigma_e)} \right)^2, \quad U(\alpha_0) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \left( \frac{\lg t_i^* - \lg t_i^*(\sigma_e)}{\lg t_i^* + \lg t_i^*(\sigma_e)} \right)^2.$$

В качестве истинной величины коэффициента прочностной анизотропии  $\alpha_0$  принято то его значение, которое приводит к минимальной величине характеристик этого суммарного разброса  $S$  или  $U$ . Результаты вычислений показали, что значения коэффициента анизотропии, полученные разными методами, в основном хорошо согласуются между собой. Используемые в испытаниях толстостенные образцы (с отношением внешнего диаметра к внутреннему порядка 1.3) с достаточной точностью можно считать изотропными.

Значения  $\alpha_0$  для всех рассмотренных материалов превышают 1, что в свою очередь соответствует условиям изготовления труб, из которых впоследствии вытачиваются образцы для испытаний. Во-вторых, эти значения почти всегда находятся в диапазоне  $1 \leq \alpha_0 < 2$ , что также соответствует реальным свойствам материала. В толстостенных образцах коэффициент прочностной анизотропии близок к 1, что подтверждает малое влияние упрочненного слоя в общем объеме.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект №05-01-00295).

### **Список литературы**

1. Локощенко А.М. Длительная прочность металлов при сложном напряженном состоянии // *Проблемы прочности*. 1983, №1. С.55-59.
2. Локощенко А.М. К выбору критерия длительной прочности при сложном напряженном состоянии // *Проблемы прочности*. 1989, №9. С.3-6.
3. Локощенко А.М., Назаров В.В., Платонов Д.О., Шестериков С.А. "Анализ критериев длительной прочности при сложном напряженном состоянии". 2003 г., *Механика твердого тела*, №2. С.144-149.
4. Локощенко А.М. Определение анизотропии при исследовании длительной прочности в условиях плоского напряженного состояния // *Проблемы прочности*. 1983, №9. С.71-73.
5. Lokoshchenko A.M., Platonov D.O. Creep rupture of anisotropic tubes under complex stress state // *Proceedings of the 7<sup>th</sup> Int. Conf. on Biaxial / Multiaxial Fatigue and Fracture*. Berlin. DVM. 2004, P.567-571.

## **ПРЕДЕЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ МАТЕРИАЛА ПРИ МНОГОКОМПОНЕНТНОМ НАГРУЖЕНИИ**

*Колотников Михаил Ефимович. ФГУП ММП «Салют», Москва, Россия.  
Телефон: +7 495 369 87 04; E – mail: mekolotnikov@ mail.ru*

**Введение.** В настоящее время сформировались два основных подхода в решении проблемы определения и математического описания условий предельного состояния материалов и конструкций. Первое направление разрабатывает методы определения предельных характеристик прочности, как при отдельных видах нагрузок, так и при их комплексном воздействии. Второе направление разрабатывает уравнения, описывающие условия предельного состояния материала или детали в пространстве повреждаемости. При использовании первого направления уравнения, описывающие условия предельного состояния материала или элемента конструкции, записываются в пространстве предельных характеристик прочности при статическом, циклическом и динамическом видах нагружения. В простейших случаях однокомпонентного стационарного нагружения прочность материала или конструкции полностью определяется следующими параметрами:

1. Для статического нагружения при нормальной температуре -  $\sigma_B$  (предел прочности).

2. Для статического нагружения при повышенной температуре для заданного ресурса  $R$  -  $\sigma_{B/R}^T$  (предел длительной прочности).
3. Для динамического гармонического нагружения при нормальной и повышенной температурах -  $\sigma_{-1}^T$  (предел выносливости).
4. Для циклического изотермического и неизотермического нагружений, для заданных значений ресурса  $R$  и максимальной температуры  $T$  -  $\Delta\sigma_R^T(\Delta\varepsilon_R^T)$  (предельные значения размаха напряжений или деформаций для заданных значений  $R$  и  $T$ ).

В общем случае совместного действия статических, циклических и динамических нагрузок предельные состояния материала или элемента конструкции для заданных значений ресурса  $R$  и максимальной температуры  $T$  в пространстве предельных характеристик прочности описываются некоторой поверхностью  $\Phi(\sigma_m, \Delta\sigma, \sigma_v, R, T) = 0$ , (рис.1) проходящей через точки, лежащие на координатных осях и определяющие соответствующие предельные характеристики прочности на заданный ресурс и температуру при однокомпонентных нагружениях. Все точки, принадлежащие этой поверхности, отображают предельное состояние материала или элемента конструкции для различных сочетаний статических, циклических и вибрационных нагрузок для заданных значений ресурса  $R$  и температуры  $T$ . Указанная поверхность разбивает все пространство на 2 области:

1. Область, лежащая под поверхностью  $\Phi(\sigma_m, \Delta\sigma, \sigma_v, R, T) = 0$  - область сочетаний статических, циклических и динамических нагрузок, при совместном воздействии которых материал или элемент конструкции может работать в течение ресурса  $R$  без разрушения или появления трещины.

2. Область, лежащая над поверхностью  $\Phi(\sigma_m, \Delta\sigma, \sigma_v, R, T) = 0$  - область сочетаний нагрузок, при которых деталь или элемент конструкции будет разрушен или в нем появится трещина при достижении или до достижения ресурса  $R$ .

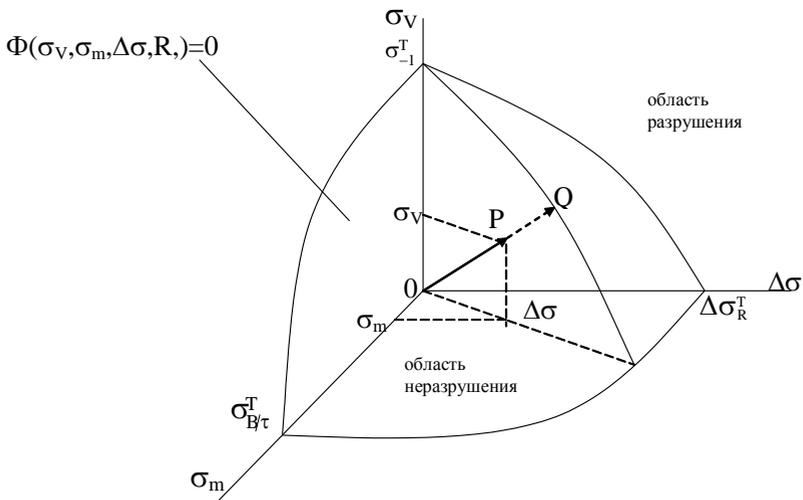


Рис.1

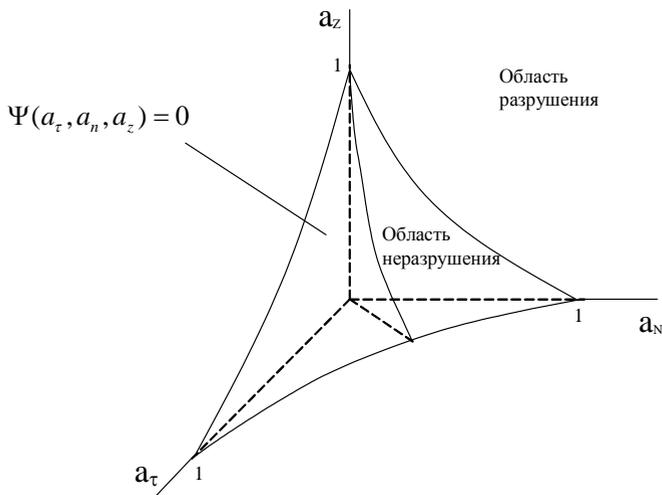


Рис.2

Таким образом, если удастся в явном виде записать уравнение поверхности  $\Phi(\sigma_m, \Delta\sigma, \sigma_v, R, T)=0$ , то, определяя положение точки, отображающей эксплуатационное нагружение материала и детали в пространстве выбранных координат, можно однозначно сделать

заклучение о работоспособности материала или конструкции в течение заданного ресурса R.

Вместе с тем данному подходу присущ существенный недостаток, состоящий в том, что положение поверхности параметрически зависит от значения ресурса R и вследствие этого оценка прочностной надёжности конструкции может проводиться только для заданного ресурса. При этом вопрос об остаточном ресурсе с использованием данного подхода не может быть разрешён.

При разработке второго направления для оценки прочностной надёжности поверхность предельных состояний строится в пространстве «повреждаемостей» - некоторых безразмерных параметров, которые определяют степень исчерпания ресурса по мере нагружения конструкции от каждого вида нагрузки. При этом уравнение поверхности предельных состояний имеет вид  $\psi(a_\tau, a_z, a_N)=0$ , и, следовательно, является единым и не зависит от величины заданного ресурса и особенностей нагружения (рис..2).

При использовании этого подхода удаётся решить задачу оценки остаточного ресурса конструкции в любой момент её эксплуатации.

Проведенными расчётно-экспериментальными исследованиями показано, что в пространстве предельных характеристик прочности поверхность предельного состояния представляет собой плоскость, проходящую через три точки, определяющие предельные значения напряжённости материала или конструкции при заданном значении ресурса и эксплуатационной температуры.

В пространстве «повреждаемостей» поверхность предельных состояний не является поверхностью первого порядка и имеет вид:

$$Z_\Sigma = Z'_p \left[ 1 - \left( \frac{\tau}{\tau_p} \right)^\beta \right]^{\frac{1}{\alpha}} \left[ 1 - \left( \frac{N}{N_p} \right)^\gamma \right]^{\frac{1}{\xi}}$$

Для её описания требуется экспериментальное определение четырёх параметров  $\alpha, \beta, \gamma, \xi$ .

### **Заклучение**

Изложены два подхода к оценке предельных состояний материалов и конструкций при многокомпонентном нагружении. Оценку предельных состояний и запасов прочности в пространстве предельных характеристик прочности целесообразно проводить на ранних стадиях проектирования и создания изделия, поскольку этот подход требует только знаний предельных характеристик прочности материалов или деталей при изолированном действии каждого компонента нагружения. Анализ предельных состояний материалов и

деталей в пространстве повреждаемостей целесообразно проводить, когда конструкция, материал и технология изготовления детали уже окончательно определены, и можно ставить эксперименты по определению параметров  $\alpha, \beta, \gamma, \xi$ .

## ОЦЕНКА ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ МОНОКРИСТАЛЛОВ НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА В УСЛОВИЯХ ПОЛЗУЧЕСТИ

*Голубовский Е.Р., Ножницкий Ю.А., Хвацкий К.К., Черкасова С.А.  
Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И. Баранова,  
Россия, 111116, Москва, ул. Авиамоторная, 2  
Телефон: (+7)(495)362-93-30, 362-49-75;  
E-mail: [eglbvsk@df.ru](mailto:eglbvsk@df.ru), [golubovskiy@ciam.ru](mailto:golubovskiy@ciam.ru), [nozhnitsky@ciam.ru](mailto:nozhnitsky@ciam.ru)*

В статье представлены результаты экспериментального исследования сопротивления развитию трещины при ползучести (при постоянной нагрузке) в монокристаллических СТ-образцах из сплава ЖС6Ф [1], который применяется для монокристаллических рабочих и сопловых лопаток некоторых типов российских газовых турбин.

Материал, образцы и методика исследования. Заготовки для образцов из сплава ЖС6Ф - литые монокристаллические пластины размером 12x32x300мм. Заготовки имели дендритно-ячеистую структуру. Расстояние между осями дендритов первого порядка ~350-400 мкм. Частицы упрочняющей  $\gamma'$ - фазы ( $\text{Ni}_3\text{Al}$ ) в осях дендритов имеют относительно регулярную кубоидную форму в сравнении с более крупными выделениями неправильной морфологии в межосном пространстве. Кроме того, в межосном пространстве расположено до ~ 8% эвтектик  $\gamma/\gamma'$  и до ~ 2% игольчатых карбидов  $\text{MeC}$  с морфологией типа «китайских иероглифов». Из этих пластин были изготовлены монокристаллические СТ- образцы (28x24x10 мм). Три партии образцов с аксиальными кристаллографическими ориентациями  $\langle 001 \rangle$ ,  $\langle 011 \rangle$  и  $\langle 111 \rangle$  вдоль оси приложения нагрузки, были испытаны при внецентренном растяжении.

Для регистрации площади трещины  $S_{crack}$ , в течение времени  $t$  от момента нагружения до разрушения при испытании образцов, использован метод измерения разности электропотенциалов  $U$  и были получены кривые  $U=f_I(\tau)$ . Были получены экспериментальные тарировочные кривые для определения соотношения между величиной площади сечения, в котором развивалась трещина, и величиной

разности потенциалов  $U$ . С использованием этих кривых определялась зависимость  $S_{crack} = f_2(\tau)$

Испытания были проведены при температуре  $T=750^{\circ}\text{C}$  до момента разрушения с разделением СТ-образцов на две части или до потери несущей способности образцов с последующим доломом. Время достижения такого состояния принималось равным времени до разрушения  $\tau_{rupture}$

Значения коэффициента интенсивности напряжений (КИН)  $K_I$  для СТ-образцов рассчитывались по стандартной формуле [2], в

$$Y_2\left(\frac{l}{W}\right) = Y_2\left(\frac{l*b}{W*b}\right) = Y_2\left(\frac{S_{crack}}{W*b}\right)$$

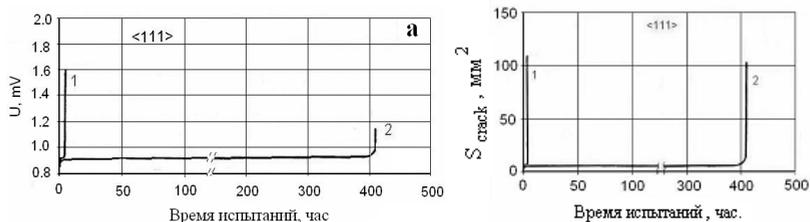
которой:

где  $W$  и  $b$  – ширина и толщина образца соответственно;  $l$  – общая длина трещины (или длина прорези) от линии приложения нагрузки до вершины трещины (вершины надреза),  $S_{crack} = l*b$  – площадь трещины.

Для определения зависимости скорости роста трещины ползучести от КИН и построения диаграмм скорости роста трещины использовано уравнение типа Пэриса:

$$\frac{dS}{d\tau} = AK_1^n. \quad (2)$$

Результаты и их обсуждение. В результате испытаний образцов с ориентациями  $\langle 001 \rangle$ ,  $\langle 011 \rangle$ ,  $\langle 111 \rangle$  были получены экспериментальные кривые зависимости разности электропотенциалов  $U$  от времени испытания, т.е.  $U=f_1(\tau)$ . На рис.1 представлены (как пример) кривые зависимости величины  $U$  для образцов с ориентацией  $\langle 111 \rangle$  (а) и показана зависимость площади трещины  $S_{crack}$  от времени испытания (б), полученная с использованием кривых  $U=f_1(\tau)$  и тарировочных кривых. Характер этих зависимостей для ориентаций  $\langle 001 \rangle$ ,  $\langle 011 \rangle$  и  $\langle 111 \rangle$  одинаков.



**Рис.1.** Зависимость разности электропотенциалов  $U$  (а) и площади трещины  $S_{crack}$  (б) от времени испытания. Образцы 1 и 2 с ориентацией  $\langle 111 \rangle$ . Ток  $I=2\text{A}$ .

Все экспериментальные кривые для образцов с ориентациями  $\langle 001 \rangle$ ,  $\langle 011 \rangle$  и  $\langle 111 \rangle$  свидетельствуют, что с момента нагружения трещина не растёт, практически, всё время испытаний и быстро развивается за короткое время  $\tau$ , предшествующее разрушению. При этом  $\tau < 0.1\tau_{rupture}$ . Действительно, поверхность трещины состоит из незначительного по площади начального участка (1-я зона) и зоны быстрого развития трещины (2-я зона), как это показано на фрактограммах испытанных образцов (рис.2).



Учитывая характер изменения величины  $U$  и, следовательно, характер роста трещины (рис.1,2), целесообразно в качестве характеристик развития трещины при ползучести использовать следующие параметры: значение КИН в момент нагружения –  $K_{I0}$  - начальный КИН; время с момента нагружения до разрушения образца -  $\tau_{rupture}$ ; среднее значение скорости роста трещины -  $\bar{\dot{S}}$ , которая определяется как отношение конечной площади трещины (без учёта долома) ко времени до разрушения  $\tau_{rupture}$ .

Тогда уравнение (2) можно записать в виде:  $\bar{\dot{S}} = AK_{I0}^n$ . Для аппроксимации экспериментальных данных и определения зависимости времени до разрушения  $\tau_{rupture}$  от начального КИН  $K_{I0}$  (при  $T=const$ ) было использовано уравнение, аналогичное уравнению длительной прочности [1]:

$$\tau_{rupture} = B_1 K_{I0}^{-n} \exp(-\beta_1 K_{I0}) \quad (4)$$

Численные значения коэффициентов уравнений (3) и (4) определялись на базе выборки экспериментальных данных по методике [2]. Минимально необходимый объём выборки для той цели составляли только результаты испытаний СТ-образцов с ориентацией <011>. Значения коэффициентов уравнений (3') и (4) представлены в таблице.

Таблица

Значения коэффициентов уравнений (3) и (4), ориентация <011>.

Уравнение (3)		Уравнение (4)		
$lgA$	$n$	$lgB_1$	$n$	$\beta_1$
-58.69	32.84	26.45	10	0.2627

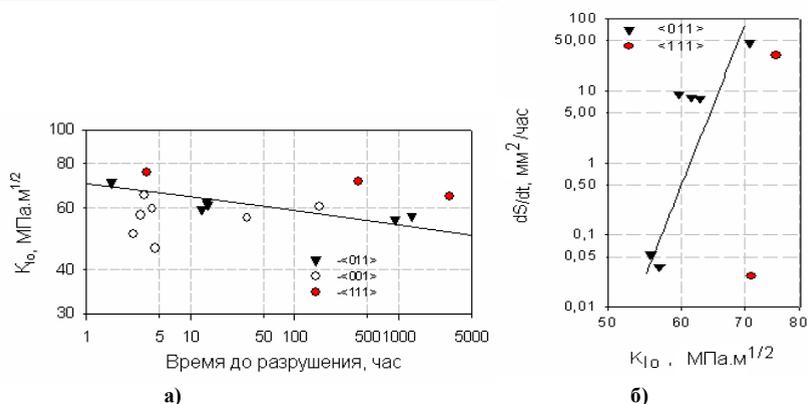


Рис.6. Зависимость времени до разрушения  $\tau_{rupture}$  (а) и средней скорости роста

трещины при ползучести  $\bar{S}$  (б) от величины начального КИН  $K_{I0}$  (кривая – расчёт по уравнению (4) для образцов с ориентацией <011>; точки – экспериментальные данные для ориентаций <001>, <011> и <111>).

На рис. 3 (а, б) представлены кривые, рассчитанные по уравнениям (3) и (4) для ориентации <011>, а также результаты испытаний образцов. Как следует из рис.3, образцы с ориентацией <001> имеют такую же или меньшую долговечность и значительно больший разброс, чем расчётная кривая для ориентации <011>. Образцы с ориентацией <111> обладают несколько более высоким сопротивлением развитию трещины, чем образцы с ориентацией <011>.

Необходимо отметить, что поверхность, по которой распространяется фронт трещины ползучести (за время  $\tau \sim 0.1\tau_{rupture}$ ), ориентирована перпендикулярно оси приложения нагрузки для образцов с ориентациями <001> и <011>, а в образцах с ориентацией

$\langle 111 \rangle$  - эта поверхность наклонена к оси приложения нагрузки под углом  $\sim 50^\circ$ .

Таким образом, установлено, что трещина при ползучести не увеличивается в размерах в течение длительного времени, и подрастание её происходит за весьма короткий период  $\tau \leq (0.1-0.15)\tau_{\text{разр}}$ . С учётом этого результата предложены эмпирические уравнения (3, 4) для оценки трещиностойкости при ползучести монокристаллов сплава ЖС6Ф. Установлено, что наибольшим сопротивлением развитию трещины обладают монокристаллы с ориентацией  $\langle 111 \rangle$ . При этом, угол между линией приложенной нагрузки и нормалью к поверхности зависит от кристаллографической ориентации.

### **Литература**

1. Е.Н. Каблов, Е.Р. Голубовский. // *Жаропрочность никелевых сплавов, Россия, Москва, изд. Машиностроение, 1998, 464с.*
2. ГОСТ Р 25.506 // *Определение характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении.*

## **ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИНТРАМЕДУЛЛЯРНЫХ И НАКОСТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ПЕРЕЛОМОВ ДЛИННЫХ КОСТЕЙ**

*Шайко-Шайковский Александр Геннадьевич, \* Василев Василий Михайлович, \*\**

*Олексюк Иван Степанович, \*\* Стеблина Екатерина Васильевна\**

\* *Черновицкий национальный университет имени Юрия Федьковича, Украина, 58012*  
г. Черновцы, ул. Коцюбинского, 2 тел. 58-48-89 E-mail: [Shayko@bk.ru](mailto:Shayko@bk.ru); [katusha@cv.ukrtel.net](mailto:katusha@cv.ukrtel.net)

\*\* *Буковинский государственный медицинский университет, Украина, 58000*

г. Черновцы, Театральная пл., 2 тел. 54-55-98, научная часть

Лечение переломов и повреждений длинных костей остаётся важной медицинской проблемой, решение которой тесно взаимосвязано с различными смежными и отдалёнными дисциплинами и отраслями науки и техники.

Кроме решения чисто медицинских задач, вопросов связанных с физиологией, иммунологией, гистологическими и рентгенографическими исследованиями, необходимо рассматривать вопросы биомеханики, математического моделирования, сопротивления материалов, строительной механики, теории упругости, вопросы конструирования и технологии изготовления конструкций и технических систем для остеосинтеза. В свою очередь, это тесно

связано и невозможно без углублённой проработки вопросов материал- и металловедения, контроля качества и термообработки выпускаемых и проектируемых изделий.

Современный бытовой, уличный и производственный травматизм характеризуется тяжёлыми повреждениями, политравмами, ухудшением психологического состояния, многочисленными осложнениями. При этом возникает множество видов и типов переломов разного уровня локализации: это и диафизарные переломы (поперечные, винтовые, косые, осколочные), а также проксимальные и дистальные переломы (верхней и нижней трети кости), суставные переломы.

Все перечисленные виды и типы переломов требуют своего индивидуального подхода к лечению, своих индивидуальных технологий лечения, и, следовательно, своих конструкций для осуществления процесса остеосинтеза. Применение универсальных конструкций предполагает их известную дифференциацию на определенные типоразмеры, что неизбежно вытекает из особенностей и различий анатомического строения пострадавших.

Согласно литературным данным всё большее распространение получают хирургические методы лечения переломов с использованием чрескостного или погружного видов остеосинтеза (интрамедуллярного, на костного).

Консервативные методы лечения (скелетное вытяжение, гипсовая повязка) неразрывно связаны с длительным обездвиживанием организма, утратой трудоспособности и возможности ведения активного образа жизни. При оперативных технологиях удаётся сократить срок нетрудоспособности с нескольких месяцев до нескольких дней.

Согласно статистическим данным среди общего числа пострадавших: 53% - переломы большеберцовой кости, 8,8% - бедренной. При этом в 72,3% случаев для лечения используется погружной остеосинтез [1,2].

По данным ВОЗ только в результате ДТП в мире ежегодно погибает 250 тыс. чел., около 10 млн. остаются калеками. В СНГ ежегодно около 10% населения получает повреждения разной степени тяжести. При этом переломы длинных костей возникают у 33-38% пациентов травматологических стационаров. В Украине ежедневно получают травмы 120 чел., 30 из них становятся инвалидами, 3-5 – погибают [2].

Ещё авторы [3] отмечали, что недостаточная прочность конструкций приводит к 25% неудовлетворительных результатов.

В работе рассмотрены результаты экспериментальных исследований за 20-летний период. Проанализированы и сопоставлены результаты экспериментальной оценки прочности и жёсткости на костных и интрамедуллярных биотехнических систем (для большеберцовой и бедренной костей). Основное внимание в работе уделено погружным фиксаторам, поскольку, как известно, послеоперационные осложнения при погружном остеосинтезе составляют 0,5% от общего числа пострадавших; в то время как при чрескостном остеосинтезе эта цифра составляет около 6% [4]. Объясняется этот факт тем обстоятельством, что при чрескостном остеосинтезе всегда остаётся (в силу специфики метода) несколько каналов для поступления инфекции к кости в месте проведения фиксирующих спиц. Несмотря на принимаемые меры уменьшить процент осложнений пока не удаётся.

При использовании разных моделей интрамедуллярных и на костных фиксаторов (в том числе разработанных в ЧНУ и БГМУ), биомеханические исследования проведены на оригинальном оборудовании, специально разработанном и изготовленном для этой цели. Исследовано поведение натуральных препаратов трупных костей, извлечённых при аутопсии у людей, внезапно погибших в результате несчастных случаев. При этом осуществлено моделирование всего комплекса простых деформаций, а также – основных видов сложных деформаций.

Препараты были поделены на 3 возрастные группы (согласно международной классификации Lindal): I гр. – 20-40 лет; II гр. – 41-60 лет; III гр. – 61 год и старше. Полученные в результате исследований данные обработаны статистически, построенные графические зависимости позволили оценить эффективность каждой модели фиксатора, наметить пути её совершенствования.

Разработаны и предложены проектные расчётные методики, математические модели, позволяющие ещё на этапе проектирования получать конструкции для остеосинтеза с необходимыми свойствами для лечения того или иного вида переломов.

Исследованиями установлено, что достижение стабильного остеосинтеза не является залогом успешного сращения поломанных костей. Необходимо создание компрессирующих систем и устройств, которые обеспечивают микродинамизацию отломков, что существенно ускоряет процессы репарации. Конструкции фиксаторов и систем для остеосинтеза должны также обеспечивать хорошее кровоснабжение участка перелома, что также является одним из определяющих факторов эффективности лечения. Конструкции фиксаторов должны

обеспечивать закрытый, по возможности малоинвазивный доступ к месту перелома и обеспечивать сращение вторичного типа отломков кости.

### *Литература*

1. Демьянов В.М. Интрамедулярный остеосинтез закрытых диафизарных переломов длинных трубчатых костей //Хирургия – 1984. – №1. – С. 22 – 28.
2. Гайко Г.В., Калашиников А.В., Лымар Е.В. Стан і проблеми ортопедо-травматологічної допомоги населенню// Ортопедия, травматология и протезирование. – 2004. – №6. – С. 5 – 9.
3. Буачидзе О.Ш., Оноприенко Г.А., Зубиков В.С. Стабильный остеосинтез в лечении последних поврежденных дистального отдела бедренной кости. //Ортопедия, травматология и протезирование. – 1986. – №1. – С. 40 – 43.
4. Бруско А.Т., Рыбачук О.И., Анкин Л.Н. Биологическая концепция заживления переломов при стабильно-функциональном остеосинтезе// Ортопедия, травматология и протезирование – 1997. - №1. – С.94-98.

## **ОСОБЛИВОСТІ АВТОБАЛАНСУВАННЯ РІДКИМИ РОБОЧИМИ ТІЛАМИ РОТОРІВ МАШИН З ВЕРТИКАЛЬНОЮ ВІССЮ ОБЕРТАННЯ**

Ройzman Вілен Петрович, 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](mailto:roizman@mailhub.tup.km.ua)

У даній статті йдеться про автоматичне балансування (самобалансування) рідиною роторів з вертикальною віссю обертання. Існувало твердження, що автоматичне балансування, тобто зниження вібрацій шляхом встановлення робочих тіл проти дисбалансу, має місце лише в закритичній (зарезонансній) зоні обертання роторів. Однак нами ще в 1995 році було відкрите явище автоматичного балансування рідиною і в дорезонансній зоні обертання роторів, а також і на самому резонансі. Розташування робочої рідини напроти дисбалансу в дорезонансній, зарезонансній і резонансній зонах обертання було зафіксовано нами методом швидкісної відеозйомки поведінки рідини, яка знаходилась в порожнистій камері (автобалансири), встановленій на гнучкому роторі, що обертався. У даній статті пропонується теоретичне пояснення експериментально зафіксованого явища.

*The current article deals with automatic balancing (self-equalizing) of rotors with vertical axis of rotation by means of liquid. There used to be a statement claiming that automatic balancing was existent only in after critical (above resonance) rotation zone of rotors. Although in 1995 the phenomenon of automatic balancing with liquid both in below resonance zone of rotor rotation and in the*

*resonance itself was registered using the method of high speed video shooting. The paper suggests theoretical explanation of the phenomenon stated by means of experiments carried out.*

Для машин із змінним дисбалансом ротора і при балансуванні роторів машин без зупинки в експлуатаційних умовах традиційні методи зниження вібрацій малоефективні. Найбільш надійним, перспективним, а часто і єдиноможливим методом зниження вібрацій таких машин є автоматичне балансування за допомогою пристроїв з вільним переміщенням коригувальних мас.

У даній статті вивчається робота пристроїв автоматичного балансування (самобалансиювання), які мають вигляд порожнистої камери, частково заповненої рідиною і є пасивними регуляторами прямої дії, що не потребують підводу енергії та системи керування для переміщення корегуючих мас.

Проблемами автоматичного балансування роторів машин пасивними АБП займалися Ден-Гартог Дж. П., Пановко Я.Г., Диментберг Ф.М., Гусаров А.О. [1], Кравченко В.І., Нестеренко В.П. [2], Детінко Ф.М., Куїнджи А.А., Колосов Ю.А., Філімоніхін Г.Б. та інші. В роботах стверджується, що необхідною умовою зменшення вібрацій є обертання ротора з кутовою швидкістю, яка перевищує критичну. Існування балансування на докритичних режимах заперечувалось. У ході аналізу наукових праць з інженерного розрахунку, теоретичного і експериментального дослідження роботи АБП з вільним переміщенням коригувальних мас, особистого спілкування з керівником російської школи балансування Гусаровим А.О. (м. Москва), видатними вченими в області вібраційної механіки Блехманом І.І. (м. Санкт-Петербург), в області динаміки і демпфірування механічних коливань Банах Л.Я. (м. Москва) з'ясовано, що ґрунтового теоретичного доведення вказаної умови не існує, а рідинні АБП (регулятори прямої дії, коригувальна маса яких є рідина) – є найбільш невивченими, немає для них теоретичних досліджень, конструкторських розрахунків, які б враховували властивості рідин, розміри АБП і форму стінок несучої камери. Фактично не існує теорії автоматичного балансування рідиною, а є лише деякі ствердження, які не враховують фізичних властивостей рідини.

Однак практичний досвід застосування рідинних АБП свідчить [3], що теоретичні висновки в реальних системах не підтверджуються. Так протягом 10 років експериментальних досліджень на кафедрі Прикладної механіки Хмельницького національного університету отримано стійкий результат: рідинні АБП балансують ротор на дорезонансних частотах обертання, зарезонансних і на самому

резонансі [3, 4]. Це протиріччя із теоретичними уявленнями поставило вимогу проаналізувати роботу АБП з рідиною в реальній системі з врахуванням дії зовнішнього демпфірування і специфічних властивостей рідини і розробити теорію рідинних автобалансуючих пристроїв, яка адекватна реальній системі ротор – рідинний АБП.

Метою статті є висвітлення основних положень розробленої теорії рідинних автбалансуючих пристроїв для роторів з вертикальною віссю обертання, яка адекватна реальній системі ротор – рідинний АБП, тобто враховує гідродинамічні властивості рідини і вплив зовнішнього демпфірування.

Для визначення умов автоматичного усунення рідиною незрівноваженості вертикального ротора спочатку розглянуто механічну систему, яка є жорстким ротором у жорстких опорах з циліндричною камерою частково заповненою ідеальною рідиною. Побудовано математичні моделі стаціонарного руху розглядуваної механічної системи. Розглянуті випадки необмеженої і обмеженої зверху камери, ексцентрично і симетрично розташованої на валу. У кожному з випадків установлені закони розподілу тиску в рідині, що знаходиться в стані відносного спокою і визначені форми поверхонь рівного тиску. Розглянуті випадки моделюють поведінку рідини в автобалансирі без врахування зовнішнього демпфірування. Аналіз побудованих моделей вказує на те, що автоматично збалансувати жорсткий ротор у жорстких опорах рідиною неможливо.

Далі розглянута механічна система, яка є гнучким ротором з циліндричною камерою, що містить рідину з вільною поверхнею (рис. 1), і побудовано математичну модель її стаціонарного руху. В основу математичної моделі покладено принцип найменшої дії у формі Гамільтона-Остроградського:

$$\delta W = -\frac{1}{2} \frac{k_0^2}{I_0^2} \delta I + \delta \Pi \quad (1)$$

де  $W = \frac{1}{2} \frac{k_0^2}{I} + \Pi$  - змінена потенціальна енергія системи тверде тіло-рідина;  $\Pi$  – потенціальна енергія діючих на систему активних сил: сили тяжіння і відцентрової сили;  $k_0$  – значення постійної  $k$  для випадку рівномірного обертання всієї системи як одного твердого тіла навколо деякої нерухомої прямої з кутовою швидкістю  $\omega$ ;  $I_0$  – значення  $I$  (моменту інерції системи) для усталеного руху.

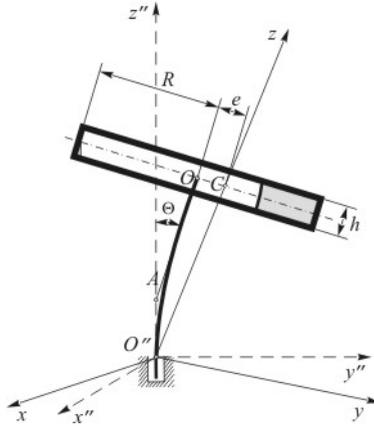


Рис. 1 - Модель руху ротора з порожниною, частково заповненою рідиною

Рівняння стаціонарних рухів (1) в явному вигляді будуть

$$\frac{\partial W}{\partial \gamma_1} = -\omega^2 \left[ (A-C)\gamma_1 + D\gamma_1\gamma_2\gamma_3^{-1} - E(\gamma_3 - \gamma_1^2\gamma_3^{-1}) - F\gamma_2 \right] + M g (x_{c1} - x_{c3}\gamma_1\gamma_3^{-1}) = 0, \quad (2)$$

$$\frac{\partial W}{\partial \gamma_2} = -\omega^2 \left[ (B-C)\gamma_2 - E(\gamma_3 - \gamma_2^2\gamma_3^{-1}) + E\gamma_1\gamma_2\gamma_3^{-1} - F\gamma_1 \right] + M g (x_{c2} - x_{c3}\gamma_2\gamma_3^{-1}) = 0.$$

де  $A, B, C$  – осьові моменти інерції;  $D, E, F$  – центробіжні моменти інерції системи;  $M$  – маса системи;  $x_c, y_c, z_c$  – координати центра ваги системи;  $\gamma_i$  – проекції орта  $\mathbf{i}_3''$  нерухомої осі  $z''$  на рухомі осі (рис.1).

Розв'язку цих рівнянь

$$\gamma_1 = \gamma_2 = 0, \quad \gamma_3 = 1, \quad (3)$$

який має місце при будь-якій величині  $\omega$ , якщо центр ваги системи розташований на осі обертання системи, що є при цьому головною віссю інерції, відповідає умова автобалансування.

Дослідження руху системи на стійкість спирається на визначення стійкості та ідеї Ляпунова в теорії стійкості фігур рівноваги рідини, що обертається, і зводиться до задачі мінімуму виразу для зміненої потенціальної енергії системи. Доведено, що стаціонарний рух є стійким, якщо виконується умова

$$(C_0 - A_0)\omega^2 - Mgz_c^0 - a > 0, \quad (4)$$

де  $A_0 = B_0$  (оскільки порожнина має циліндричну форму),  $A_0, B_0, C_0$  – головні моменти інерції тіла при незбурюваному русі,

$$a = \rho \int_0^{2\pi} \int_{R_1 - e \cos \varphi}^R \left[ \frac{\omega^2}{g^2} \left( \frac{\omega^2}{2} r^2 - C \right) + 1 \right]^2 r^3 dr.$$

Умова (4) дозволяє визначити параметри АБП, які забезпечать стійкість руху ротора при балансуванні. Умова стійкості (4) може бути виконана при  $(A_0 < C_0)$ , тобто якщо висота циліндричної порожнини  $h$  буде значно менша за її радіус  $R$ . Отже при конструюванні рідинних АБП необхідно дотримуватись умови: висота камери  $h$  АБП має бути значно менша за радіус  $R$ , що дає підстави для розробки багатокамерних АБП не тільки із вкладеними одна в одну камерами, а й розташовувати камери на різних рівнях одна над одною або комбінувати ці типи розташувань камер.

Отже, 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 ця модель не дає пояснення, як саме і під дією яких сил відбувається переміщення рідини в камері АБП.

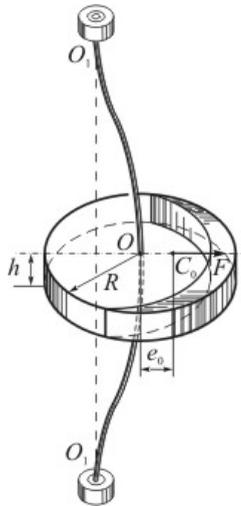


Рис.2 - Схема вала на двох опорах з АБП

Тому розроблено математичну модель процесу автоматичного балансування рідиною роторів з вертикальною віссю обертання, що відрізняється від існуючих врахуванням гідравлічних властивостей рідини і демпфірування системи.

Розглянемо роботу найпростішої реальної системи, що містить у собі АБП із рідиною, для вертикального гнучкого ротора на двох жорстких опорах, що обертається з кутовою швидкістю  $\omega$ . АБП має вигляд циліндричної порожнини радіуса  $R$  і висотою  $h$  (рис.2).

Уведемо позначення (рис. 3)  $O$  – точка перетину осі вигнутого вала з площиною порожнини;  $O_1$  – точка перетину площини камери АБП з лінією підшипників;  $C_c(x_c; y_c)$  – центр мас системи вал – рідина;  $\overline{OC} = \bar{e} = \frac{\bar{D}}{(m+M)}$  – „орієнтований” ексцентриситет центра мас рідини в системі АБП - рідина; вектор  $\overline{OC_0} = \bar{e}_0 = \frac{\bar{D}_0}{(m+M)}$  – „орієнтований” ексцентриситет ротора маси  $M$ ;  $\bar{e}_c = \overline{OC_c} = \frac{\bar{D}_c}{(M+m)}$  – „орієнтований” сумарний ексцентриситет ротора з рідиною.

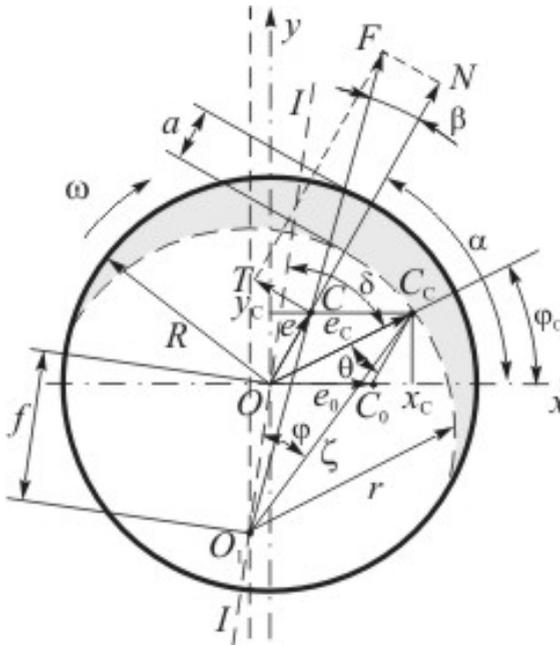


Рис. 3 – Горизонтальний переріз камери АБП

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 кут  $\delta$ . Отже, можна припустити, що виникаюча тангенціальна складова відцентрових сил інерції, що діє на масу рідини,  $\bar{T}$  прагне зрушити її у напрямку протилежному рухові ротора (рис. 3) і сприяє приведенню рідини в циліндрі АБП у положення, що відповідає зменшенню загального дисбалансу системи навіть на докритичній швидкості.

Для перевірки справедливості цього припущення розглянуто геометричну модель роботи системи. Якщо розглянути ротор з камерою АБП з рідиною і врахувати демпфірування, то розташування площини прогину I-I і площини дисбалансу  $\bar{D}_c = (M + m) \cdot \bar{e}_c$  системи ротор – рідина для деякого моменту часу буде таким, як показано на рис. 3. У даному випадку, розглядається рух рідини, як квазістаціонарний рух, тобто, коли взаємне розташування окремих елементів її об'єму, не змінюється у даний момент часу. Тому можемо застосувати до цього об'єму положення динаміки твердого тіла і, зокрема, визначити  $C$  – центр мас рідини в системі з АБП, а положення рідини відносно дисбалансу ротора  $\bar{D}_0 = M \cdot \bar{e}_0$  визначити кутом  $\alpha$ . Нехай маса рідини –  $m$  менша маси дисбалансу. Вісь  $Ox$  системи координат  $xOy$ , зв'язаної з валом, що обертається, співпадає з вектором дисбалансу ротора. Визначимо положення рідини в АБП відносно дисбалансу при обертанні ротора на докритичній швидкості обертання.

Сумарний дисбаланс ротора з рідиною в положенні  $\alpha$  дорівнює  $\bar{D}_c = (M + m) \cdot \bar{e}_c$ ,

де  $e_c = \sqrt{x_c^2 + y_c^2} = e \sqrt{1 + 2k \cos \alpha + k^2}$ ,  $k = \frac{|D_0|}{|D|}$  – відношення

дисбалансів ротора і рідини.

Проаналізувавши геометричну модель (рис. 3), визначили умову рівноваги рідини без врахування сил натягу:  $\text{tg } \beta = 0$ , або

$$f [tg \alpha \cos(\delta + \varphi_c) - \sin(\delta + \varphi_c)] = 0.$$

Останнє рівняння розкладається на дві умови (нуль в індексі відповідає значенням кутів для положення рівноваги рідини ( $\beta = 0$ )):

$$f = 0; \quad (5a)$$

$$tg \alpha_0 \cos(\delta + \varphi_{0c}) - \sin(\delta + \varphi_{0c}) = 0. \quad (5б)$$

Умова (5 а)) очевидна – при відсутності прогину положенню рівноваги рідини відповідає розташування рідини у вигляді кільця з центром в точці  $O$ . З умови (5 б)) випливає, що при рівновазі рідини

$$tg \alpha_0 = tg(\delta + \varphi_{0c}).$$

Враховуючи значення  $e, e/e_0, e_c i$ , що  $\theta = \alpha - \varphi_c$ , одержуємо

$$\sin \alpha_0 = \frac{1}{k} \sin \delta \sqrt{1 + 2k \cos \alpha_0 + k^2}. \quad (6)$$

З рівняння (6) випливає, що при  $k = 0$ , тобто при відсутності початкового дисбалансу ( $e_0 = 0$ ), розв'язку немає і рідина розташується концентричним кільцем з центром, що співпадає з віссю обертання і геометричним центром АБП. З рівності (6) слідує, що при відсутності зовнішнього опору в системі ( $\delta = 0$ ) положення рівноваги рідини співпадає за кутом з положенням дисбалансу ротора ( $\alpha_0 = 0$ ), що відповідає висновку про те, що в системі без зовнішнього опору рідина збільшує дисбаланс на величину, яка дорівнює дисбалансу рідини в АБП.

Шляхом алгебраїчних перетворень виразу (6) одержимо квадратне рівняння для визначення косинуса кута  $\alpha_0$ , який відповідає положенню рівноваги рідини ( $\beta=0$ ):

$$k_1^2 \cos^2 \alpha_0 + 2k_1 \sin^2 \delta \cos \alpha_0 + (1 + k_1^2) \sin^2 \delta - k_1^2 = 0.$$

Проаналізувавши розв'язки цього рівняння одержимо:

– при урахуванні можливих значень  $\sin \delta$ , умова дійсності значень  $\cos \alpha_0$  виконується при  $k \geq 1$  і при  $0 \leq k \leq 1$  для відповідної області значень фазового кута  $\delta$ ;

– для забезпечення ефекту балансування повинна виконуватись умова  $k > 0,5$  або  $e < 2e_0$ . Таким чином, у зміні незрівноваженого стану обертової системи бере участь тільки тонкий шар рідини. Встановлення цього факту підтверджує висновок, отриманий експериментально, про більшу ефективність використання багатоканальних АБП;

– при  $1 + 2k \cos \alpha_0 + k^2 = 0$  буде повне зрівноважування, звідки єдиним розв'язком буде  $k = 1$  при  $\cos \alpha_0 = -1$ , тобто при  $\alpha_0 = \pi$ . Отже, найбільший ефект балансування досягається, коли величина дисбалансу рідини буде близька до початкової ( $k \approx 1$ ).

Ефективність балансування характеризується відношенням відхилень центра мас системи без рідини і з рідиною  $\lambda_0$ :

$$\lambda_0 = \frac{k}{\sqrt{1 + 2k \cos \alpha_0 + k^2}}. \quad (7)$$

Аналіз моделі показує, що при достатньому зовнішньому опорі рідина, яка знаходиться в стійкому положенні рівноваги, може балансувати ротор ( $\lambda_0 > 1$ ) на докритичних кутових швидкостях. Ефект балансування зростає при наближенні робочої швидкості до критичної і при збільшенні зовнішнього опору.

Процес зрівноважування рідиною є складним і неочевидним, тому пропонується таке фізичне пояснення отриманих результатів.

Рідина прагне зайняти положення в найбільш віддаленому місці камери від осі обертання, яке і співпадає з напрямком прогину вала. Після перетікання рідини «у прогин» змінюється сумарний дисбаланс системи за напрямком і величиною, оскільки величина сумарного дисбалансу  $\overline{D}_c = (M + m) \cdot \overline{e}_c$  визначається як геометрична сума векторів  $\overline{D}_0 = M \cdot \overline{e}_0$  – дисбалансу ротора і  $\overline{D} = m \cdot \overline{e}$  – дисбалансу рідини й залежить від кута між цими векторами  $\alpha$  (рис. 3).

Оскільки для даної кутової швидкості кут відставання прогину від сумарного дисбалансу  $\delta$  є постійним, то зі зміною напрямку сумарного дисбалансу змінюється і положення прогину відносно початкового дисбалансу  $\overline{D}_0$ . Рідина слідуючи за прогином, знову змінює сумарний дисбаланс, збільшуючи кут  $\alpha$  і зменшуючи величину сумарного дисбалансу. Це приводить до зменшення величини прогину і зміни його положення відносно  $\overline{D}_0$ . Цей процес повторюється при будь-якій постійній швидкості обертання ротора поки  $\alpha$  не набуде значення  $180^\circ$ , а прогин не набуде мінімального значення (або 0 – при повному зрівноваженні).

Тенденція до самоцентрування незрівноваженого ротора, що спостерігається при необмеженому збільшенні кутової швидкості, сприяє зниженню загального рівня вібрацій системи в цілому, але треба відмітити, що при  $\omega \rightarrow \infty$  пружний прогин вала і динамічні тиски на підшипники до нуля не прямують. Автоматичне балансування рідиною автоматично забезпечує зрівноваження незбалансованого вала при різних, заздалегідь нефіксованих величинах дисбалансу і будь-яких кутових швидкостях. Завдяки цьому зрівноваженню при будь-яких значеннях кутової швидкості вал залишається не прогнутим (або менш прогнутим), а динамічні тиски на підшипники відсутні. В цьому полягає вигідна відмінність самозрівноваження від самоцентрування.

Результати теоретичного аналізу мають підтвердження при проведенні експериментальних досліджень.

Для проведення експериментальних досліджень автоматичного усунення рідиною незрівноваженості ротора розроблена установка, яка є жорстким консольним вертикальним ротором пружно підвішеним до корпусу. Як відомо [5], ця механічна модель зовнішньо відмінна, але принципово не відрізняється від механічної моделі, поданої нарис. 2.

Для дослідження поведінки рідини в атобалансуючому пристрої в дорезонансній та зарезонансній зонах обертання ротора розроблено та виготовлено макет АБП із оптично-прозорого матеріалу, який дозволяє візуально або за допомогою сучасних засобів відеозйомки прослідкувати роботу АБП на всіх режимах експлуатації. АБП є кільцем із зовнішнім діаметром  $O400$  мм, двома концентричними перегородками діаметрами  $O300$  і  $O200$  мм, що утворюють три концентричні камери для розташування в них робочих тіл. В якості рідкого робочого тіла використовувалася прісна вода (густина  $1000$  кг/м<sup>3</sup>, кінематична в'язкість  $1,01 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с).

Створена методика дослідження поведінки робочих тіл в АБП за допомогою швидкісної відеозйомки [3, 4], яка реалізується на сучасній комп'ютерній та відеотехніці, дає можливість наочно перевірити теоретичні результати. Експериментально показано, що у рідинному автобалансирі рідина прагне встановитися проти дисбалансу не тільки в зарезонансній, але й у дорезонансній зоні обертання ротора і на самому резонансі, що демонструють приклади кадрів рис. 4.

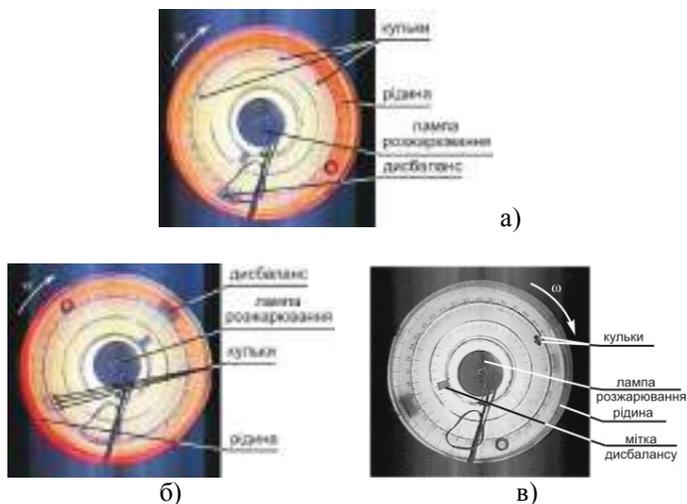


Рис. 4 - Розташування робочих тіл при: а) дорезонансній; б) резонансній; в) зарезонансній частоті обертання ротора

### ***Висновки***

На відміну від існуючих стверджень побудована нова, узгоджена з експериментальними фактами, теорія самобалансування роторів рідинними робочими тілами.

Теоретичний і експериментальний аналіз процесу автоматичного балансування (самобалансування) роторів рідинними і сипкими робочими тілами дозволяє встановити, що:

- автоматичне балансування рідиною є ефективним для пружно деформованих роторів, роторів на пружних опорах, де наявна різниця фаз між напрямком сили від дисбалансу і прогином ротора або переміщення ротора;
- у рідинному автобалансирі рідина прагне встановитися проти дисбалансу не тільки в зарезонансній, але й у дорезонансній зоні обертання ротора і на самому резонансі;
- для забезпечення стійкого балансування необхідно, щоб висота камери АБП була меншою за її радіус.

### *Література*

1. Диментберг Ф.М., Шаталов К.Т., Гусаров А.А. *Колебания машин.* – М.: Машиностроение, 1964. с. 256-291.
2. Нестеренко В.П. *Автоматическая балансировка вращающихся роторов с помощью жидкости.* – В кн.: *Управляемые механические системы.- Иркутск, 1980. с. 193-197.*
3. R.Silin, V.Royzman, I.Borko. *The research into automatic balancing process of rotors with vertical axis of rotation // Tenth world congress on the theory of machine and mechanisms – Oulu, Finland. – 1999. – P. 1734-1739.*
4. V.Royzman, I.Drach. *Improving theory for automatic balancing of rotating rotors with liquid self balancers // ISSN 1392 - 1207. МЕХАНІКА. 2005. Nr.4(54). P.38-44.*
5. Пановко Я.Г. *Механика деформируемого твердого тела: Современные концепции, ошибки и парадоксы.* – М.: Наука, 1985. – 288 с.

## **РОЗВИТОК БАНКІВСЬКОГО ІНВЕСТУВАННЯ В УКРАЇНІ**

*Вовчак Ольга Дмитрівна*

*д.е.н., професор, Львівська комерційна академія, Україна*

Важливу роль в інвестуванні економіки відіграють інституційні інвестори, крупними серед яких є комерційні банки. Вони за своєю економічною природою є не тільки важливою системою фінансування національної економіки, а й ефективним механізмом перерозподілу як фінансових так і інвестиційних ресурсів.

Сьогодні інвестиційна діяльність банків є самостійним, відносно відокремленим видом банківської діяльності, який характеризується пропозицією щодо вкладання банківського капіталу з боку окремого банку у різноманітні об'єкти різних сфер і

видів діяльності. В економічній науці для характеристики банківських інвестицій застосовуються різні їх визначення. За поширеним у банківській практиці визначенням *інвестиції* – це кошти банків, вкладені в цінні папери підприємств, організацій, установ різних форм власності на порівняно тривалий час. За іншим визначенням *банківське інвестування* – це довгострокове розміщення активів банку у реальний сектор економіки з метою одержання прибутку. На нашу думку, економічна суть інвестиційної діяльності банку зводиться до фінансових інвестицій (довгострокові цінні папери, паї, частки, вкладення у статутні капітали тощо) та реальних інвестицій (матеріальні і нематеріальні активи). На відміну від виробничих компаній, комерційні банки здійснюють свою інвестиційну діяльність переважно на фондовому ринку, а основною формою їх довгострокової інвестиційної діяльності є інвестування в акції, облігації, депозитні, ощадні сертифікати і інші інструменти фондового ринку та вкладення капіталу у придбання нематеріальних активів. У практичній діяльності багатьох зарубіжних і вітчизняних банків фінансові інвестиції є пріоритетним напрямом інвестування, оскільки банківський бізнес – це, передовсім, фінансова діяльність. Тому часто інвестиційний портфель банку асоціюється з портфелем цінних паперів. Водночас реальні інвестиції все одно займають певну частку активних операцій банку, переважно у формі капітальних інвестицій.

За роки існування вітчизняної банківської системи спостерігається, що обсяги активів та інвестиційно-кредитного портфеля банків постійно зростають. Вкладення в цінні папери за значущістю та обсягами посідають друге місце серед активних операцій банку після кредитування. І хоча надання кредитів залишається головною функцією банків, дедалі частіше банки переглядають структуру активів, ставлячи собі за мету збільшення частки портфеля цінних паперів у сукупних активах. У міжнародній банківській діяльності на придбання цінних паперів банки спрямовують значну частину коштів, за оцінками фахівців – від 1/5 до 1/3 грошових ресурсів. В українських банках частка портфеля цінних паперів у сукупних активах значно нижча і *наприкінці 90-х років XX ст. не перевищувала 2-3% власних активів, сьогодні його частка децю зросла* - однак вкладення в цінні папери становлять біля 6 відсотків загальних активів банківської системи України.

Особливістю банківської інвестиційної діяльності в Україні є те, що банки у своїй більшості дуже слабо інвестують реальний сектор економіки, що в значній мірі зумовлено відсутністю реальних структурних перетворень у вітчизняній економіці, а відтак, - високими

кредитними ризиками. Тривалий час (1995-1999) банки найбільше вкладень здійснювали в ОВДП, які забезпечували швидкі і гарантовані доходи. (середньозважена дохідність ОВДП на той час становила: 1995 – 85,59%; 1996 – 70,93%; 1997 – 32,76%; 1998 – 54,83%; 1999 – 27,51%). Відтак, обсяг кредитів, наданих в економіку, був значно меншим від коштів, вкладених в ОВДП. Так, за 1996 р. обсяг кредитів становив 17,3% вартості ОВДП; 1997 – 6,95%; 1998 – 7,6%; 1999 – 25,2% вартості ОВДП.

Позитивні зрушення у кредитуванні підприємств стали помітними тільки з 2000 р. Сьогодні ж все ж більшість інвестицій банку здійснюються у *формі інвестиційних кредитів*. Між тим в Україні частка інвестиційних кредитів у структурі кредитних портфелів банків є ще низькою. У банківській практиці і досі переважає короткострокове кредитування (як правило на 3-6 місяців), а строки погашення понад один рік мають лише кредити, які фінансуються з міжнародних джерел. Прикладами таких кредитів є кредитна лінія ЄБРР на підтримку малих і середніх підприємств та Проект розвитку експорту Світового банку.

Упродовж 1998-2006 рр. банки переважно надавали кредити в поточну діяльність, частка яких коливалася в межах 80 %, а частка кредитів в інвестиційну діяльність за цей же період знаходилась на рівні 5 - 10 %. При цьому кредити надавалися переважно суб'єктам господарювання (більше 80%). У структурі інвестиційних кредитів кредити населенню коливаються в межах 15%, кредити в національній валюті дорівнюють майже половині суми інвестиційних кредитів.

Аналіз сучасного стану банківської інвестиційної діяльності в Україні доводить, що на відміну від корпоративного інвестування, специфіка банківської інвестиційної діяльності зумовлюється значною мірою характером і обсягом сформованої ресурсної бази. Сьогодні ж банкам ще не вдалося залучити значні обсяги довгострокових ресурсів, що, своєю чергою, гальмує інвестиційну активність банків. Нині більшість банків не має у своєму розпорядженні достатньої власної бази для великих і надійних інвестиційних вкладень. Так, порівняно з розвиненими країнами світу банківський капітал в Україні мізерний і за підсумками 2006 року становив 43,3 млрд. грн. або 8,6 млрд. дол. [1], тоді як капітал лише одного найбільшого банку США (наприклад, Citigroup) перевищує 50 млрд. дол.. За середнім розміром активів українські банки відстають від банків більшості країн: від десяти (США) до тисячі (Японія) разів.

В Україні суттєвого нарощування капіталу банків за ринкових умов не відбувається, рентабельність банківського капіталу є

невисокою і коливається в межах 7-8 %, що нижче від світових орієнтирів. За розрахунками, у США дохідність банків становить 21%, в Європі (ЄС) – 15%. Через те, що власний капітал є відображенням стабільності кредитної системи, банкам необхідно здійснювати заходи щодо його зростання..

За таких обставин більше 80 % усієї потреби в грошових ресурсах для активних операцій банків, у тому числі інвестицій, покривається за рахунок залучених коштів, основну частину яких становлять депозити. Станом на 01.01.2007 зобов'язання становили 184,2 млрд. грн., в т.ч. кошти суб'єктів господарювання - 77,5 млрд. грн., вклади фізичних осіб - 106,7 млрд. грн. [1]. Водночас строкові зобов'язання юридичних і фізичних осіб становлять дещо більше половини зобов'язань банків.

В Україні реальними грошовими ресурсами для банківських інвестицій на сьогодні є вклади населення в банках. За різними даними населення України накопичило 15-20 млрд. дол. США. За 1997-2006 рр. вклади населення зросли більш як у 20 разів. У загальній сумі зобов'язань вклади населення сьогодні перевищили обсяги коштів суб'єктів господарювання. Важливим чинником залучення заощаджень населення у банківські установи є розвиток карткового бізнесу, а також зростання операцій з купівлі і заощадження коштів у дорогоцінних металах, що поступово стають альтернативою банківським вкладам.

Сьогодні банки можуть використати можливості щодо генерування грошових коштів на світових ринках за рахунок випуску і розміщення єврооблігацій через механізм сек'юритизації. Проте низький кредитний рейтинг України у світі та відсутність у законодавстві можливості випуску банками облігацій на зовнішніх ринках суттєво знижує ці можливості. Випуск облігацій доступний зараз лише для крупних українських банків.

Одним із шляхів залучення довгострокових ресурсів і збільшення можливостей для довгострокового кредитування є злиття банківського бізнесу із страховими компаніями та пенсійними фондами, які акумулюють значні кошти населення, створення інвестиційних банків, розвиток фінансових супермаркетів. Це дає змогу розширювати бізнес, оскільки відкриває більші можливості для ефективного залучення капіталу.

Загалом сформована структура інвестиційних вкладень банками свідчить про чималий потенціал банківського бізнесу, який за раціонально побудованої інвестиційної політики дає змогу задовольнити значну потребу в фінансових ресурсах суб'єктів економіки.

### *Література*

1. Звіт Національного банку України за 2000 рік, 2001 рік, 2002 рік, 2003 рік, 2004 рік // <http://www.bank.gov.ua>.
2. Бюлетень Національного банку України. – 2007. - № 3. – С. 114-133.
3. Основні показники діяльності банків України // Вісник Національного банку України. – 2006. - № 7. – С.39.

## **МОДЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОБЩЕСИСТЕМНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

*Дилigenский Николай Владимирович, Цапенко Михаил Владимирович  
(Самарский государственный технический университет, Россия, 443100, г. Самара,  
ул. Молодогвардейская, 244, тел.: 8 (846)332-42-34, mcar@mail.ru)*

В настоящее время главной задачей в области развития и совершенствования науки и производственных технологий является необходимость перехода к инновационному пути развития. Разработка, освоение внедрение и использование новых знаний, технологий, продукции возможно только на основе инновационной политики. В работе ставится задача построить математическую модель протекания инновационных процессов и на её основе изучить наиболее общие, общесистемные характеристики и свойства инновационной деятельности.

Однопродуктовая динамическая, макроэкономическая модель функционирования инновационной экономики строится на основе базового уравнения Солоу [1] как уравнение баланса для произведенной продукции  $Y$ , внешних инвестиций  $I$ , потребления  $\Pi$  и внутренних инвестиций  $N$

$$Y + I = \Pi + N. \quad (1)$$

Производственная деятельность рассматривается как непрерывный процесс преобразования используемых ресурсов в производимую продукцию. В качестве модели производственной системы взята производственная функция типа Кобба – Дугласа с двумя базовыми ресурсами – капитальными  $K$  и трудовыми  $L$  [6].

Инновационный характер производственной деятельности формализуем путем введения в производственную функцию фактора научно – технического прогресса (НТП), обеспечивающего за счет совершенствования средств производства и технологий на базе открытия наукой новых закономерностей, явлений и свойств окружающего мира улучшения качества производимой продукции и

повышение производительности используемых ресурсов. НТП будем считать экзогенным, нейтральным фактором, не материализованным ни в одном из ресурсных факторов.

В явном виде производственную функцию Кобба – Дугласа с учетом НТП запишем в виде [5]

$$Y(t) = A e^{\mu t} K^\alpha(t) L^\beta(t), \quad (2)$$

где  $A$  – масштабный коэффициент эффективности производственной технологии,  $\mu$  – темп НТП,  $\alpha$  и  $\beta$  – факторные эластичности производства, соответственно по капиталу и труду,  $t$  – время.

Далее положим, что потребление пропорционально выпуску продукции  $\Pi = pY$  и пополнение капитала осуществляется за счет внутренних инвестиций, уменьшенных на затраты на вновь используемый капитал

$$\frac{\partial K}{\partial t} = N - aK, \quad (3)$$

где  $p$  – предельная склонность к потреблению,  $a$  – темп реновации капитала.

Совокупность сформулированных соотношений приводит к следующему модифицированному уравнению Солоу относительно капитальных ресурсов  $K(t)$

$$K' = A(1 - p) e^{\mu t} L^\beta(t) K^\alpha - aK + I. \quad (4)$$

Уравнение (4) рассматривается как базовая модель инновационной деятельности, в которой инновационные факторы описываются темпом НТП  $\mu$ , интенсивностью обновления капитала  $a$  и внешним притоком инвестиций  $I$ .

Анализ решений (4) проводится методами теории возмущений и нелинейной динамики в дискретном времени.

Анализ процессов, описываемых моделью (4) показал, что переходные процессы характеристик инновационной деятельности могут быть существенно различными.

В одних случаях характеристики изменяются гладко, монотонно, и изменение состояний отвечает фазовому портрету «устойчивый узел» с одноточечным аттрактором – рисунок 1.

В других случаях, переходные процессы приобретают колебательный характер, и динамика изменений характеристик инновационной деятельности в этом случае отвечает фазовому портрету с одноточечным аттрактором «устойчивый фокус» - рисунок 2 [3], [4].

Возможны ситуации, когда изменение характеристик приводит к выходу системы за границы устойчивости с появлением катастроф Тома-Арнольда [2]. В этом случае инновационная деятельность невозможна.

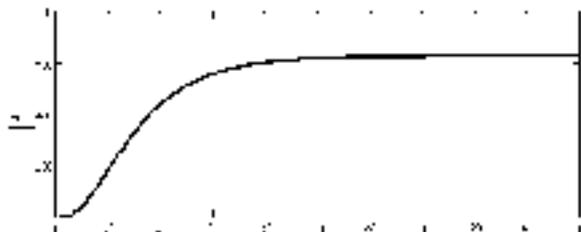


Рисунок 1 – Монотонный процесс

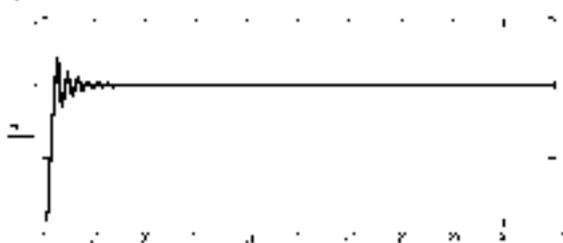


Рисунок 2 – Колебательный процесс

При переходе от равновесных процессов к неравновесным происходит бифуркация, решение (4) разветвляется и из однотоочечного рождается двухточечный аттрактор [2]. Система начинает функционировать в автоколебательных режимах с циклическими подъемами и спадами своих характеристик – рисунок 3.

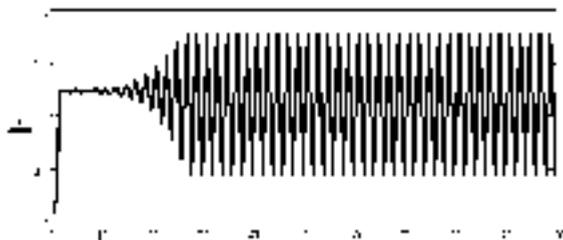


Рисунок 3 - Автоколебания

При дальнейшем удалении от границы устойчивости неравновесность процессов усиливается, и характер автоколебательных режимов усложняется. В системе возникают нерегулярные, ограниченные колебания, и процессы ведут себя как хаотические – рисунок 4.

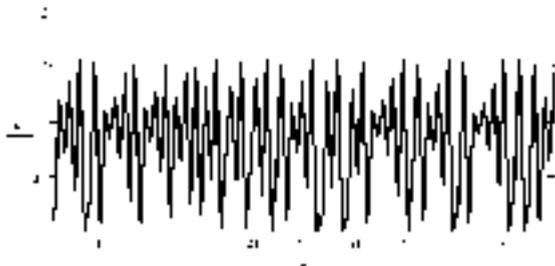


Рисунок 4 – Хаотический процесс

Как функции параметров характеристики инновационной деятельности имеют вид бифуркационных диаграмм, показывающих различные сценарии жизненных циклов инноваций, способы трансформации упорядоченной деятельности в хаотическую – рисунок 5.

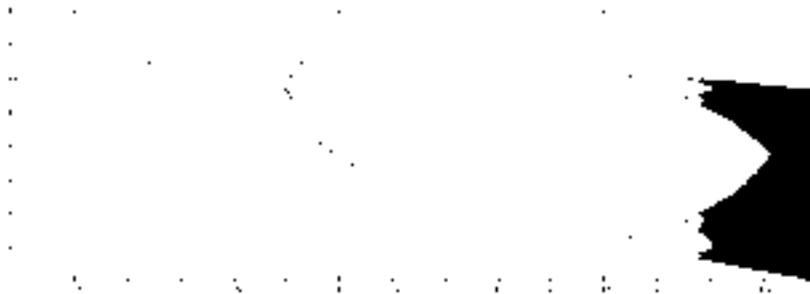


Рисунок 5 – Бифуркационная диаграмма

Таким образом, модельный анализ общесистемных характеристик инновационной деятельности выявил многообразие форм реализации инновационных процессов в социально-экономических системах.

### ***Литература***

1. Аллен Р. *Математическая экономика*. М.: ИЛ, 1963.
2. Арнольд В.Н. *Теория катастроф*. М.: Наука, 1990. 128 с.
3. Дилигенский Н.В., Ефимов А.П. *Сингулярное вырождение и хаотическое поведение однопараметрических эволюционных систем // Проблемы*

*моделирования и управления в сложных системах. Самара. СНЦ РАН, 2002. С. 91-100.*

4. Дилигенский Н.В., Ефимов А.П. *Модельный анализ самоорганизации и порядка и хаоса в развивающихся системах // Проблемы моделирования и управления в сложных системах. Самара. СНЦ РАН, 2003. С. 115-122.*

5. *Иванов Ю.П., Положишиников В.Б., Рассадин В.Н. Производственная народно-хозяйственная функция. М.: ВЦ АН СССР, 1983. 68 с.*

6. *Клейнер Г.Б. Производственные функции: теория, методы применения. М.: Финансы и статистика, 1986. 239 с.*

## **МАЛИЙ БІЗНЕС В ПОСТАСІ ЧИННИКА ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ**

*Парсяк Володимир Никифорович*

*Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова*

*Україна, 54017, Миколаїв, проспект Героїв Сталінграду, 9*

[vladimir\\_parsyak@ukr.net](mailto:vladimir_parsyak@ukr.net)

Серед нагальних проблем, які знаходяться в центрі уваги не лише політичних та бізнесових еліт, а й пересічних громадян будь-якої країни, важливе місце посідає економічне зростання. Показниками, за допомогою яких кількісно його оцінюють є: валовий національний продукт (ВНП) та ВВП, що припадає на душу населення країни. У відповідності до найбільш розповсюджених методики обчислення, ВВП являє собою увесь обсяг готових до кінцевого споживання виробів та послуг, створених (наданих) національними товаровиробниками впродовж року, і таксованих за ринковими цінами. Керуючись наведеною дефініцією, нескладно пояснити значення економічного зростання задля підвищення рівня життя населення, вирішення нагальних соціальних проблем, а також подолання ускладнень, обумовлених обмеженістю ресурсів. Природним виглядає прагнення з'ясувати, під впливом яких чинників воно відбувається.

Із зрозумілих причин ми не можемо детально охарактеризувати кожен з них, але звернемо увагу на цікаву закономірність: про що б не йшлося, невід'ємною складовою факторів, які розглядаються в позитивному сенсі, є науково-технічний прогрес (НТП). Звертає на себе увагу, що в визнаних центрах світової цивілізації на долю нових та удосконалених товарів, техніки і технологій припадає понад 70 відсотків приросту ВВП. Історичний досвід підтверджує: еволюційна динаміка НТП призводить у підсумку до вичерпання можливостей вдосконалення виробничого обладнання, способів переробки матеріалів, виготовлення виробів, надання послуг, систем та методів

управління виробництвом і збутом товарів, або ж уможливило досягнення цієї мети за рахунок різкого збільшення витрат. Тому не випадково, що особливістю сучасної вимоги до управління НТП має бути ставка на його прискорення. Ця є надзвичайно актуальним для України з таких причин:

- поступове вичерпання власних та ускладнення доступу до зовнішніх джерел вуглеводневих енергоносіїв;

- загрозливий, а подекуди й небезпечний стан довкілля;

- швидке моральне старіння основних фондів, яке посилюється ще й фізичним зношенням;

- загострення конкурентного протистояння, яке має посилитись в наслідок майбутнього приєднання до Світової організації торгівлі та створення зони вільної торгівлі із країнами – членами Європейського союзу.

Між тим, однієї констатації існуючих проблем замало. Необхідно створити та забезпечити відповідну імплементацію такої моделі економічного зростання, яка б гарантувала безперервну генерацію та розповсюдження інновацій в усіх сферах життєдіяльності суспільства. Певні кроки на цьому шляху вже зроблені:

- а) створена законодавча база інноваційного розвитку;

- б) питання інноваційного розвитку привернули увагу науковців, завдяки чому з'явилися ґрунтовні дослідження, присвячені цій темі, громадськості;

- в) здійснена спроба втілити у життя принципову модель інноваційного розвитку країни. Слід однак зазначити, що увага авторів моделі сконцентрована головним чином на так званих „пріоритетних напрямках науково-технічного прогресу”, до яких відносяться ті з них, де зосереджено найпотужніший інтелектуальний потенціал: окремі галузі машинобудування, ракетно-космічний комплекс, таке інше. Але, зауважимо, головний зміст трансформаційних перетворень полягає в тому, щоб позбутися помилок минулого – інноваційна модель розвитку України має передбачати впровадження нововведень „широким фронтом”. Тому наголосимо: на певних напрямках прискорення НТП варто задіяти потенціал малого та середнього підприємництва. Маємо аргументи на користь такої гіпотези:

- у держави з її теперішнім статусом на вистачить на всіх, хто навіть того нібито й заслуговує, а ні засобів адміністративного впливу, а ні фінансового забезпечення. Та й завдання перед нею у нових умовах стоять інші ніж колись (розподіляти і контролювати виконання відповідних розпоряджень влади);

- досвід країн - світових інноваційних лідерів, де невеликі

підприємства успішно конкурують з крупними фірмами у справі проведення досліджень та розробок. Особливо на початкових етапах циклу „наука-виробництво”, покладаючи на себе ризики, що традиційно їх супроводжують. Справа в тому, що поява інноваційних товарів на етапі впровадження не завжди передвіщає широкий попит на них. У цих умовах виробництво продукції доцільно “делегувати” МСП. І тільки коли обсяги збуту набудуть масовості та стабільності, залучати до справи їх великих партнерів. Тож, малі підприємства здатні виконувати роль експериментальної ланки великої індустрії з покладанням на них ризиків пілотного освоєння нововведень;

- низка невирішених проблем, накопичених у регіонах (енергозбереження, утилізація промислових і побутових відходів, створення сучасної виробничої й соціальної інфраструктури), які для науково-дослідних гігантів виглядають дрібницею, не вартою навіть згадки про неї;

- вражаючим є внесок МСП у збільшення саме тих макропоказників, які використовуються для вимірювання економічного зростання. У Німеччині ВВП на 57 % створюється саме завдяки ним, у Франції – на 62 % і навіть у Чехії (з оглядом на географічні розміри та недалеко історичне минуле у лоні Радянського Союзу) – без малого на 53 %;

- для здійснення розширеного відтворення економіки країни, має відбуватися використання все нових інноваційних товарів, що пропонуються ринку. Тут знову малі стають в пригоді, бо їх абсолютна кількість не іде не у яке порівняння з чисельністю індустріальних гігантів. Наприклад, будівельний комплекс України, де даються в знаки наслідки приватизації та реструктуризації, складається з 7,5 тис. великих і майже 23 тис. малих підприємств;

- не зважаючи на відомі проблеми, малий бізнес проявляє себе і у власне інноваційної діяльності, активно підключається до виготовлення та впровадження наукомістких виробів та надання інжинірингових, консалтингових та інших відповідних послуг;

- потенційні можливості наших МСП далеко не вичерпані, бо у порівнянні з розвинутими країнами, абсолютні та відносні показники їх поширення в Україні залишають бажати кращого;

- помилково взагалі протиставляти малий та великий бізнес. Погодимось: досягнення високих стандартів повсякденного існування громадянами не менш важливе, ніж створення „ефективних” засобів знищення людей, бодай і одягнених у військову форму. Може нема нічого трагічного в тому, що МСП освоюють та закріплюються на сегментах, які максимально наближені до пересічної людини та її

повсякденних потреб? Хоча б в контексті реформування комунально-житлового господарства.

- зростання потреб користувачів виробів та послуг викликає необхідність більш частішої зміни моделей товарів. Окремі види продукції необхідні в незначних кількостях і тому випускаються невеликими партіями. Перебудова ж великих підприємств на випуск нововведень супроводжується вражаючими витратами ресурсів, включаючи такий абсолютно незворотній як час. Малі ж підприємства, навпаки, виявляються найбільш пристосованими до перебудовування технологій;

- не є таємницею, що зростання ефективності роботи великих підприємств обумовлюється їх спеціалізацією. Останню можна вдосконалити передавши виготовлення більшості деталей і вузлів (або навіть виконання окремих операцій) малим підприємствам. До того ж, виготовлення обмеженої кількості комплектуючих виробів на великих підприємствах призводить до ірраціонального використання високопродуктивного устаткування. Виконання цієї роботи малими фірмами задовольняє потреби в даній продукції групи підприємств і тим самим максимально завантажує їхні виробничі потужності. Аналогічно, у певних випадках доцільно покласти на МСП виконання допоміжних (обслуговуючих) операцій, створивши, тим самим, додаткові умови поглиблення спеціалізації великих контрагентів.

Виходячи з вищевикладеного, дозволимо собі деякі висновки:

1. В умовах поступового подолання кризових явищ, загального прагнення до підвищення рівня життя українців, особливого значення набуває нарощування темпів економічного зростання. Вони мають бути високими. Глобальні зміни, що відбуваються у світі, призвели до оформлення моделі розвитку національних економік з принципово новими рисами і пріоритетами. Все більш важливу роль відіграють так звані високі технології й види господарської діяльності, що безпосередньо задовольняють потреби людей, орієнтуються на специфічні запити окремих індивідів, тобто на невеликі за обсягом ринки із зростаючими вимогами останніх щодо якості виробів та послуг. Не випадково, що в визнаних центрах світової цивілізації на долю нових та удосконалених товарів, техніки і технологій припадає понад 70 відсотків приросту ВВП.

2. Оскільки країна відчуває нестачу важливих ресурсів, необхідно звернутися до найбільш потужних чинників економічного зростання. Серед найголовніших – НТП. Для досягнення кращих економічних результатів усім, хто в цьому зацікавлений, слід зосередити увагу в першу чергу на іноваційноспрямованих структурах, а не на

нововведенні як результаті. З цього приводу слід зазначити, що за застарілою звичкою, науково-технічний розвиток в пересічній свідомості асоціюється з великими підприємствами, включаючи дослідницькі установи.

3. Прискорення НТП – комплексне завдання, яке повинно вирішуватись з позицій системного підходу. Це означає: віддаючи належне збереженню потенціалу, який достався нам у спадок від минулих поколінь, слід охопити перетвореннями на інноваційних засадах максимальну кількість сфер життєдіяльності суспільства, якнайшвидше наближаючи їх до шаблону розвинутих країн світу.

4. Важливу роль у розв'язанні окресленої задачі здатен зіграти малий та середній бізнес з притаманними йому позитивними якостями та відповідною сферою впливу. Обсяги інноваційної діяльності вітчизняних МСП, оцінені абсолютними показниками, – скромні. Водночас, існують далеко не поодинокі приклади закладання в підґрунтя бізнесу, опанованого ними, сучасної техніки і, відповідно, нових технологій. Це означає формування та поступове нарощування малими та середніми підприємствами фізичних передумов створення потенціалу, здатного сприйняти втіленню у життя сучасній концепції зростання та розвитку країни на інноваційних засадах. Не будучи в основній своїй масі безпосередніми генераторами нових ідей та творцями нових виробів, МСП виявляються їх користувачами. За власний кошт вони інвестують інноваційний розвиток наукомістких виробництв. Про щоб не йшлося: про торговельне обладнання, про засоби протипожежної безпеки і технічні прилади спостереження за приміщеннями й прилеглими територіями, касово-розрахункові вузли, комп'ютери та інформаційні технології, складський транспорт, системи управління запасами тощо.

Тож виявляємо ще одну важливу іпостась малого бізнесу як набувача інноваційного продукту. З оглядом на очікуваний сплеск його розвитку під впливом подальшої політичної та економічної стабілізації в державі, зрозумілості та передбачуваності інституціонального підґрунтя підприємництва, нові захоплюючі перспективи стають очевидними.

## **РОЗРОБКА КРИТЕРІЇВ ВІДНЕСЕННЯ СУБ'ЄКТІВ ГОСПОДАРЮВАННЯ ДО КАТЕГОРІЇ НЕВЕЛИКИХ ПІДПРИЄМСТВ**

*Дибач Інна Леонідівна*

Становлення ринкових відносин в економіці України неможливе без створення сприятливого інвестиційно-підприємницького клімату, який, в свою чергу, можливо створити лише використовуючи потенціал малих та середніх підприємств. Адже, саме вони є основним джерелом забезпечення населення робочими місцями, сприяють формуванню середнього класу, який є основою соціально-економічних реформ, гарантом політичної стабільності та демократичного розвитку суспільства. Гнучкість і здатність малих підприємств швидко пристосовуватися до змін ринкової кон'юнктури сприяють стабілізації економіки в цілому. Немаловажним є той факт, що малі підприємства, у переважній більшості, діють у тих секторах економіки, що неохоплені великими підприємствами. Значним є їх внесок у формування валового внутрішнього продукту (в країнах з розвинутою ринковою економікою частка малих підприємств у ВВП складає більше 50%).

Сплеск уваги до малих підприємств в нашій країні розпочався 10-15 років тому, коли влада, широкі верстви громадськості відкрили для себе нову, до цього небачену, рушійну силу економічного зростання та розвитку. Воно супроводжувалося появою великої кількості публікацій, автори яких висловлювали безліч думок з приводу визначення суті підприємства та природи його невеликих форм. Новизна об'єкту дослідження та відсутність наукового наробку призвели до наукової плутанини, коли термін «мале підприємство», «мале підприємництво» та «підприємництво» сприймаються майже як синоніми. Спробуємо розібратися в тому, чи насправді це так.

З позиції сьогодення підприємництво – це не лише ініціативна, самостійна діяльність, що здійснюється на власний ризик з метою отримання прибутку, а й стиль господарювання, який базується на інноваторстві, пошуку нових можливостей та вмінні залучити необхідні ресурси із різноманітних джерел.

У сучасній науковій вітчизняній літературі існує таке поняття як «мале підприємництво», яке визначають як самостійну, систематичну, ініціативну діяльність малих підприємств та громадян-підприємців, яка проводиться на власний ризик з метою отримання прибутку. Якщо порівняти ці два визначення, то єдиною відмінністю є те, що у другому випадку – це діяльність малих підприємств. Проте ті якості, що наведені у визначенні підприємництва, відображають особливості саме малих підприємств. Це дає підстави зробити висновок, що така

категорія, як «мале підприємництво», є анахронізмом, одним із варіантів перекладу «small business». На нашу думку, доцільно обмежитися поняттям «підприємництво», до суб'єктів якого віднести не лише малі, а і середні підприємства, сукупність яких пропонуємо називати «невеликі підприємства».

Однією із основних перепон на шляху розвитку невеликих підприємств, на нашу думку, є доволі непроста ситуація, що склалася з самим їх визначенням. Українське законодавство дотепер не дає відповіді на питання, які підприємства належать до категорії невеликих, а деякі нормативні документи суперечать один одному. Так, Господарський кодекс України залежно від кількості працюючих та обсягу валового доходу від реалізації продукції за рік поділяє підприємства на малі, середні та великі. Проте, досі не втратив чинності Указ Президента України «Про підтримку малого підприємства» № 456/98 від 12.05.98, який виділяє ще так звані мікропідприємства.

Заради справедливості зазначимо, що закордонні парламентарі теж не одноставні з цього приводу. За оцінками експертів Світового банку, лише в країнах що розвиваються існує близько 50 визначень малого підприємства. Таким чином, робимо висновок, що визначення критеріїв віднесення підприємств до категорії невеликих є перш за все економічним завданням, обґрунтоване розв'язання якого відіграє суттєву роль у подолання існуючих перепон на їх розвитку.

Аналіз існуючих публікацій з цього приводу дозволив зробити висновок, що існує три підходи до визначення невеликих підприємств: кількісний, якісний та комбінований.

В якості кількісних критеріїв найчастіше використовуються такі показники, як кількість зайнятих, річний валовий дохід (товарооборот), вартість сукупних активів, розмір власного капіталу та розмір обслуговуваного ринкового сегмент. Основними перевагами кількісного підходу є однозначність трактовки кількісних критеріїв, доступність та легкість їх використання. Недоліками кількісних критеріїв є їх абстрактність та схильність вартісних показників до інфляційних коливань, які унеможливають проведення порівняльного аналізу.

Використання якісного підходу до визначення малих підприємств базується на, так званих, принципах чотирьох «С»: самоокупність, самофінансування, самоуправління та самостійність. Якісний підхід є суб'єктивним та спирається на досвід, уявлення та інтуїцію дослідника, що виділяє параметри, які присутні підприємствам того чи іншого розміру. Головним недоліком використання якісних критеріїв

щодо визначення підприємства є складність їх практичного застосування.

Одночасне застосування кількісних та якісних критеріїв визначення невеликих підприємств отримало назву комбінованого підходу. Характерним прикладом такого підходу є «економічне» та «статистичне» визначення підприємства, що були запропоновані Болтонським комітетом у 1971р. [1, с.55].

Отже, підсумовуючи вище зазначене, можна зробити висновок що існує безліч критеріїв за якими підприємства відносять до категорії невеликих. Очевидно, що одночасні застосування їх усіх є надзвичайно складним. Особливо з практичної точки зору. Від так, на нашу думку, слід обмежитись лише кількісними параметрами. Першочерговим критерієм віднесення підприємств до категорії невеликих доцільно визначити чисельність працюючих. Цей показник, по-перше, розраховується усіма підприємствами, по-друге, найменше змінюється під впливом часу, по-третє, зрозуміла методика розрахунку, по-четверте, використовується у міжнародній практиці, що є актуальним у контексті інтеграції, України до європейського економічно простору. Однак, цей показник не дає визначення реального значення підприємства та не окреслює його позиції серед конкурентів. Ці недоліки усувають введення вартісних показників визначення невеликих підприємств. Серед яких, на нашу думку, доцільно виділити обсяг виручки, який визначається усіма, та використовується у міжнародній практиці. При цьому виходячи з того, що вартісні показники є надзвичайно рухомими, відповідні оцінки слід періодично поновлювати (наприклад один раз на рік – по його закінченню та за результатами підбиття Держкомстатом України офіційних підсумків розвитку країни за звітній період).

Тут маємо розвинути підхід Парсяка та Журавльової [2, с. 37]. Справа в тому, що прагнучи наблизити визначення невеликих підприємств до стандартів признаних у Європейському Союзі, вони запропонували здійснювати корекцію середньорічного обігу на українських малих та середніх підприємствах використовуючи наступну формулу:

$$I_{ia \text{ ПП}} = I_{ia \text{ ПЗ}} * \frac{AAI_{iaiO}}{AAI_{iaiZ}} * E, \quad (1.1)$$

де:  $I_{ia \text{ ПП}}$  – середньорічний обіг малих підприємств в Україні;

$I_{ia \text{ ПЗ}}$  – середньорічний обіг малих підприємств в ЄС;

$AAI_{iaiO}$  – валовий внутрішній продукт на душу населення в Україні;

$AAI_{iaiN}$  – валовий внутрішній продукт на душу населення в ЄС;

$E$  – обмінний курс (грн. / євро).

Валовий внутрішній продукт, безперечно, – один з найвідоміших показників соціально-економічного держави, але він не відбиває різницю, яка існує саме у досягнутому піднесенні невеликого підприємства. Відтак вважаємо за доцільне уточнити наведену вище формулу, яка отримує наступний вигляд:

$$I_{iaIO} = I_{iaIN} * \frac{?^{II} AAI O}{?^{II} AAI N}, \quad (1.2)$$

де:  $?^{II} AAI O$  – частка малих підприємств у ВВП України;

$?^{II} AAI N$  – частка малих підприємств у ВВП країн ЄС;

Саме такий показник, як частка малих підприємств у ВВП країни, дає уявлення про стан підприємництва, а також враховує його внесок у соціально-економічний розвиток держави.

Тож, використовуючи дані [3; 4], обчислено, що максимальний обсяг виручки малих підприємств в Україні доцільно встановити на рівні 1000 тис. євро. Враховуючи пропорції між середньорічним обігом середніх та малих підприємств ЄС, яка становить 5, розрахуємо цей показник для середніх та мікро підприємств.

$$I_{iaIO} = 10000000 * \frac{5,5}{57} \approx 1000000(?a?i)$$

Тому класифікація невеликих підприємств в нашій країні має виглядати так, як це показано у таблиці

Таблиця

Кількісні критерії класифікації невеликих підприємств в Україні

Критерії	Класифікація невеликих підприємств		
	Мікро	Малі	Середні
Чисельність персоналу, чол.	До 10	До 50	До 250
Обсяг обігу, тис євро	200	1000	5000

Джерело: власні дослідження

Підсумовуючи вищевикладене, можна зробити такі висновки:

1. Невеликі підприємства, які є сукупністю середніх, малих та мікро підприємств, є суб'єктами саме підприємницької діяльності.

2. Усунення суперечностей між критеріями визначення невеликих підприємств, на державному рівні, позитивно вплине на розвиток невеликих підприємств, які виступають ключовим моментом економічних перетворень в Україні, знижують соціальну напругу, сприяють стабілізації ринкової економічної системи, стимулюють інноваційний процес та відіграють суттєву роль у створенні ВВП.

3. З практичної точки зору, при визначенні критеріїв причетності підприємств до категорії невеликих, доцільно скористатися кількісними методом. При цьому використовуючи такі критерії як чисельність персоналу та середньорічний обіг (товарообіг). Останній слід періодично поновлювати, з метою усунення інфляційних коливань. При здійсненні коректування крім показника ВВП на душу населення слід використовувати частку малих підприємств у ВВП.

4. Невеликі підприємства – це підприємства з чисельністю працюючих до 250 чоловік, та середньорічний обіг яких не перевищує 5 млн. євро.

#### ***Література:***

1. Колесников А., Колесникова Л. *Малый и средний бизнес: эволюция понятий и проблема определения // Вопросы экономики. – 1996. – № 7. – С.46-58., с.55*
2. Парсяк В.Н. *Малый бизнес в системе корпоративных отношений: Монография. – Херсон: Олді-плюс, 2003. – 456 с., с. 34*
3. *Europe in figures — Eurostat yearbook 2006-07 // <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>*
4. [www.ukrstat.gov.ua](http://www.ukrstat.gov.ua);

УДК 658.5.011.4:621.64

## **АМОРТИЗАЦІЯ БУФЕРНОГО ГАЗУ ПСГ – ДЖЕРЕЛО ПІДВИЩЕННЯ ФІНАНСОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ГАЗОТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ**

*Л.Т.Гораль – канд.техн.наук, доцент*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
76019, вул.Карпатська, 15, м.Івано-Франківськ*

*e-mail: [LilianaG@ua.fm](mailto:LilianaG@ua.fm)*

Природний газ посідає сьогодні особливе місце в структурі енергоспоживання в Україні з часткою, понад 40%, що вдвічі перевищує цей показник у світі. За останні 25 років загальне енергоспоживання в світі збільшилося майже на 40%, в той же час споживання газу - на 65%. Така динаміка росту використання цього

виду палива пояснюється його надійністю, зручністю, економічністю і особливо – екологічністю.

Газотранспортна система України (ГТС) – найпотужніша у світі по обсягу транзиту – виконує дві основні функції: забезпечення природним газом внутрішніх споживачів, а також транзит російського природного газу в європейські країни. Її характеристика наведена в таблиці 1.

**Таблиця 1 – Загальна характеристика газотранспортної системи України (за [ 1 ])**

<b>Параметри ГТС</b>	<b>Одиниця виміру</b>	<b>Кількість</b>
Довжина газопроводів, всього в т.ч. ■		36,4
магістральних газопроводів	тис. км	22,2
газопроводів-відгалужень		14,2
Пропускна здатність газотранспортної системи: ■		
на вході	млрд. м <sup>3</sup> /рік	288
на виході		177
Компресорні станції (КС)	шт.	71
Компресорні цехи	шт.	108
Газоперекачувальні агрегати	шт.	692
Потужність компресорних станцій	тис. МВт	5,4
Підземні сховища газу (ПСГ)	шт.	13
Загальна активна місткість ПСГ	млрд. м <sup>3</sup>	32,3
Автогазонаповнювальні компресорні станції (АГНКС)	шт.	87
Проектна потужність АГНКС	млн. м <sup>3</sup> /рік	670
Газорозподільні станції (ГРС)	шт.	1392
Кількість працюючих	тис. чол.	28

В умовах інтенсивного розвитку ринків газу надзвичайно актуальна проблема забезпечення надійності й ефективності роботи газотранспортної системи, що досягається постійною підтримкою об'єктів у належному функціональному стані, що у свою чергу вимагає своєчасного і повного фінансування. У структурі газопроводів України переважають трубопроводи великих діаметрів. Більше 20% газопроводів відпрацювали свій амортизаційний термін, частина

газопроводів має недовговічне антикорозійне покриття. Це вимагає щорічного виконання значних обсягів капітального ремонту і реконструкції газопроводів, а одночасно і розробки та реалізації інвестиційних проектів по реконструкції і впровадженню енергозберігаючих технологій.

Надійність транзитних поставок газу і газопостачання внутрішніх споживачів у значній мірі забезпечується комплексом підземних сховищ газу (ПСГ), які розміщені, в основному, у Західному регіоні. Мережа газосховищ, активний обсяг яких перевищує 30 млрд. м<sup>3</sup> і є найпотужніша в Європі, може ефективно використовуватися не тільки для власних потреб, але і для споживачів газу в Центральній і Західній Європі. Підземне зберігання газу являється найбільш прийнятним засобом регулювання поставок газу газотранспортним підприємствам. У зв'язку з диверсифікацією постачальників газу і з можливістю надавати пористе середовище ПСГ в оренду для зберігання газу іншим країнам, постала проблема в реальній оцінці обсягів буферного газу.

Буферний газ, що знаходиться в сховищі має певну вартість, виражену в цінах на момент створення сховища. Однак, його видобуток і використання як пального призведе до зміни ціни на газ, як на енергоносії. Окрім того, якщо буферний газ прийняти за нематеріальні активи, то постає питання його амортизації. Але існуючі на сьогодні методи нарахування амортизації є для нього неприйнятними. Таким чином, постала необхідність розроблення методики нарахування амортизації буферного газу в процесі експлуатації ПСГ.

Нами розроблено механізм амортизації буферного газу, що знаходиться в ПСГ та його впровадження на об'єктах ДК "Укртрансгаз".

Згідно [3, 4] амортизація основних засобів нараховується із застосуванням таких методів:

- «1) прямолінійного...
- 2) зменшення залишкової вартості...
- 3) прискореного зменшення залишкової вартості...
- 4) кумулятивного...
- 5) виробничого...

Підприємство може застосовувати норми і методи нарахування амортизації основних засобів, передбачені податковим законодавством».

Метод амортизації обирається підприємством самостійно з урахуванням очікуваного способу отримання економічних вигод від його використання.

Виходячи з того, що економічні вигоди від буферного газу підприємство отримує рівномірно протягом усього терміну експлуатації підземного сховища газу, доцільно застосовувати при амортизації буферного газу прямолінійний метод.

Нарахування амортизації проводиться щомісячно. Місячна сума амортизації при застосуванні прямолінійного методу визначається діленням річної суми амортизації на 12.

Метод амортизації об'єкта переглядається у разі зміни очікуваного способу отримання економічних вигод від його використання. Нарахування амортизації за новим методом починається з місяця, наступного за місяцем прийняття рішення про зміну методу амортизації.

І нарешті, що стосується податкової амортизації. Взяття на облік вартості буферного газу не пов'язано з витратами підприємства. А згідно пп.8.1.1. п.8.1 статті 8 Закону України „Про оподаткування прибутку підприємств” в редакції від 22.05.97р. №283/97-ВР (зі змінами і доповненнями) „під терміном „амортизація” ... слід розуміти поступове віднесення витрат...”. В даному випадку підприємство не має витрат на придбання буферного газу, тому в податкових розрахунках сума амортизації буферного газу не повинна враховуватися.

Достовірна оцінка всіх елементів фінансових звітів, в тому числі активів, до яких відносяться буферний газ має дуже велике значення для забезпечення достовірності фінансових звітів. Згідно вимог національних стандартів бухгалтерського обліку, які не суперечать Міжнародним в цій частині, необоротні активи на дату балансу повинні переоцінюватися (дооцінюватися або уцінюватися) з метою правдивого відображення їх в балансі.

За п.16 П(С)БО 7 „Основні засоби” [ 4 ] підприємство може переоцінювати об'єкт основних засобів, якщо залишкова вартість цього об'єкта суттєво відрізняється від його справедливої вартості на дату балансу.

Переоцінена первісна вартість та сума зносу об'єкта визначається множенням відповідно первісної вартості і суми зносу та індекс переоцінки. Індекс переоцінки визначається діленням справедливої вартості об'єкта, який переоцінюється на його залишкову вартість. Сума первісної дооцінки залишкової вартості об'єкта включається до складу додаткового капіталу, а сума уцінки – до складу витрат. Якщо переоцінка не первинна, а чергова, то сума дооцінки і уцінки в обліку відображаються в залежності від результатів попередньої переоцінки. В ситуації з буферним газом переоцінка його вартості повинна

відбуватися відповідно до зміни цін на газ. В усьому іншому вона не відрізняється від вище коротковикладеної методики.

Адекватно оцінені залишки буферного газу підвищують достовірність інформації не тільки відносно вартості досліджуваного об'єкта, витрат виробництва, фінансових результатів, а й відносно власного капіталу фірми.

### **Літературні джерела**

1. Руднік А.А. Газотранспортна система ДК "Укртрансгаз": надійність і безпека транспортування газу Вісник НГСУ. - 2006. - №4. С.7-12
2. Л.Т.Гораль, М.О.Данилюк, А.В.Мельник. Аналіз стану та обґрунтування необхідності підвищення ефективності використання вітчизняних ПСГ. Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу № 2(14), 2006. С. 145-149
3. Закон України „Про оподаткування прибутку підприємств” в редакції від 22.05.97р. №283/97-ВР (зі змінами і доповненнями).
4. Положення (стандарт) бухгалтерського обліку 7 “Основні засоби”, затверджене наказом Міністерства фінансів України від 27.04.2000 р. № 92, зареєстрованим у Міністерстві юстиції України 18.05.2000 р. № 288/4509 (зі змінами і доповненнями)

## **ГЕОМЕТРІЯ ВЕКТОРНОГО ПОЛЯ ЧОТИРИВИМІРНОГО ЕКВІАФІННОГО ПРОСТОРУ**

*Кравчук О.А., Хмельницький національний університет, Хмельницький, Україна  
E-mail: kravchukoa@mail.ru*

### **Summary**

In four-dimensional equiaffine space the set of geometric objects of vector field has been built, the invariant straight has been defined. Canonic reper has been built for a particular case.

В чотиривимірному еквафінному просторі побудовано послідовність геометричних об'єктів векторного поля, виділено інваріантну пряму. В деякому частковому випадку побудовано канонічний репер.

### **П.1 Диференційні рівняння послідовних геометричних об'єктів векторного поля в $A_4$ .**

Розглянемо чотиривимірний еквафінний простір  $A_4$ , віднесений до рухомого репера

$$d\vec{A} = \omega^\alpha \vec{e}_{\alpha i} \quad (1.1)$$

$$d\vec{e}_\alpha = \omega^\alpha_{\beta i} \vec{e}_\beta$$

Рівняння структури простору  $A_4$  мають вигляд

$$D\omega^\alpha = [\omega^\beta \omega_\beta^\alpha] D\omega_\beta^\alpha = [\omega_\beta^\gamma \omega_\gamma^\alpha], \quad \alpha, \beta, \gamma \dots = 1, 4 \quad \omega_\alpha^\alpha = 0 \quad (1.2)$$

**Означення:** Векторним елементом простору  $A_4$  будемо називати сукупність, яка складається з точки  $A$  і вектора  $\vec{a}$ , для якого точка  $A$  є початком. Векторний елемент будемо позначати через  $(A, \vec{a})$ . При цьому точку  $A$  будемо називати початком векторного елемента.

Очевидно, що  $\vec{a} \in V_4$  і  $A \in A_4$

**Означення:** Векторним полем в  $A_4$  називається відповідність при якій кожній точці простору  $A_4$  співставлений певним чином визначений вектор  $\vec{a}$  з початком в цій точці.

У множині всіх векторних елементів векторні поля виділяють деякий підмногovid.

Зауважимо, що векторне поле може бути задане як в усьму просторі  $A_4$ , так і в деякій його області.

В дальнішому будемо вважати, що початок вектора  $\vec{a}$  співпадає з точкою  $A$ . тоді  $\delta A = 0$  і форми  $\omega^\alpha$  є головними.

Виразимо вектор  $\vec{a}$  через вектори базису  $\vec{e}^\alpha$  у вигляді

$$\vec{a} = a^\alpha \vec{e}_\alpha \quad (1.3)$$

Координати вектора  $\vec{a}$  будуть задовольняти диференційним рівнянням

$$da^\alpha + a^\beta \omega_\beta^\alpha = a^\alpha \omega^\beta \quad (1.4)$$

Продовжуючи рівняння (1.4) одержимо

$$da_\beta^\alpha = a_j^\alpha \omega_\beta^j - a_\beta^\gamma \omega_j^\alpha + a_{\beta\gamma}^\alpha \omega^\gamma \quad (1.5)$$

Причому  $a_{\beta j}^\alpha = a_{j\beta}^\alpha$

Рівняння (1.5) можна представити у вигляді:

$$\begin{aligned} da_j^i - a_k^i \omega_j^k - a_4^i \omega_j^4 + a_j^k \omega_k^i + a_j^4 \omega_4^i &= a_{j\beta}^i \omega^\beta \\ da_4^i - a_k^i \omega_4^k - a_4^i \omega_4^4 + a_4^k \omega_k^i + a_4^4 \omega_4^i &= a_{4\alpha}^i \omega^\alpha \\ da_j^4 - a_j^4 \omega_i^j - a_4^4 \omega_i^4 + a_i^j \omega_j^4 + a_i^4 \omega_4^4 &= a_{i\alpha}^4 \omega^\alpha \\ da_4^4 - a_j^4 \omega_4^j - a_4^4 \omega_4^4 &= a_{4\alpha}^4 \omega^\alpha, \quad (i, j, k = \overline{1, 3}) \end{aligned} \quad (1.6)$$

При фіксації головних параметрів (1.4) диференціальні рівняння (1.4) і (1.5) приймуть відповідно вигляд

$$\delta a^\alpha + a^\beta \pi_\beta^\alpha = 0 \quad (1.4)'$$

$$\delta a_{\beta}^{\alpha} = a_j^{\alpha} \pi_{\beta}^{\gamma} - a_{\beta}^{\gamma} \pi_j^{\alpha} = 0 \quad (1.5)'$$

Звідси випливає, що фундаментальний об'єкт першого порядку  $\{a^{\alpha}\}$  є тензором, а фундаментальний об'єкт другого порядку  $\{a^{\alpha}, a_{\beta}^{\alpha}\}$  складається із двох тензорів  $a^{\alpha}$  і  $a_{\beta}^{\alpha}$

Продовжуючи диференціальні рівняння (1.5) одержимо послідовність фундаментальних об'єктів  $\{a^{\alpha}, a_{\beta}^{\alpha}, a_{\beta j}^{\alpha}, a_{\beta j \delta}^{\alpha}, \dots\}$ , яка лежить в основі диференціальної геометрії векторного поля в чотиривимірному евклідафінному просторі  $A_4$ .

## П.2 Деякі поля інваріантних геометричних об'єктів приєднані до векторного поля.

Знайдемо диференціальні рівняння деяких інваріантних геометричних об'єктів, приєднаних до векторного поля.

### 2.1 Поле точок.

Розглянемо точку  $P(X^{\alpha})$  в афінному просторі  $A_4$ . Якщо позначити через  $\vec{P}$  - радіус-вектор цієї точки, то відносно афінного репера  $(\vec{A}, \vec{e}_{\alpha})$  її можна задати співвідношенням

$$\vec{P} = \vec{A} + x^{\alpha} \vec{e}_{\alpha} \quad (2.1)$$

Продиференціювавши (2.1), враховуючи рівняння структури, одержимо

$$dx^{\alpha} + x^{\beta} \omega_{\beta}^{\alpha} = x_{\beta}^{\alpha} \omega^{\beta} \quad (2.2)$$

або при фіксації головних параметрів

$$\delta x^{\alpha} + x^{\beta} \pi_{\beta}^{\alpha} = 0 \quad (2.3)$$

### 2.2 Поле прямих

Пряму, яка проходить через точку  $A$  з направленим вектором  $R = v^{\alpha} e_{\alpha}$  позначимо через  $l = [A, R]$

Умови інваріантності прямої приймуть вигляд

$$\delta R = QR, \quad dQ = 0 \quad (2.4)$$

$$\text{Звідки } \delta v^{\alpha} + v^{\beta} \pi_{\beta}^{\alpha} = Q v^2, \quad (2.5)$$

$$\begin{aligned} \delta v^i + v^i \pi_j^i + v^n \pi_n^i &= Q v^i \\ \text{або} \quad \delta v^n + v^i \pi_i^n + v^n \pi_n^n &= Q v^n \end{aligned} \quad (2.6)$$

Розписавши співвідношення (2.6) отримаємо

$$\begin{aligned}
dv^1 + v^1 \omega_1^1 + v^2 \omega_2^1 + v^3 \omega_3^1 + v^4 \omega_4^1 &= Qv^1 \\
dv^2 + v^1 \omega_1^2 + v^2 \omega_2^2 + v^3 \omega_3^2 + v^4 \omega_4^2 &= Qv^2 \\
dv^3 + v^1 \omega_1^3 + v^2 \omega_2^3 + v^3 \omega_3^3 + v^4 \omega_4^3 &= Qv^3 \\
dv^4 + v^1 \omega_1^4 + v^2 \omega_2^4 + v^3 \omega_3^4 + v^4 \omega_4^4 &= Qv^4
\end{aligned} \tag{2.6}$$

Інколи зручно здійснювати нормування вектора  $\vec{R}$  при якому  $v^n = 1$ .

$$\text{Тоді } Q = \omega_n^n + v^i \omega_i^n \tag{2.7}$$

Підставивши (2.7) в перше рівняння (2.6) одержимо

$$\delta v^i + v^j \pi_j^i - v^i \pi_n^n - v^j v^k \pi_k^n + \pi_n^i = 0 \tag{2.8}$$

Отже диференціальні рівняння інваріантності прямої приймуть вигляд

$$dv^i + v^j \omega_j^i - v^i \omega_n^n - v^i v^k \omega_k^n + \omega_n^i = v_\alpha^i \omega^\alpha \tag{2.9}$$

$$\text{Розглянемо величини } N^\alpha = a_\beta^\alpha a^\beta \tag{2.10}$$

Оскільки диференціальні рівняння величин (2.10) мають вигляд

$$dN^\alpha + N^\alpha \omega_j^\beta = N^\alpha \omega^\beta, \text{ то згідно з (2.5) вони визначають}$$

інваріантний напрям, а пара  $[A, N]$ , де  $N^\alpha = N^\alpha e_\alpha$  визначає

інваріантну пряму приєднану до векторного поля.

### **П.3 Головні напрями та головні криві векторного поля.**

Всі попередні дослідження проводилися в репері нульового порядку. Це дозволило формулювати їх в найбільш загальному вигляді. Разом з тим таке дослідження не дозволяє виділити тісні інваріантні образи, пов'язані з векторним полем. Щоб знайти їх введемо

**Означення:** Головними напрямими векторного поля називаються такі напрями для яких диференціал векторного поля колінеарний напрямку зміщення початку векторного поля.

$$\text{Таким чином для векторного поля } d\vec{a} = \lambda d\vec{A} \tag{3.1}$$

Враховуючи (1.3) одержимо рівняння для обчислення головних напрямів

$$(a_\beta^\alpha - \lambda \delta_\beta^\alpha) \omega^\beta = 0, \tag{3.2}$$

або в розгорнутому вигляді

$$\begin{aligned}
 (a_1^1 - \lambda)\omega^1 + a_2^1\omega^2 + a_3^1\omega^3 + a_4^1\omega^4 &= 0 \\
 a_1^2\omega^1 + (a_2^2 - \lambda)\omega^2 + a_3^2\omega^3 + a_4^2\omega^4 &= 0 \\
 a_1^3\omega^1 + a_2^3\omega^2 + (a_3^3 - \lambda)\omega^3 + a_4^3\omega^4 &= 0 \\
 a_1^4\omega^1 + a_2^4\omega^2 + a_3^4\omega^3 + (a_4^4 - \lambda)\omega^4 &= 0
 \end{aligned}
 \tag{3.3}$$

Розглянемо однорідну систему чотирьох рівнянь з чотирма невідомими. Для того, щоб система мала ненулевий розв'язок необхідно і достатньо, щоб

$$\begin{vmatrix}
 a_1^1 - \lambda & a_2^1 & a_3^1 & a_4^1 \\
 a_1^2 & a_2^2 - \lambda & a_3^2 & a_4^2 \\
 a_1^3 & a_2^3 & a_3^3 - \lambda & a_4^3 \\
 a_1^4 & a_2^4 & a_3^4 & a_4^4 - \lambda
 \end{vmatrix} = 0
 \tag{3.4}$$

Розглянемо лише той випадок коли корені рівняння (3.4) різні. Позначимо їх через  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$  та назвемо головними кривими. Підставляючи їх по чергово в (3.3) одержимо, що його задовольняють такі напрями

$$\begin{aligned}
 1. \omega^2 = \omega^3 = \omega^4 &= 0 \\
 2. \omega^1 = \omega^3 = \omega^4 &= 0 \\
 3. \omega^1 = \omega^2 = \omega^4 &= 0 \\
 4. \omega^1 = \omega^2 = \omega^3 &= 0
 \end{aligned}
 \tag{3.5}$$

В кожному з цих випадків напрям зміщення початку векторного поля співпадає з відповідним базисним вектором, який в свою чергу напрямлений по головному напрямку.

Легко переконатися в тому, що прямі, які проходять через початок векторного поля, паралельно базисним векторам, мають напрямлені вектори, які задовольняють рівняння (2.6).

З рівняння (2.6) враховуючи (3.5) одержимо

$$\begin{aligned}
 d\lambda_\alpha &= a_{1\alpha}^1 \omega^\alpha \\
 \omega_\beta^\alpha &= \frac{a_{\beta\gamma}^\alpha \omega^\gamma}{\lambda_\beta - \lambda_\alpha}
 \end{aligned}
 \tag{3.6}$$

$\alpha \neq \beta$

Оскільки репер  $(\vec{e}_\alpha)$  стає канонічним, то

$$w_\alpha^\alpha = a_\beta^\alpha \omega^\beta, \quad \alpha, \beta = \overline{1,4} \quad (3.7)$$

Крім цього ці формули задовольняють умові еквафірності

$$\begin{aligned} a_{11}^1 + a_{21}^2 + a_{31}^3 + a_{41}^4 &= 0 \\ a_{12}^1 + a_{22}^2 + a_{32}^3 + a_{42}^4 &= 0 \\ a_{13}^1 + a_{23}^2 + a_{33}^3 + a_{43}^4 &= 0 \\ a_{14}^1 + a_{24}^2 + a_{34}^3 + a_{44}^4 &= 0 \end{aligned} \quad (3.8)$$

Отже, для векторного поля, в просторі  $A_4$ , яке має чотири різні головні кривини побудовано канонічний репер інваріантно пов'язаний з ним.

Одержані результати переносяться на простори довільної розмірності

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Тадєєв П.О., Кравчук О.А. До геометрії векторного поля  $n$ -вимірного афінного простору. // Вісник Київського університету. Серія фізико-математичні науки. 2006 В4, с. 61-69
2. Амінов Ю.А. Геометрия векторного поля // М.6 Наука, 1990.-208 с.
3. Синцов Д.М. Работы по неголономной геометрии.- Київ:Вища школа, 1972.
4. Бюшгес С.С. Геометрия векторного поля // Изв.АН СССР / Серия математика., 1948. Е. 10, №1.

## MATHEMATICAL METHOD OF LINEARIZING ADAPTIVE CONTROL SYSTEMS

*Eduard Ushakov*

SMF "Agromet" tel. +38 050 3138670 [eushakov2002@ukr.net](mailto:eushakov2002@ukr.net)

*Found linear equivalents of the systems of self-reactance authentication, which allow to apply the known classic methods of analysis of firmness of the linear systems for estimation of supplies of the proof functioning of the nonlinear systems of self-reactance authentication of unstationary objects of control.*

For the wide class of the nonlinear systems of general view connection between the entrance and output with the sufficient degree of exactness can be expressed by such functional dependence:

$$y(t) = \sum_{m=1}^{\infty} \int_0^{\infty} \cdots \int_0^{\infty} h_a(\tau_{1,\dots}, \tau_m) x(t-\tau_1) \dots x(t-\tau_m) d\tau_1 \dots d\tau_m \quad (1)$$

where are functions of time, which describe entrance and initial signals accordingly.

We will apply this functional form for mathematical description of connection of entrance signal  $x(t)$  and reactions  $\left[ \frac{dI}{d\zeta_\mu} \right]_n, \mu = 0, 1, \dots, s$  on

this signal in a time  $nT_1 \leq t \leq (n+1)T_1$  domain for the  $n$ -th cycle of authentication. Then on the basis of expression (1) this connection, in general case, can be given by the functional row of Volterra-Viner in a kind

$$\left[ \frac{dI}{dr_\mu} \right]_n = \sum_{v=10}^{\infty} \int_0^{\infty} \dots \int_0^{\infty} qV(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_v) x(t-\tau_1) x(t-\tau_2) \dots x(t-\tau_v) d\tau_1 d\tau_2 \dots d\tau_v, \quad (2)$$

stability of which for the determinate and stochastic cases of entrance signal is well-proven to I.Qu and G.Volf.

Adaptive system of authentication on every  $\mu$ -th parameter for an open loop on a time  $nT_1 \leq t \leq (n+1)T_1$  domain it is possible to examine as basic system of the second order of Viner-Shetsen, the kernel of which is  $h(\tau_1, \tau_2)$ . A copula is the transmission function of the such linearized systems inplane complex  $F(p_1, p_2)$ . In special case, when all parameters of the guided model of the system of authentication, except for a parameter, answer the parameters of control object, the system of authentication can be described by expression:

$$F(p_1, p_2) = \left[ \frac{K_{01}}{\tau_{01}p+1} - \frac{K_{M1}}{\tau_{M1}p+1} \right] \cdot \frac{1}{\tau_{M1}p+1} \cdot \frac{K_{II}}{T_{II}(p_1+p_2)}. \quad (3)$$

Expression (3) shows itself doublesize transformation of Laplace kernels of the second order of Viner-Shetsen, for the nonlinear system of authentication of unstationary object of control on a  $\mu$ -th parameter ( $\mu=1$ ) on an interval  $nT_1 \leq t \leq (n+1)T_1$ .

After necessary transformations we have:

$$F(p_1, p_2) = \frac{K_{II} [K_{01}(\tau_{M1}p_1+1) - K_{M1}(\tau_{01}p_1+1)]}{(\tau_{01}p_1+1) \cdot (\tau_{M1}p_1+1) \cdot (\tau_{M2}p_2+1) \cdot T_u(p_1+p_2)}. \quad (4)$$

Dividing it and after simple transformation we will get:

$$F(p_1, p_2) = K_I \frac{1}{p_1+a} \cdot \frac{1}{p_2+b} \cdot \frac{1}{p_1+p_2} - K_{II} \frac{1}{p_1+b} \cdot \frac{1}{p_2+b} \cdot \frac{1}{p_1+p_2}, \quad (5)$$

where  $K_I = \frac{K_{O1}K_u}{\tau_{O1}\tau_{M1}T_u}$ ;  $a = \frac{1}{\tau_{O1}}$ ;  $K_{II} = \frac{K_{M1}K_{II}}{T_M^2 \cdot T_{II}}$ ;  $b = \frac{1}{\tau_{M1}}$ . (6)

Expression (5) shows itself combination of the associative groups of complex plane, resulted to tabular.

For finding of transmission function of the linearized nonlinear system of authentication on a  $\mu$ -th parameter ( $\mu = 1$ ) it is necessary to decide the integral of copula inplane complex, the decision of which allows to replace the nonlinear system of authentication n-th that cycle on an interval  $nT_1 \leq t \leq (n + 1)T_1$  by the equivalent linear system.

After the proper simple transformation we will get:

$$\varphi(p) = \frac{\frac{K_{M1}K_{O1}K_u}{\tau_{M1}^2\tau_{O1}T_u}(p + \frac{1}{\tau_{O1}})}{p \left[ p + \left( \frac{1}{\tau_{M1}} - \frac{1}{\tau_{O1}} \right) \right]^2} - \frac{\frac{K_{M1}^2K_u}{\tau_{M1}^3T_u}(p + \frac{1}{\tau_{M1}})}{p(p + \frac{2}{\tau_{M1}})^2} \quad (7)$$

or

$$\begin{aligned} \varphi(p) &= \frac{K_u}{T_u p} \cdot \frac{T_1}{\tau_{M1}^2} \cdot \frac{K_{M1}K_{O1}}{\tau_{O1}^2} \cdot \frac{(\tau_{O1}p + 1)}{(\tau_{M1}p + 1)^2} - \frac{K_{M1}^2}{2\tau_{M1}^2} \cdot \frac{(\tau_{M1}p + 1)}{(\frac{\tau_{M1}}{2}p + 1)} = \\ &= \left[ \frac{K(\tau_{O1}p + 1)}{(T_1p + 1)^2} - \frac{K'(\tau_{M1}p + 1)}{(\frac{\tau_{M1}}{2}p + 1)} \right] \frac{K_u}{T_u p}, \quad (8) \end{aligned}$$

where  $K = \frac{K_{M1}K_{O1}}{(\tau_{O1} - \tau_{M1})^2}$   $K' = \frac{K_{M1}^2}{4\tau_{M1}^2}$   $T_1 = \frac{\tau_{M1}^2}{\tau_{O1} - \tau_{M1}}$ .

The got expression (7) describes the transmission function of the broken a secret linear system that is the equivalent of the nonlinear system of authentication of the guided object on a  $\mu$ -th  $\mu = (m + 1)$  parameter on an interval  $nT_1 \leq t \leq (n + 1)T_1$  for the  $\mu$ -th cycle of authentication.

The functional diagrams of the got equivalent linear systems of authentication do not contain in the structure of devices of multiplying, that allows to apply to these equivalent charts of authentication the known

vehicle of research of the linear systems. As the managing co-ordinates  $U\mu$  ( ) of the system of authentication are the discrete functions of time of the reserved managing contours of selftuning, the broken a secret functional diagrams must be locked through a discrete element with a transmission function

$$W(p) = \frac{1 - e^{-Tp}}{p} \quad (9)$$

necessary for the discrete (iterative) control by the parameters of model and identifier, where is period of discreteness.

Introduction of discrete element to the purpose of selftuning guided to the contour results in the closed discrete unstationary linear systems of authentication with self-reactance reverse by connection, research of which must be conducted in the class of the unstationary linear systems:

$$r_{O\mu} = \begin{cases} K_{O1}, (\mu = 1) , \\ \tau_{O1}, (\mu = m + 1) . \end{cases}$$

The found linear equivalents of the systems of self-reactance authentication allow to apply the known classic methods of analysis of firmness of the linear systems for estimation of supplies of the proof functioning of the nonlinear systems of self-reactance authentication of unstationary objects of control.

## DISTRIBUTED SYSTEM FOR REAL-ESTATE AGENCY

*Jacek PIETRASZEK*

*Cracow University of Technology, Institute of Computing Science, pmpietra@mech.pk.edu.pl*

*Piotr BIAŁECKI*

*The University of Nottingham, eeyaprb@nottingham.ac.uk*

### 1. Introduction

Real-estate agency AD Draęowski, the authors co-operated with, was established in Warsaw in 1991. Its information system started from typical DOS-based single user program with local database and through the years was developed into multi-user network system but continuously based on DOS-station and xBase format file database.

In the recent years agency expanded into branch offices located in cities other than Warsaw. It appeared necessary to re-design existing system. Unfortunately, feasibility study appears that way unprofitable. The main reasons were a monolith structure, non-existing documentation and obsolete xBase format file database system.

The holders of agency made decision to build a new system (called CRET 7.0) with some basic assumptions:

- system must be dedicated as GUI programs for multi-users working in distributed network environment,
- a new user interface should be mimic of the older as near as possible,
- all branch offices must have their local servers synchronized with the main server, enabling some days off-line local work (network failure protection),
- all design and implementation documentation must be provided in well-known standards [1],
- system platform, developer environment and programming language must be widely accessible with stable nearest future; it means all exotic solutions are excluded.

## **2. Proposed Solution**

### **2.1. System Platform**

Authors found two alternatives system platforms as suitable for user station: Microsoft Windows XP and Linux RedHat with GNOME xWindow manager. The first one required more capital expenditures on startup (system and typical office tools), the second one – on start-up and during working period (new and unknown tools, users course's cost, administrator's cost). The investors finally chose Microsoft Windows XP as as system with lower total cost of ownership (TCO).

### **2.2. Distributed Communication Technology**

Authors found two alternatives distributed communication technologies as suitable for designed system: Enterprise Java Beans (EJB) and COM+ with .NET Enterprise Services Library [2]. After deeper analysis it was found COM+ technology is better fitted into planned architecture: intensive communication in branch office local network and periodic synchronization between branches and main headquarter. As a useful auxiliary tool authors found a special library included in .NET Framework: COM+ Enterprise Services. This library masquerades all hard for programming COM+ services as convenient classes and back-end library transparent infrastructure (transactions, synchronization, server object activation on demand etc.).

### **2.3. Database Server**

Authors considered three alternatives database servers as suitable for designed system: IBM DB2, Microsoft SQL Server 2005 and Sybase ASE. After deeper analysis and in reference to planned in further future advisory expert system, they decided to chose Microsoft SQL Server 2005. The mentioned system are almost equal in their capabilities all but built-in

aiding for artificial neural network analysis and data mining founded only in Microsoft SQL Server 2005.

#### 2.4. Developer Tools and Programming Language

In the context of decisions described above, the Microsoft Visual Studio 2005 was obvious as a programming tool. Choosing of a programming language was not so clear. C++ in its .NET Framework dialect Managed C++ is still very popular and strong tool. On the other side, C# is natively designed for .NET Framework programming. After programmers' market reconnaissance and programmers' availability analysis, C# was chosen as a base language for planned system programming.

#### 2.5. System Architecture

Authors proposed system architecture as a set of typical design patterns [3,4]. Proposal (Fig.1.) is a variant of client-server system with very thin client containing almost only interface and set of COM+ components inside application server environment.

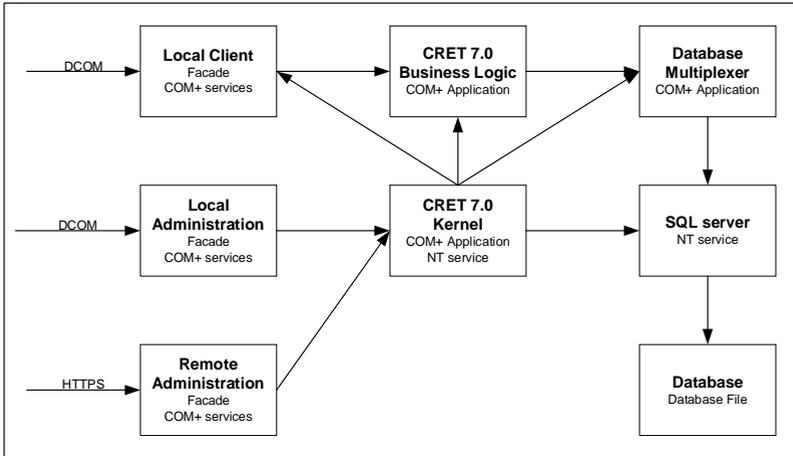


Fig. 1. System architecture

Part *Local Client* is a serviced COM+ application. It is facade exposing access interface for client. Its masquerades implementation details and protect internals of server before unauthorised accesses. Part *Local Administration* is a serviced COM+ application. It is facade exposing administration interface of system kernel. Part *Remote Administration* is a serviced COM+ application accessed by HTTPS protocol. It is facade exposing administration interface of system kernel for remote long distance administrator. Part *Business Logic* is a serviced COM+ application containing components with all high level semantics services specific for system CRET 7.0. Part *Kernel* is a serviced COM+ application and NT

service also for booting during operating system start-up. It contains all components and services required for configuration, backup and update of CRET 7.0 parts. *Kernel* plays also a role of watch-dog and restarts other parts after failure. Part *Database Multiplexer* is a serviced COM+ application serialising database accesses from clients. It is only direct client of database server. Concept of a database multiplexer enables to execute system with a number of user larger than database client access licenses what are very expensive. It does not impose license agreements. It is possible in systems with client access simultaneous factor less than 100%, of course.

### 3. Summary

System is implemented since January 2007 by software company QNC located in Cracow. Its planned release time is November 2007. First, it will be deployed in agency headquarter in Warsaw and intensively tested in parallel job with the older system. After testing and eventually debugging it will be deployed in branch offices in the first quarter of 2008.

### References

- [1] *Fowler M., UML Distilled: applying the standard object modelling language. Addison-Wesley, Boston 1997.*
- [2] *Nagel Ch., Enterprise Services with .NET Framework: developing distributed business solutions with .NET Enterprise Services, Addison-Wesley, Boston 2005.*
- [3] *Gamma E. et al., Design Patterns: elements of reusable object-oriented software, Addison-Wesley, Boston 1995.*
- [4] *Vlissides J., Pattern Hatching: design pattern applied, Addison-Wesley, Boston 1998.*

## A STRAIGHTFORWARD STRUCTURE OF SHAPE FUNCTIONS FOR VARIABLE P-ORDER MESHES

*Marta ŻAKOWSKA*

*Cracow University of Technology, Institute of Computing Science, martezz@op.pl*

*Jacek PIETRASZEK*

*Cracow University of Technology, Institute of Computing Science, pmpietra@mech.pk.edu.pl*

### 1. Introduction

Competition and costs of creating new product force design engineers to analyze projects on designing stage instead of traditional prototyping and testing approach. Abilities of analysis by design engineers during the product development process strongly depend on the choice of tools that offer easy integration with CAD. One of this kind of tools is finite element method. The origins of the finite element method reach back to the 1950s

and 1960s, when it became very popular in engineering use. Fast development FEM we can see in next years together with computer's industry development. The accuracy and efficiency of analysis carried on using the FEM method mainly depends on quality of discrete model. We can distinguish two main methods to create discrete models in practice:  $p$ - and  $h$ - method. Discrete models using  $h$ -elements approximate continuous field by function in the linear form (or second order polynomials) inside element. However in case of models using  $p$ -elements, continuous field is approximated by higher order polynomials. Additionally process of adaptation discrete's model built using  $p$ -elements might be easily automated.  $P$ -methods have been worked out recently. However, only since the mid-1980's XX century these methods were used in commercial systems.

In this article there are presented examples of creating discrete models using  $h$ - and  $p$ - elements. There are illustrated differences between discrete models created using  $h$ - and  $p$ - elements. Additionally the paper presents examples of discrete models made using  $p$ -elements, which were exposed to the process of mesh adaptation. An example using in this article is presented, thanks to the Pro/MECHANICA – Pro/ENGINEER Wildfire 3.0.

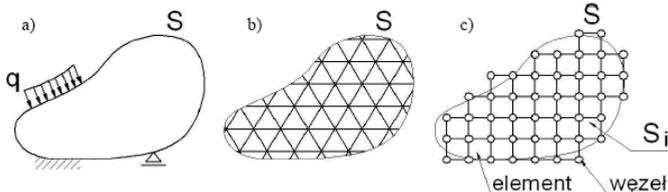
## 2. Idea of FEM

The finite element method is one of discretization method of geometrical continuous arrangements, i.e. division of continuum into a finite number of subdomain. The idea of FEM method founds modelling the multiple constructions through their representation with use of the component elements with geometrically simple shape. Main assumption of finite element method is that a continuous physical domain is divided (fig. 1) into a finite number of elements, which are joined in nodes. Result of this is creating discrete model. It can be simple written as:

$$S = \sum_1^n S_i, \quad n \rightarrow +\infty \quad (1)$$

where:

- $S$  – field of model which is meshing
- $S_i$  – field of element in discrete



**Fig. 1. Meshing of continuous model - transformation in set (mesh) the finite elements:**  
**a) geometrical continuous model, b) discrete ideal model, c) discrete analytical model**

### 3. Meshing using $h$ -metod

There are two main ways to create discrete models in FEM method: using  $h$ -elements or  $p$ -elements. In both  $h$ - and  $p$ -methods geometrical object, which we analyze, is divided into finite number of fragments called elements. In solids mechanics, continuous displacement field is approximated in the simplest case by the functions in linear form ( $h$ -elements) and displacements in the nodes of elements. The element displacement fields,  $\{u\}$ , can be written as:

$$\{u\} = \sum_{i=1}^n N_i d_i = [N_i] \{d_i\} \quad (2)$$

where:

- $N_i$  – shape functions with order 1
- $d_i$  – vector of unknown nodal displacements
- $i$  – number of corner nodes

Using principle of virtual works, the approximate displacement fields and the material behavior relations, the finite element equation can be written as:

$$[k_{ii}] \{d_i\} = \{f_i\} \quad (3)$$

where:

- $k_{ii}$  – stiffness matrix
- $f_i$  – load vector

Continuous displacement field described by approximation functions cause discretization error in the finite element solution. This error can be reduced by mesh adaptation which can be done by decreasing the sizes of the elements and the same on increasing their number.

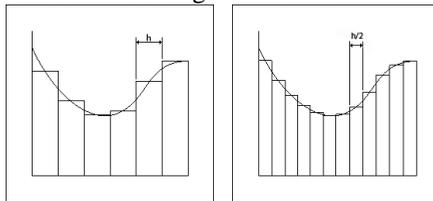


Fig. 2. Adaptation using  $h$ -elements: decreasing the sizes of the elements

### 4. Meshing using $p$ -method

Meshing using  $p$ -method means to use elements with shape functions in polynomial form and increase order of this polynomial during calculation. There are a few solutions of adaptation using  $p$ -elements. One of them can be done by adding higher order shape functions into the existing shape functions present in the element. The element displacement fields in this case can be written as:

$$\{u\} = \sum_{i=1}^n N_i d_i + \sum_{j=1}^s N_{h,j} d_{h,j} = [N_i] \{d_i\} + [N_h] \{d_h\} \quad (4)$$

where:

- $N_h$  – newly introduced shape functions
- $d_h$  – the vector of  $p$  displacements
- $s$  – the number of shape functions

In case of elements with shape function in second order polynomial, stresses in element described by linear dependence (fig. 3a) and adaptation using  $p$ -elements can be done by increasing order of polynomial without decreasing the sizes of elements.

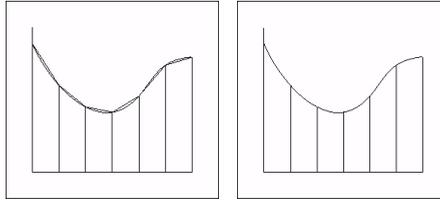


Fig. 3. Adaptation using  $p$ -elements: increasing order of polynomial shape function

### 5. Discretization of geometrical models

The accuracy of analyse results depends on elements shape of mesh.  $H$ -method of FEA uses elements with displacement field described by first or second order polynomials. This limits shapes of element to simple geometric primitives (figure 2). Because of that to minimize discretization error and to get satisfactory results usually it is created mesh with large number of small elements. Geometry must be extensively defeatured, removes geometry details, which are deemed unimportant for analysis, idealized and cleanedup before it can be meshed.



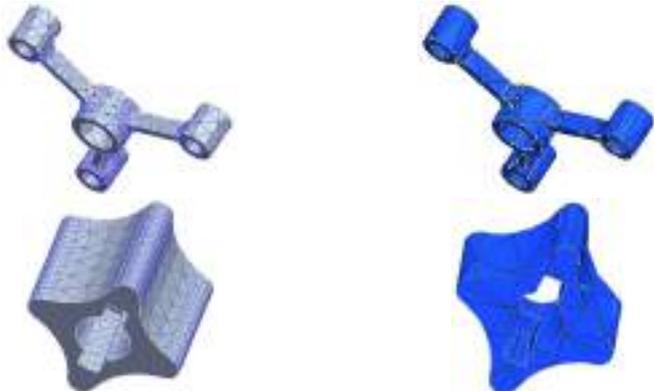
Fig. 4. Three-dimensional  $h$ -elements



Fig. 5. Three-dimensional  $p$ -elements

$P$ -method of FEA uses elements of more complex shapes (figure 5) with displacement field described by higher order polynomials (up to 9th order). This allows for larger elements that map precisely to geometry and correctly represent thin solid features. There is an advantage of automatic creating

elements of acceptable shapes of model in meshing process. Adaptation process of discrete model using  $p$ -elements with little interference of user is more effective. There are presented examples of creating discrete models using  $h$ - and  $p$ - elements.



**Fig. 6. Comparison of discrete models made using h- and p- method**



**Fig. 7. Mesh adaptation of models using p-elements**

Mesh adaptation of model using  $p$ -elements might be carried out automatically in selected elements of model. In fig. 7 there are presented discrete models with  $p$ -elements with various order polynomials created as a result of mesh adaptation in Pro/Mechanica programme.

## 6. Conclusions

The aim of this paper was to compare discretization methods of geometrical models used in FEM systems. There were presented two basic methods of creating discrete models using  $h$ - and  $p$ -elements. There are also illustrated differences in models using both kinds of elements and there were also presented examples of adaptation process of discrete models using  $p$ -elements, made in Pro/Mechanica programme.

## References

- [1] Strang G., Fix G.J., *An Analysis of the Finite Element Method*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1973.

- [2] Cichoń Cz., Cecot W., Krok J., Pluciński P., *Metody komputerowe w liniowej mechanice konstrukcji*, Krakow, 2003
- [3] Zitka M., *hp-FEM for large-scale singular 3D problems*, Texas, May 2006
- [4] Kurowski P.M., *Analysis Tools for Design Engineers*, Society of Automotive Engineers, 2001
- [5] Ribeiro Filho M., Pinho J. T., Silva J. P., Nobrega K. Z., Hernandez-Figueroa H.E., *A FEM Mesh Generator for Large Size Aspect Ratio Problems with Applications in Optoelectronics*, IEEE, 2003
- [6] Yosibash Z., Hartmann S., Heisserer U., Duster A., Rank E., Szanto M., *Axisymmetric pressure boundary loading for finite deformation analysis using p-FEM*, Science Direct, September 2006
- [7] Promwungkwa A., *Data Structure and Error Estimation for an Adaptive p-Version Finite Element Method in 2-D and 3-D Solids*, Virginia, April 1998
- [8] Budzyński A., *Krótki wstęp do zastosowania Metody Elementów Skończonych (MES) do numerycznych obliczeń inżynierskich*, biuletyn "GM View" 5/2006

### Abstract

*Accuracy and efficiency of analysis carried on thanks to the FEM method mainly depends on quality of discrete model. That is why there are many tools using in practice to create discrete models. The most often are used tools using models of h- and p-elements. The characteristic feature of discrete models using h-elements is approximation continuous field by linear functions, or second order polynomials. In case of discrete models using p-elements approximation is carried out using higher order polynomials what allows to automatic and good mesh adaptation on these models.*

*In this article there were presented examples of creating discrete models using h- and p-elements and illustrated differences between discrete models created using both kinds of methods. Additionally there were presented mesh adaptation process on discrete models made by p-elements.*

**Keywords:** *p- and h-version of the finite element method mesh generation, p-method of finite element analysis*

## ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У МІЖНАРОДНОМУ ТУРИЗМІ

*Кравчук О.А., E-mail: kravchukoa@mail.ru*

*Синюк О.М., Хмельницький національний університет, Хмельницький, Україна)  
E-mail: solegn@mail.ru*

Багато готелів, авіакомпанії і фірми по прокату автомобілів сьогодні надають можливість бронювання своїх послуг через всесвітню комп'ютерну мережу Internet. Це дозволяє потенційним клієнтам з різних країн світу використовувати свої персональні

комп'ютери для замовлень квитків на літаки, резервування місць у готелях і вибору автомобілів для оренди [1, 2].

Цей спосіб бронювання доступний самому широкому колу клієнтів - діловим туристам, що відпочивають, офісам корпорацій, іноземним гостям - усім, хто має можливість виходу в Інтернет.

Оскільки цей спосіб резервування стає все більше і більше популярним, компанії роблять свої Web-сайти все більше і більше дружніми, з інтуїтивним-зрозумілим для користувача інтерфейсом. При резервуванні номерів у готелях відвідувачеві сайту - потенційному клієнтові надається загальна інформація про готель, фотографію номерів різних категорій, опис додаткових послуг (харчування, конференц-зал, сауна, спортивно-оздоровчий комплекс), а також список розташованих у безпосередній близькості від готелю місць культури і відпочинку. Для бронювання номера потрібно ввести необхідні дані (прізвище, дата приїзду і від'їзду, число та тип номерів, контактну адресу і телефон) і відправити заявку, яка потім буде оброблена, введена в комп'ютер готелю, а клієнтові буде вислане підтвердження його бронювання. Зазвичай це робиться по електронній пошті, але за бажанням клієнта багато готелів можуть надіслати підтвердження по факсу або поштою.

При бронюванні через Інтернет готель вимагає гарантії резервування. Такою гарантією може стати номер корпоративної картки або клубної картки, назва спеціальної програми обслуговування. Ці ж дані можуть вплинути на вартість проживання, тому що по корпоративних і клубних картках їхнім власникам може бути надана знижка. Іншою формою гарантування резервування номера є номер кредитної картки, прізвище власника і дата закінчення використання. Всі ці дані можуть бути передані через мережу Інтернет у захищеному режимі, оскільки фінансова інформація є секретною. Сучасні програми і протоколи зв'язку постійно вдосконалюють методи захисту переданої по мережі інформації.

До числа додаткових можливостей резервування через Інтернет належать: можливість перегляду плану номера і плану готелю; можливість замовити додаткові послуги; можливість ознайомитися із планом міста і способами як добратися готелю з аеропорту або центра міста (метро, автобус, таксі) Як правило, при резервуванні через Інтернет клієнтові також повідомляється, яким способом може бути скасоване замовлення, а також фінансові наслідки скасування замовлення після встановленої дати.

Мережа Internet та її послуги розвиваються стрімко в усьому світі. Уже сьогодні турагентства можуть працювати в Інтернеті по

конфіденційних тарифах і використовувати для оплати, крім кредитних карт, банківські переведення. У кожному разі, уже сьогодні TravelWeb і подібні розділи – це прекрасні інформаційні довідники адрес агентств, туроператорів, розкладів авіарейсів, готелів, визначних пам'яток і багатьох відомостей, настільки необхідних у роботі туристських компаній.

За останні пару років бронювання і резервування туристських послуг через Інтернет стало невід'ємною частиною технології просування і реалізації туристського продукту та реальною конкуренцією для туристських організацій [1].

У цей час, поряд із системою, що розвивається, резервування послуг перевізників, в Україні одержує поширення система бронювання місць розміщення в готелях, мотелях, кемпінгах, турбазах тощо через Інтернет. Можна із упевненістю припустити, що саме ті фірми, які вже зараз почали рух у цьому напрямку, і будуть визначати стратегію розвитку українського туристичного бізнесу в Інтернеті на найближчі кілька років.

При всьому різноманітті форм представлення готелів в Інтернеті схема замовлення номера залишається більш-менш загальною: пошук потрібного готелю за рядом критеріїв (наприклад, ціна і відстань до аеропорту); докладне вивчення правил роботи з обраним готелем (комісійні агентам, строки відмови від броні тощо); заповнення форми бронювання (терміни проживання, імена клієнтів і т.д.) і одержання або підтвердження про прийом бронювання до обробки, або підтвердження самого бронювання.

Принципово розрізняються бронювання, зроблені на трьох типах серверів: на сервері готелю або готельного ланцюга, на сервері туроператора і на сервері центрального офісу системи резервування.

Більшість серверів готелів або готельних ланцюгів орієнтовано на прийняття бронювання від приватних осіб, а не від турагентів і туроператорів, які вже мають налагоджену технологію взаємодії з готелем.

Пропоновані на цих серверах ціни трохи нижче базового тарифу і не включають агентську комісію. Робота турагента з подібними серверами серйозно утруднюється двома обставинами: дуже мало українських готелів мають подібне представлення; для порівняння умов проживання в різних готелях турагенту доведеться працювати одночасно з декількома серверами.

Серед українських готелів подібний спосіб рекламування себе характерний лише для великих готелів або готелів, що належать великим готельним ланцюгам.

На серверах офісів центрів резервування представлено значно більше готелів. Залежно від маркетингової політики центра резервування він може поєднувати як готелі окремого регіону, так і готелі всього світу. Крім того, готель часто працює з декількома центрами резервування, що дозволяє розширити коло потенційних клієнтів.

Політика виплати агентських комісійних визначається кожним готелем, завантаженим в центрі резервування, індивідуально.

Спектр представлених цін надзвичайно широкий - від Rack Rate до знижок у розмірі 35%. Однак ціни на той самий готель можуть істотно розрізнятися на серверах різних центрів резервування.

Представлені на сервері туроператора готелі, як правило, відносяться до тих міст і регіонів, з якими туроператор має стійкі зв'язки, що дозволяють йому гарантувати розміщення клієнта. За іншими напрямками туроператор може лише прийняти від турагента або приватної особи замовлення із зобов'язанням дати відповідь протягом декількох днів, а це вже технологія роботи туроператора з індивідуальними турами [2].

Сервер туроператора зазвичай орієнтований або на турагентів, або на приватних осіб.

Сервер для роботи агентів являє собою спробу вивести традиційну технологію телефонного і факсового обміну на якісно новий рівень – електронні комунікації через Інтернет. Для подібних серверів характерними є виплата комісійних турагентам, пародійований доступ та інші атрибути, що підкреслюють строго професійну спрямованість сервера.

Сервер, що орієнтований на приватних осіб, як правило, буде містити найбільш прийнятні ціни серед всіх описаних вище серверів. Це є наслідком того, що робота туроператора, що традиційно будується на одержанні конфіденційних цін від готелів з наступним перепродажем уже за більш високими цінами турагентам, змінюється при продажі номерного фонду приватним особам - націнка на конфіденційну ціну готелю визначається лише нормою прибутку, що закладена туроператором.

Все різноманіття технологій бронювання можна звести до двох принципово різних технологій: on-line і off-line.

Варто підкреслити принципову важливість технологій on-line саме для турагента. Для нього це можливість одержати підтвердження замовлення негайно, поки клієнт перебуває в нього в офісі. Для приватної особи бронювання on-line також більш зручно, однак визначальним фактором тут, як правило, є ціна, а лише потім час

підтвердження. До того ж при роботі в режимі on-line із приватними особами проблеми фінансових гарантій і платежів стають набагато більш гострими.

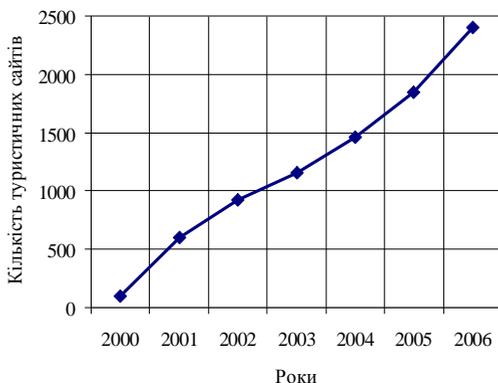
На великий жаль, повністю технологія бронювання on-line у даний момент не реалізована на жодному з українських серверів. Ближче за всіх до завершення робіт перебуває е “Академсервіс”. На його сервері вже реалізований пошук готелів по довільному набору критеріїв, перегляд докладної інформації про готелі, заповнення форми бронювання. Не реалізоване лише електронне забезпечення фінансових гарантій бронювання з боку клієнта (агента).

Хоча наведена вище класифікація серверів більш характерна для західного турбізнеса, подібний розподіл “сфер впливу” уже починає формуватися в Україні. Сьогодні кілька десятків готелів, розташованих головним чином у Києві, Одесі та Криму, представлені в Інтернеті на серверах всіляких типів. Слід зазначити також той факт, що за останній рік подання готелів перестало бути орієнтоване «строго на Захід». В Інтернеті з'явилися непогані описи і навіть спеціальні тарифи, орієнтовані на українських громадян.

Уже більш 5 років на українському ринку існує безліч туристичних порталів. Один з найбільш відомих інформаційних серверів travel.ua, що з'явився в мережі у 1999 році. Він містить інформацію, необхідну мандрівникові: опис країн, пошук турів, бронювання готелів, квитків. У розділі “Агентствам” компанії можуть безкоштовно розмістити коротку інформацію про себе. Один із самих цікавих розділів сайту - «листи читачів», де нерідко, можна знайти дуже корисну інформацію.

За розміщення турів агентства платять так названу «оренду». Вона залежить від кількості турів, розташованих на сайті. Діє гнучка система знижок. Якщо агентство оплачує розміщення своїх турів на весь рік уперед – ціни знижуються до 50% [1, 2].

У країнах Західної Європи і США туристичні послуги посідають перше місце за обсягом продажів в Інтернеті. Бурхливий розвиток Інтернет-діяльності українських туркомпаній припало на 2000-2001 р. В 2000 році налічувалося близько 100 туристичних сайтів, до кінця 2001 року їхнє число перевищило 600, а сьогодні досягає майже 2500 (рис. 1).



**Рисунок 1 - Кількість українських туристичних сайтів за роками**

Сьогодні, фактично, кожна активно працююча турфірма в тому або іншому ступені представлена в Інтернеті.

За рівнем представлення в Інтернеті онлайнві туристичні ресурси можна підрозділити в такий спосіб:

1) Туристичні портали.

Туристичні портали можна розглядати в якості онлайнвих рекламних площадок, що покликані сприяти продажам послуг рекламодавців – туроператорів і турагентств. Джерелом доходів порталів можуть бути як банерна реклама і платне розміщення інформації про турфірми і їхні пропозиції, так і комісійні, отримані від турфірми за факт замовлення із сервера. Так, наприклад, на багатьох турсайтах реалізована наступна схема: турфірми оплачують кожную заявку, що надійшла із сервера, або кожне виконане замовлення. Комісійні з кожної заявки складають 3-5 дол. Ця діяльність заснована на взаємній довірі [3, 4].

Виправдуючи універсальність самої назви "портал", подібні ресурси надають користувачам досить багато інформації туристичної тематики: країнознавчу інформацію, зведення погоди, розклад авіарейсів та поїздів, інформацію про візи, паспорти, посилання на інші туристичні ресурси, корисні поради і т.д. Таким чином, будучи посередниками, портали надають турфірмам можливість заявити про себе і свої тури, а кінцевому користувачеві довідатися про турфірми і пропоновані послуги, не затрачаючи на пошуки потрібного тура або потрібної інформації в Інтернеті великої кількості часу. Ця багатогранність і визначила найбільшу популярність саме туристичних порталів серед інших туристичних ресурсів. Такий "універсальний" проект працює ефективніше, ніж окремо взятий Web- сайт турфірми.

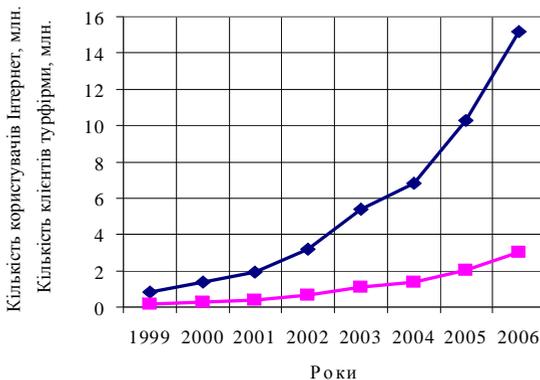
2) Існують Сайти гарячих путівок.

У цій групі найбільш удалим мережним проектом онлайнвої турфірми є ресурс Магазин гарячих путівок. На сайтах гарячих путівок тур можна вибрати двома способами: або самостійно здійснити пошук, або заповнити форму запиту, що згодом відправляється в туркомпанії, що співробітничать із даним сервером. У другому випадку користувач одержує по електронній пошті вже від самих турфірм лист із інформацією про наявність того або іншого тура [5, 6].

3) Web-сайти туркомпаній: від невеликих турфірм до великих туроператорів [7].

На таких Web-сайтах, як правило, розміщається інформація про фірму та послуги, які вона надає. Лише деякі із цієї групи активно використовують Інтернет як засіб для бронювання і продажу турів, обмежуючись тільки представленням загальної інформації про компанії.

У цілому, покупцем туристичного продукту може стати будь-який користувач Інтернет. Навіть сайти, що претендують не більше чим на роль ознайомлювального буклету, "приводять" в офіс компанії-власника сайту більше 20% клієнтів [8]. І ця цифра буде збільшуватися в міру зростання кількості користувачів (рис. 2).



**Рисунок 2 - Кількість користувачів мережі Інтернет та клієнтів турфірм в Україні, млн.**

Як видно з рис. 2 кількість клієнтів туристичних фірм залежать від кількості користувачів мережі Інтернет. Отже, вкладаючи кошти в покупку комп'ютерів і підключення до мережі Інтернет туристичні фірми збільшують свій прибуток. Як рекомендацію можна зазначити таку: туристичним фірмам слід хоча б частково фінансувати створення комп'ютерних центрів, в яких передбачається робота з Інтернетом [9].

### **Джерела інформації**

1. Родигин Л.А., «Информационные технологии в гостиничном и туристическом менеджменте». Учебное пособие. М., Российская международная академия туризма, 1997.
2. Внедрение компьютерных технологий в гостиничный бизнес / <http://kropka.ru/refs/66/14738/1.html>.
3. Гуляев В.Г. Новые информационные технологии в туризме. Учеб. Пособие М.: ПРИОР, 2003 г.
4. Исмаев Д.К. Основы стратегии планирования и маркетинга в иностранном туризме. М.: ТОО «Луч», 2003.
5. Сенин В.С. Организация международной туристской и гостиничной деятельности. М.: Финансы и Статистика, 1998.
6. Плотникова Н.И. Комплексная автоматизация туристского бизнеса. – М.: «Советский спорт», 2001.
7. Бальба Н.Г. Современные тенденции информационных технологий гостиничного управления / Журнал «5 звезд. Отели. Рестораны. Туризм». – № 3, 1998.
8. Держкомстат України // <http://www.ukrstat.gov.ua> – 23.04.2006.
9. Рынок электронной торговли Украины / <http://www.ua-tenders.com/reviews.php?level=2&target=111>.

## **МЕТОДЫ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ МАШИН, МЕХАНИЗМОВ И ПРИБОРОВ. НОВЫЕ ПОДХОДЫ И СТАРЫЕ ЗАБЛУЖДЕНИЯ**

*Закржевский М.В.,*

*Рижский технический университет, институт механики*

*Латвия, Рига LV-1658, ул. Калькю, д.1, тел. +371 67466328, E-mail: [mzakr@latmet.lv](mailto:mzakr@latmet.lv)*

### **1 ВВЕДЕНИЕ. ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ**

В работе анализируются недостатки традиционных приближенных методов нелинейной динамики и их альтернатива – метод полных бифуркационных групп (МБГ). Этот новый подход, в основе которого лежит метод точечных отображений, является развитием идей А. Пуанкаре, А.А. Андронова и ряда других ученых.

Проектирование машин, механизмов и приборов требует глубоких современных знаний в области нелинейной динамики и нелинейной теории колебаний. В настоящее время разработано много типовых нелинейных динамических моделей, которые широко используются для анализа и синтеза различных технических систем и технологических процессов. Используемые модели, как правило, существенно или сильно нелинейные. Они применяются, например,

для расчета вибраций транспортных средств (авиационных, автомобильных, железнодорожных и др.), виброзащитных устройств, колебаний системы твердых тел, различных механизмов и приборов с ударными взаимодействиями, зубчатых передач, электромеханических и электронных приборов и многих других систем [3,18]. Однако в настоящее время сложилась парадоксальная ситуация: многие важные режимы остаются незамеченными при моделировании традиционными аналитическими или численными методами, несмотря на современные возможности применения высокоскоростных компьютеров. Этот вывод справедлив даже для простейших нелинейных моделей, какими являются, например, уравнение Дуффинга, обобщенное уравнение Ван-дер-Поля с внешним возбуждением, билинейные и трилинейные кусочно-линейные модели, система с односторонним или двусторонним ударными взаимодействиями и др. [4,5,9,10,17,24].

В настоящей работе, основные положения которой предлагаются для дискуссии, рассматриваются причины несовершенства традиционных методов нелинейной динамики и приводятся примеры типовых ошибок и заблуждений при решении задач этими методами (разделы 2 и 3) и излагаются основы нового альтернативного подхода, который получил название «метод (полных) бифуркационных групп (МБГ)» (раздел 4). Раздел 5 содержит заключительные замечания по рассматриваемым проблемам.

Метода бифуркационных групп (МБГ) разработан автором при участии его коллег - учеников: В.В. Кугелевича, Ю.М. Иванова, В.Э. Малгина, В.Ю. Фролова, И.Т. Шукина, Р.С. Смирновой и др. [12,25-33]. Основные результаты по решению типовых задач нелинейной динамики с его использованием получены недавно (1996-2007).

## **2 ТРАДИЦИОННЫЕ АНАЛИТИЧЕСКИЕ ПРИБЛИЖЕННЫЕ МЕТОДЫ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ И ИХ НЕДОСТАТКИ**

В настоящее время основными аналитическими методами нелинейной динамики являются: метод медленно меняющихся амплитуд, методы эквивалентной линеаризации, асимптотические методы, методы осреднения, метод малого параметра, метод переменных масштабов, метод гармонического баланса, метод прямого разделения движения [20-23] и некоторые другие. При использовании этих приближенных аналитических методов полагается, что вид порождающего решения известен и, как правило, он является гармоническим. После нахождения параметров искомого решения, это решение может быть уточнено, вводя еще одну-две гармоники. Дополнительные уточнения обычно достаточно трудоемки и не приводит к новым качественным результатам. Таким образом эти

методы позволяют найти лишь такие решения, которые имеют достаточно простой вид и которые близки к *a priori* принятому порождающему решению. В случае, если порождающее решение выбрано неудачно, все равно «математическая мясорубка» метода находит какие-то результаты, которые являются качественно неверными. К сожалению, такие неправильные результаты надежно прописаны в учебниках и справочниках и нередко появляются в новых изданиях. Это в полной мере относится и к проблеме оценки устойчивости периодических решений. Поэтому полученные приближенными аналитическими методами решения в виде достаточно простых зависимостей и оценка их устойчивости часто создают только иллюзию красивого правильного решения, а в действительности являются неверными.

### **3 ПРИМЕРЫ ОШИБОК И СТАРЫХ ЗАБЛУЖДЕНИЙ ПРИБЛИЖЕННОЙ ТЕОРИИ НЕЛИНЕЙНЫХ КОЛЕБАНИЙ**

В качестве первого примера многолетнего, но все еще живого заблуждения рассмотрим модель нелинейного *симметричного* осциллятора с кубической нелинейностью, описывающего вынужденные колебания при гармоническом возбуждении, например уравнение Дуффинга. Используя приближенные методы нетрудно показать, что в такой симметричной системе существуют нечетные субгармонические режимы с периодом  $3T$ ,  $5T$ ,  $7T$ , ... , но невозможны четные (несимметричные) субгармонические режимы с периодом  $2T$ ,  $4T$ ,  $6T$ , ... . В действительности давно известно [5,9,13,24], что устойчивые *несимметричные* режимы в таких системах также существуют, но для их отыскания приближенными аналитическими методами нужно правильно отгадать более сложное порождающее решение. Итак, если форма решения угадана правильно и не будет существенно изменяться при изменении параметров системы, то эти методы могут дать правильные результаты. Более того давно известно, что в даже в простых нелинейных системах с линейной диссипацией и гармоническом возбуждении, возможны очень сложные регулярные симметричные, несимметричные и хаотические устойчивые режимы. Эти сложные режимы, как правило, не могут быть найдены на основе указанных методов.

Следующий пример, свидетельствующий о несовершенствах приближенных аналитических методов, относится к задаче исследования колебаний в нелинейной системе с «сингулярностью»: например, в системе с релейной характеристикой, с натягами, или другими нелинейностями, которые не являются малыми при малых значениях фазовых координат. В этих случаях удачный выбор

порождающего решения вообще является проблематичным, а глобальный анализ вынужденных колебаний даже в системе с одной степенью свободы (при изменении одного или нескольких параметров и состояния системы) – становится неосуществимым [13-16].

Рассмотрим теперь случай, когда нелинейная характеристика упругой силы описывается степенной функцией с целыми или дробными показателями. До сих пор в учебниках по нелинейным колебаниям можно найти рекомендации, что выбор вида решения непосредственно определяется тем или иным степенным целым показателем в описании нелинейной силы. Эти неправильные рекомендации приводят к качественно неверным результатам. Системы с нелинейными силами с нецелыми степенями приближенными аналитическими методами не рассматриваются.

Одно из существенных заблуждений связано с заменой нелинейной диссипации эквивалентной линейной на основе приближенных методов. Такая замена также может приводить к качественно неверным результатам и поэтому необосновано упрощает исходную систему. Например, в полностью диссипативной колебательной системе с линейной упругой силой при гармоническом возбуждении в случае нелинейной *немонотонной* диссипативной характеристики имеют место сложные каскады различных субгармонических режимов, хаотические и почти-периодические аттракторы [12]. Приближенные методы осреднения или методы линеаризации нелинейной диссипации, не позволяют провести правильный качественный анализ в таких системах.

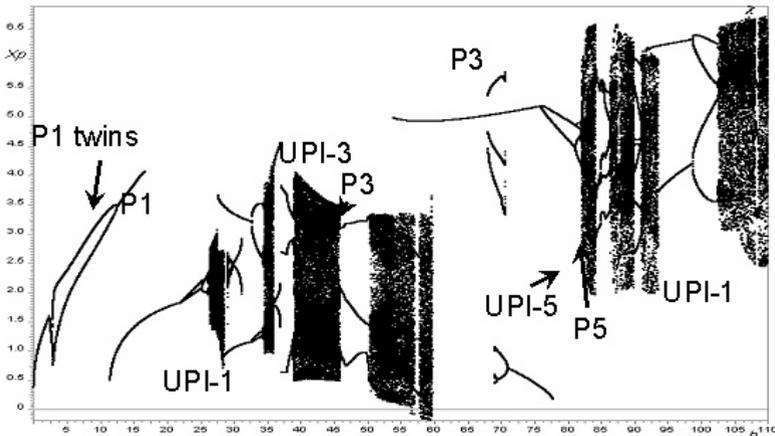


Рис. 1 Бифуркационная диаграмма (состояние – амплитуда гармонического возбуждения) устойчивых решений (brute force bifurcation diagram). Вынужденные

колебания в системе Дуффинга. Параметры:  $f(x) = x + x^3$ ,  $b = 0.1$ ,  $\omega = 1$ ,  $h = \text{var}$ . Диаграмма построена А. Клоковым с помощью программы Spring.

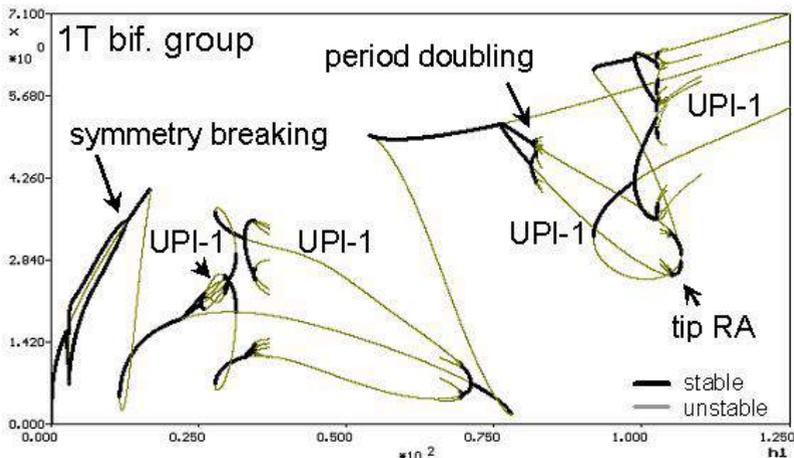


Рис. 2 Полная бифуркационная диаграмма (состояние – амплитуда гармонического возбуждения) для периодической группы 1Т с устойчивыми и неустойчивыми режимами. Система имеет также несколько других бифуркационных групп, непоказанных на рисунке. Иллюстрация метода полных бифуркационных групп. Вынужденные колебания в системе Дуффинга. Параметры системы:  $f(x) = x + x^3$ ,  $b = 0.1$ ,  $\omega = 1$ ,  $h1 = \text{var}$ . Диаграмма построена А. Клоковым с помощью программы NLO.

Еще одним примером неэффективности приближенных методов является проблема устойчивых *вынужденных* колебаний относительно неустойчивого положения равновесия. Возможность устойчивых *параметрических* колебаний относительно неустойчивого положения равновесия известна давно [1,2] (например, эксперименты с маятником П.Л. Капицы, 1951 г. и статья А. Stephenson, 1908 г.). Приближенные методы позволяют их отыскивать. По другому сложилась судьба у устойчивых *вынужденных* колебаний относительно неустойчивого положения равновесия. Такие устойчивые режимы [8,25-27,34] все еще не нашли своего места в учебной и научной литературе по нелинейной динамике и в инженерной практике. Причина этого в том, что отыскать их обычными приближенными методами не удастся.

#### 4 МЕТОД ПОЛНЫХ БИФУРКАЦИОННЫХ ГРУПП (МБГ). ПРОТУБЕРАНЦЫ И РЕДКИЕ АТТРАКТОРЫ

Известно, что основными свойствами нелинейных систем является многорежимность, существование или сосуществование

сложных регулярных периодических или почти-периодических, а также хаотических колебаний. Полный набор всех нелинейных режимов, как правило, не может быть системно обнаружен на основе традиционных методов теории нелинейных колебаний и нелинейной динамики с помощью приближенных методов малого параметра, методов линеаризации или методов осреднения. Отметим, что возникновение неизвестных опасных или полезных режимов в типовых системах может появляться как при изменении лишь состояния системы (фазовых координат), так и при изменении параметров системы и ее структуры.

Обычные численные методы, использующие естественные переходные процессы, позволяют провести бифуркационный анализ только для устойчивых режимов (Рис.1), но при этом некоторые устойчивые (редкие) режимы остаются незамеченными. Методы типа Монте-Карло, также не позволяют системно производить полный глобальный анализ нелинейных динамических систем, особенно для систем с несколькими степенями свободы. Ниже предлагается новый альтернативный подход к глобальному анализу задач нелинейной динамики, названный МБГ и ряд новых, на наш взгляд, важных понятий глобального бифуркационного анализа. Основными положениями метода полных бифуркационных групп являются следующие положения [6,19,28-33].

Первое: в пространстве (состояние – параметр) система имеет, как правило, несколько несвязанных между собой различных бифуркационных групп,  $1T$ ,  $2T$ . ...  $nT$  при изменении простого или комплексного параметра системы.

Второе: структура каждой бифуркационной группы может быть сложной со своими протуберанцами, редкими аттракторами и неустойчивыми периодическими инфинитивумами UPI (unstable periodic infinitium).

Третье: каждая бифуркационная группа строится как *полная группа*, то есть со всеми принадлежащими и связанными с ней устойчивыми и *неустойчивыми* периодическими решениями. Продолжение по параметру *неустойчивых* решений позволяет системно находить многие неизвестные ранее важные, в том числе и опасные *устойчивые* нелинейные режимы, рождаемые из неустойчивых.

Четвертое: метод бифуркационных групп МБГ применим для различных моделей динамических систем: описываемых системой дифференциальных уравнений первого порядка, второго порядка с

одной или  $n$  – степенями свободы, дискретными уравнениями или другими более общими (операторными) уравнениями.

Проиллюстрируем более подробно понятие полной бифуркационной группы на примере группы  $1T$ , в основе которой лежит периодический режим  $P1$  с периодом вынуждающей силы. Предположим, что базовая симметричная модель вынужденных нелинейных колебаний при некотором значении варьируемого параметра  $p$  имеет симметричный режим  $P1$ . Продолжая решение  $P1$  по параметру  $p$  в сторону его уменьшения и увеличения, в общем случае будут обнаружены бифуркационные значения параметра  $p$ , при которых меняется устойчивость режима  $P1$  (бифуркация потери симметрии) или ветвь решения будет менять и устойчивость, и направление (бифуркация складки). Из бифуркационных точек (кроме точек складки) рождаются более сложные режимы (протуберанцы) со своими бифуркациями и режимами, например, несимметричные режимы  $P1$ , затем в результате бифуркаций удвоения периода режимы  $P2$ ,  $P4$  и так далее. Все ветви этих режимов, соединенные на бифуркационной диаграмме (состояние – параметр  $p$ ) между собой в бифуркационных точках, составляют полную бифуркационную группу (БГ) режима  $1T$  (Рис. 2). Аналогично строятся другие БГ, несвязанные с уже построенной группой  $1T$ , например, для субгармонических островов  $2T$ ,  $3T$  и других, которые в свою очередь могут иметь свои сложные протуберанцы с бесконечным периодическим инфинитум  $UP1$  и редкими аттракторами.

Важно отметить, что протуберанец может вырастать далеко за пределы интервала (а,в), из которого он рождается. Это может приводить к появлению опасных неожиданных и необъяснимых для инженера режимов, как например, в виброзащитных системах. Для выяснения полной топологии протуберанца приходится, как правило, продолжать неустойчивые решения и в ряде случаев строить протуберанцы более высокого порядка этой же бифуркационной группы.

Анализ различных колебательных систем позволяет выделить типовые бифуркационные группы (БГ) с общими топологическими свойствами подобия. Например, (топологически) одинаковые БГ существуют для билинейной системы, трилинейной, полиномиальной, маятниковой и других систем с одной и несколькими степенями свободы. Одинотипные БГ могут существовать также для различных режимов, например, БГ режима периода  $3T$  может быть подобна БГ режима  $2T$  или  $5T$  и т.д. [31-33].

Если в динамической системе бифуркационная группа БГ имеет структуру с бесконечным периодическим инфинитум UPI, то в ней имеется соответствующий хаотический аттрактор: или глобально устойчивый, или сосуществующий с другими аттракторами. При изменении параметра хаотический аттрактор может погибнуть, но наличие UPI и в этом случае будет проявляться в хаотических или сложных переходных режимах (известное явление бифуркационной памяти).

Важными элементами бифуркационных групп являются редкие аттракторы, как правило, порождаемые неустойчивыми режимами. Редкие аттракторы могут быть различных типов: конечного типа (на складке) с регулярными и хаотическими аттракторами, в виде устойчивой гантели или гистерезисного типа на неустойчивых ветвях решений и некоторые другие [7,28-30].

Таким образом предложенный метод полных бифуркационных групп позволяет более полно, чем до сих пор исследовать нелинейные динамические системы и системно находить новые важные для приложений неизвестные ранее режимы.

## **5 ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ**

Почему создается иллюзия, что существенно нелинейная система это «ящик Пандоры», в котором можно найти все что угодно, и как правило, плохое? Появление этого глубокого заблуждения объясняется, на наш взгляд, тем, что изменение вида порождающего решения при использовании традиционных приближенных аналитических подходов приводит к новым решениям. В действительности это не так. Во-первых, многие из этих найденных такими методами решений таковыми не являются, а во-вторых, сама постановка задачи глобального анализа задач нелинейной динамики, по-видимому, должна быть сформулирована не на основе приближенных методов или тригонометрических рядов Фурье, а на принципиально другой основе.

Для целей глобального анализа динамических систем (с учетом возможного изменения фазовых координат и параметров системы), на наш взгляд, надо шире использовать качественные методы исследования, точные аналитические методы для кусочно-линейных систем, специальные численные алгоритмы на основе метода точечных отображений и метода полных бифуркационных групп МБГ.

Анри Пуанкаре в 1890 г. [11] во введении к своим знаменитым «Новым методам небесной механики», анализируя приближенные методы анализа задачи трех тел, предвидел, что «... эпоха, когда придется отказаться от старых методов, конечно, еще очень далека, но

теоретик должен ее предвидеть, так как труды теоретика должны опережать, и часто на много лет, труды вычислителей». Не наступила ли эта эпоха, когда следует переоценить некоторые «классические» методы нелинейной динамики, четко определить границы их применимости? Возможно сейчас самое время более широко использовать, в качестве альтернативы традиционным методам, новые методы и подходы, которые позволяют более детально и качественно верно изучать то, что действительно существует в природе и технике. Это уменьшит количество необъяснимых технических катастроф и позволит находить методами нелинейной динамики неожиданные полезные явления для новых технологий.

Работа поддержана грантом № 06.1965 Латвийского совета по науке «Редкие аттракторы. Теория редких нелинейных динамических явлений и ее приложение в машиностроении» и грантами R7240 и R7247 RTU-IZM Рижского технического университета и Министерства образования Латвии..

## **ПРОБЛЕМЫ ВИБРОУСТОЙЧИВОСТИ, БЕЗОПАСНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ МЕДИЦИНСКИХ ЦЕНТРИФУГ**

*М. Закржевский, И. Шукин, Р. Смирнова, В. Миронов, В. Евстигнеев, А. Клоков*  
*Рижский технический университет*  
*Латвия, Рига LV-1658, ул. Калькю, д.1, тел. +371 7466328, E-mail: [mzagr@latnet.lv](mailto:mzagr@latnet.lv)*

### **ВВЕДЕНИЕ. ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ЦЕНТРИФУГ**

Работа посвящена проблемам нелинейной динамики роторных систем, в частности, медицинских и биологических центрифуг. В настоящей обзорной статье рассматривается с системных позиций комплекс современных подходов, позволяющий проектировать малогабаритные центрифуги и решать проблемы их долговечности, виброустойчивости, безопасности и надежности. Особенностью моделей малогабаритных переносных центрифуг является то, что они не имеют специального крепления к полу или фундаменту при эксплуатации. Главное внимание в статье уделяется проблеме безопасной эксплуатации, исключающей большие вибрации и динамические усилия, опасные виброударные режимы, поломки, износ и старение ответственных деталей, несанкционированное перемещение корпуса и возможность опрокидывания центрифуги. При проектировании используются методы теории нелинейных колебаний

и нелинейной динамики [3,10-12], математического моделирования, компьютерные и натурные эксперименты. Разработки инженерных рекомендаций производятся на основе многокритериального подхода [5,6], который отражает точку зрения авторов на проблему оптимизации и принятия решений. Объем статьи не позволяет рассмотреть подробно этапы проектирования и расчета медицинских центрифуг, поэтому их описание носит тезисный характер.

### **ИЕРАРХИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРИ РАСЧЕТЕ ЦЕНТРИФУГ**

При расчете и проектировании центрифуг необходимо правильно расположить резонансные (критические) частоты по отношению к рабочей частоте вращения ротора центрифуги; рассчитать динамические усилия и колебания ротора и корпуса центрифуги на рабочей частоте и на переходных режимах; рассчитать динамические усилия в соединениях и других ответственных деталях (пробирки, стаканы для установки пробирок) для оценки их длительной (малоцикловой или усталостной) прочности. Эти задачи требуют построения динамических моделей разной структуры и степени сложности [7-9]. Для решения проблем разгона и торможения (выбега) ротора и правильного выбора параметров электропривода требуется построение другой специальной электро-механической динамической модели. Также специальные и достаточно сложные модели должны применяться и в случае использования активных систем виброзащиты или автоматических балансирующих устройств. Таким образом, для расчета центрифуг необходимо разработать несколько различных динамических моделей, предназначенных для компьютерного моделирования. Наиболее простая модель в иерархии моделей – это система двух твердых тел: жесткий ротор и жесткий корпус с упруго-диссипативными элементами (13 степеней свободы). Затем идет система с полужестким ротором и так далее вплоть до конечно-элементных моделей на основе МКЭ для прочностных расчетов.

### **НЕУРАВНОВЕШЕННОСТЬ РОТОРА. СХЕМА ЗАГРУЗКИ**

Колебания и динамические усилия центрифуги зависят от величины неуравновешенности ротора, массово-инерционных и упруго-диссипативных параметров внешней и внутренней системы подвески (соединения) и скорости вращения ротора (двигателя). Неуравновешенность ротора (статическая и динамическая) определяется неуравновешенностью стационарных частей ротора, величиной и схемой загрузки. Неуравновешенность ротора существенно зависит от схемы расположения и крепления обрабатываемого материала (например, пробирок).

Неуравновешенность стационарных частей ротора, в частности, ротора электродвигателя может быть уменьшена за счет обычной балансировки, однако эта операция требует специального оборудования. Расчетная эквивалентная величина статической и динамической неуравновешенности ротора является важным входным параметром, который должен быть определен по результатам совместных теоретических и экспериментальных исследований.

### **НЕЛИНЕЙНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ТВЕРДЫХ ТЕЛ. РАСЧЕТ РЕЗОНАНСНЫХ (КРИТИЧЕСКИХ) ЧАСТОТ И ФОРМ. СТАЦИОНАРНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ПЕРЕХОДНЫЕ РЕЖИМЫ.**

Выберем в качестве базовой конструкцию медицинской или биологической центрифуги (в дальнейшем - центрифуги) с вертикальной осью вращения и с двойной системой амортизации. Рассмотрим динамическую модель такой центрифуги с электродвигателем, расположенном на одной оси с ротором, состоящую из двух твердых тел. Ими являются эквивалентный неуравновешенный ротор и корпус с нелинейной упруго-диссипативной внутренней и внешней подвеской. Модель описывается системой нелинейных дифференциальных уравнений второго порядка, состоящей из 13 уравнений. Состояние (размерность) системы определяется 25 фазовыми координатами:  $(6 \times 2 + 6 \times 2 + 1) = 25$ . Это обобщенные координаты и их скорости: ротора, корпуса и угол вращения ротора. При сравнительно небольшой нелинейности упруго-диссипативных элементов модель имеет 12 резонансных (критических) значений частоты, часть которых может совпадать из-за свойств симметрии, например, ротора и подвески. Учет несимметрии модели (ротора, корпуса и упруго-диссипативных элементов) является обязательным, так как конструктивная несимметрия может расширить опасные резонансные зоны. Правильное расположение зон резонансных колебаний является ключевым фактором при расчете и проектировании центрифуг и обычно предшествует построению и анализу стационарных амплитудно-частотных характеристик (АЧХ). При проектировании необходимо (желательно), чтобы рабочая частота находилась в зоне самоцентрирования ротора, при этом колебания ротора и динамические усилия близки к минимальным.

При *переходных режимах* (разгон и остановка центрифуги) максимальные перемещения ротора внутри корпуса центрифуги могут значительно (иногда на порядок) превышать перемещения ротора на рабочей частоте. Это зависит как от расположения резонансных частот по отношению к рабочей частоте, так и от скорости разгона и торможения (выбега) и от характеристик электропривода и системы

торможения. Важной задачей моделирования является анализ чувствительности колебаний ротора и корпуса на различных режимах работы центрифуги к допускам на все основные параметры системы: массово-инерционные, упруго-диссипативные, электромеханические и другие.

## **РАСЧЕТ ДИНАМИЧЕСКИХ УСИЛИЙ, ПРОЧНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ**

Знание перемещений ротора и корпуса и характеристик упруго-диссипативных элементов позволяют рассчитывать динамические усилия и энергетические потери в этих элементах. Эти данные позволяют теоретически оценить их длительную прочность и являются исходными данными для решения проблемы долговечности [1,8]. Расчет динамической прочности стационарных частей ротора и корпуса является обычной инженерной задачей. Однако некоторые оригинальные детали, такие как, например, муфта соединения ротора с электродвигателем, выполненная на основе высокотехнологичной порошковой технологии, необходимо рассчитывать на динамическую прочность с использованием метода конечных элементов (МКЭ) или метода граничных элементов.

Динамическая прочность пробирок, стаканов и других деталей, связанных с обрабатываемыми образцами, рассчитывается на основе МКЭ с учетом колебаний ротора.

## **ПРОБЛЕМЫ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ МЕДИЦИНСКИХ ЦЕНТРИФУГ**

Высокоскоростные роторные системы, как правило являются нелинейными динамическими системами [1,7-9]. Таковыми являются и медицинские центрифуги. Нелинейности, которые в первую очередь должны приниматься во внимание при их проектировании можно разделить на три вида: зазоры в подшипниковых узлах, нелинейные (квази)упругие элементы в соединениях и нелинейные диссипативные элементы. Каждый из этих видов нелинейности может оказать существенное влияние на динамику центрифуги при определенных частотах вращения двигателя и значениях неуравновешенности. Конструктивное применение нелинейных элементов в системе подвески (соединения) может быть полезным для динамики центрифуги, но их применение без соответствующих расчетов методами нелинейной динамики может приводить и к нежелательным новым явлениям. Из-за нелинейностей в системе могут появиться такие нелинейные эффекты как многорежимность, редкие аттракторы и хаотические режимы [10,11]. Использование метода полных бифуркационных групп [12] и специальных программных комплексов

на его основе позволяет своевременно обнаружить возможные нежелательные нелинейные эффекты и избежать или предвидеть их на стадии проектирования.

### **СТРУКТУРНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ, ЯДРА ОБЛАСТЕЙ ПРИТЯЖЕНИЯ И МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ**

Важной проблемой при наличии существенно нелинейных элементов является оценка структурной устойчивости центрифуги на рабочих и переходных режимах. Для этого необходимо построение полных бифуркационных диаграмм (состояние – параметр) для всех бифуркационных групп. В качестве варьируемых параметров необходимо последовательно рассматривать все существенные параметры системы (параметры порядка), изменение которых приводит к заметному смещению бифуркационных границ и приводит к нарушению структурной устойчивости. С позиций многокритериальной оптимизации эти нарушения приводят к нарушению критериальных ограничений.

После выбора базового (или проверяемого) набора параметров, а также параметрических, критериальных и функциональных ограничений, одной из задач является построение и оценка ядер областей притяжения рабочего режима в пространстве состояний системы. Построение бифуркационных диаграмм совместно с построением ядер областей притяжения позволяет решить проблему робастной устойчивости, т.е. устойчивости при (одновременном) изменении параметров системы и начальных условий и исключить появление опасных (катастрофических) режимов и ситуаций в процессе эксплуатации центрифуги из-за непредвиденных поломок, случайных толчков или ударов.

### **АВТОМАТИЧЕСКИЕ БАЛАНСИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА МЕДИЦИНСКИХ ЦЕНТРИФУГ**

Безопасность центрифуг при реальных условиях эксплуатации может быть существенно повышена за счет применения в конструкции ротора дополнительного автоматического балансирующего устройства (или автобалансира АБ) [4,8]. Основной задачей использования АБ для медицинских центрифуг является исключение серьезных последствий, которые могут возникнуть в результате разрушения в процессе эксплуатации одной или нескольких пробирок или стаканов. Возникшая при этом (недопустимо) большая неуравновешенность ротора будет устранена соответствующим перемещением корректирующих масс в АБ. Конструкции АБ могут быть различного вида: шариковые, жидкостные, маятниковые и др. Автоматические балансиры являются существенно нелинейной динамической системой

и поэтому для их расчета и проектирования требуются глубокие знания современных методов нелинейной динамики механизмов.

## **ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ И НЕКОТОРЫЕ НОВЫЕ ЗАДАЧИ**

Рассмотренные выше отдельные этапы расчета и проектирования медицинских центрифуг не охватывают всех задач, которые необходимо решать на стадии проектирования. Недостаточно обсуждена проблема выбора основных критериев и критериальных ограничений, варьируемых параметров и их ограничений. Другой важной задачей является возможность использования новейших технологий, высокопрочных композиционных материалов на основе нанотехнологий, современных порошковых технологий, «умных» материалов (smart materials) и др. [1-3].

Проведение системных натурных экспериментов и исследований также является неотъемлемым этапом создания высокотехнологичных медицинских центрифуг. Важной задачей, которую необходимо рассматривать на стадии проектирования, является разработка правил эксплуатации и планового технического обслуживания центрифуг, например, проверка прочности стаканов и пробирок. Специальная программа динамического мониторинга основных узлов и деталей, разработанная на основе проверки соответствия при эталонной нагрузке колебаний ротора и/или корпуса нормативным колебаниям, позволит своевременно идентифицировать возможные дефекты в подшипниках, узлах крепления и определить другие изменения, происшедшие в процессе эксплуатации центрифуги.

Одной из новых задач является разработка системы автоматического динамического мониторинга с возможностью получения регулярной информации о техническом состоянии центрифуги и интеллектуального управления нелинейными упруго-диссипативными параметрами системы и электропривода на рабочем режиме и при разгоне и торможении.

Медицинские, биологические и исследовательские центрифуги могут использоваться и на подвижных объектах, таких как самолеты, спутники и космические станции, морские и речные суда. В этих случаях необходимо дополнительно решать задачу виброизоляции центрифуги от внешних колебаний основания и одновременно учитывать опасность нарушения устойчивости ее работы с целью исключения ударных режимов и возможности опрокидывания. Эти задачи могут быть решены современными методами нелинейной динамики.

## СОДЕРЖАНИЕ

### **Силин Р.И.**

Конференция «Современные достижения в науке и образовании».....3

### **Клименко Л.П.**

Регіональні проблеми розвитку університетської системи освіти на півдні України.....5

### **Мещанінов О.П.**

Інноваційні педагогічні технології для професійної університетської освіти.....8

### **Парсяк В.Н., Драгомирова І.М.**

Вищі навчальні заклади крізь призму системного підходу.....11

### **Капінос Л.В., Цасюк Т.В., Чернілевський К.І.**

Рівень освіти та проблеми впровадження на підприємствах України системи менеджменту якості згідно міжнародного стандарту ISO-9001.....14

### **Богорош А.Т., Воронов С.А.**

Опыт преподавания дисциплин на кафедре прикладной физики физико-технического института Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт»..19

### **Николаев В.А.**

Реализация принципов менеджмента качества в инженерном образовании.....23

### **Морська Л.М.**

Інтернет, як засіб підвищення рівня інформаційного потенціалу.....26

### **І.Предборська, В.Предборський**

Освіта в контексті сучасних соціокультурних викликів.....30

### **Евдокимов М.А., Стельмах Я.Г.**

Моделирование процесса формирования рабочей программы курса «Высшая математика» с использованием информационных технологий.....33

### **Сокол В.М.**

Некоторые проблемы миграции и международного сотрудничества ученых.....36

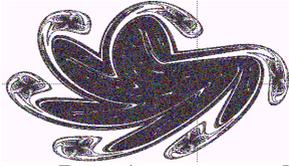
### **Богорош А.Т., Воронов С.О., Якименко Ю.И., Ларкин С.Ю., Ройзман В.П., Вишняков Н.Е.**

Выявление дефектов в сегнетоэлектриках и пьезокерамике.....41

<b>Цасюк В.В., Цасюк Т.В., Чернылевский К.И.</b>	
Изучение частичных разрядов конденсаторов методом акустической эмиссии.....	46
<b>Бансявичюс Р., Бубулис А., Юренас В., Вайцекавичюс Э., Адзерихо И. Е., Минченя В. Т.</b>	
Аспекты применения ультразвуковых механических колебаний при лечении сосудистых заболеваний.....	47
<b>Богорош А.Т., Воронов С.А., Мурахов С.А.</b>	
Вибрация как источник интенсификации кристаллизации новых веществ и материалов.....	52
<b>Кравченко О.В.</b>	
Новые технологии интенсификации добычи и переработки углеводородных энергоносителей.....	57
<b>Р.Т. Мартынюк, О.Т.Чернова, Т.А. Мартынюк.</b>	
Зависимость качества сварочных соединений от подготовки сварочных материалов.....	62
<b>Шамарин А.Ю.</b>	
Комплексный подход к системе освещения подводной обстановки.....	64
<b>Сокол А.Ф.</b>	
Алгоритмические принципы медикаментозной терапии.....	69
<b>Sławomir Żak, Jacek Pietraszek.</b>	
Heuristic Algorithm for 2-Dimensional Irregular Shape Cutting Problem.....	72
<b>Sylwia Sikorska, Jacek Pietraszek.</b>	
Digital 3-Dimensional Modelling B-Spline Curves and Surfaces in Engineering Applications.....	79
<b>Andrii Goroshko</b>	
Diagnosing Of Technical State Of Manufactured Articles By Acoustic Emission Method.....	85
<b>В.П. Ройзман, А.Т. Богорош, Р.О. Борячок.</b>	
Организация узлов влагозащиты электролитических и тонкоплёночных конденсаторов.....	90
<b>Ножницкий Ю.А.</b>	
Современные подходы к сертификации газотурбинных двигателей различного назначения.....	94
<b>Федина Ю.А.</b>	
Применение разгонных стендов в процессе доводки и сертификации газотурбинных двигателей.....	97
<b>Сокол В.М.</b>	
Комплексная система непрерывного измерения динамических параметров роторов.....	100

<b>Л.А. Магеррамова, Б.Е. Васильев, К.Д. Каримбаев, Г.В. Мельникова, В.В. Ясинский, Е.П. Крат.</b>	
Конструкция и технология изготовления биметаллического блиска авиационной турбины высокого давления с охлаждаемыми лопатками.....	105
<b>Ройзман В.П.</b>	
О возможности создания бескритического ротора.....	111
<b>Хачатуров Э.Б., Андреев В. И., Хачатурова И.Н.</b>	
Новый композиционный материал торцевых крышек изложниц центробежного литья.....	114
<b>Шорр Б.Ф.</b>	
Неизотермическая динамика конструкций.....	117
<b>Локощенко А.М.</b>	
Длительная прочность металлов при сложном напряженном состоянии.....	122
<b>Колотников М.Е.</b>	
Предельное состояние материала при многокомпонентном нагружении.....	127
<b>Голубовский Е.Р., Ножницкий Ю.А., Хвацкий К.К., Черкасова С.А.</b>	
Оценка трещиностойкости монокристаллов никелевого сплава в условиях ползучести.....	131
<b>Шайко-Шайковский А.Г., Василов В.М., Олексюк И.С., Стеблина Е.В.</b>	
Пути совершенствования интрамедуллярных и накостных конструкций для лечения переломов длинных костей.....	135
<b>Ройзман В.П., Драч І.В., Ткачук В.П.</b>	
Особенности автобалансирования рідкими рабочими тілами роторів машин з вертикальною віссю обертання.....	138
<b>Вовчак Ольга Дмитрівна</b>	
Розвиток банківського інвестування в Україні.....	148
<b>Дилигенский Н.В., Цапенко М.В.</b>	
Модельный анализ общесистемных характеристик инновационной деятельности.....	152
<b>Парсяк В, Н.</b>	
Малий бізнес в іпостасі чинника інноваційного розвитку економіки.....	156
<b>Дибач І.Л.</b>	
Розробка критеріїв віднесення суб'єктів господарювання до категорії невеликих підприємств.....	160

<b>Л.Т. Гораль.</b> Амортизація буферного газу ПСГ – джерело підвищення фінансових результатів газотранспортної системи України.....	165
<b>Кравчук О.А.</b> Геометрія векторного поля чотиривимірного еквіафінного простору.....	169
<b>Eduard Ushakov</b> Mathematical Method of Linearizing Adaptive Control Systems.....	174
<b>Jacek Pietraszek, Piotr Bbialecki.</b> Distributed System for Real-Estate Agency.....	177
<b>Marta Żakowska, Jacek Pietraszek.</b> A Straightforward Structure of Shape Functions for Variable P-Order Meshes.....	180
<b>Кравчук О.А., Синюк О.М.</b> Використання інформаційних технологій у міжнародному туризмі.....	185
<b>Закржевский М.В.</b> Методы нелинейной динамики машин, механизмов и приборов. новые подходы и старые заблуждения.....	192
<b>М. Закржевский, И. Щукин, Р. Смирнова, В. Миронов, В. Евстигнеев, А. Клоков</b> Проблемы виброустойчивости, безопасности и надежности медицинских центрифуг.....	200



Riga Technical University, Institute of Mechanics  
Latvian Academy of Science, Latvian Council of  
Science  
Latvian National Committee for Mechanics

International Symposium RA'08 on

## **Rare Attractors and Rare Phenomena in Nonlinear Dynamics**

June 2 – 6, 2008, Riga – Jurmala, Latvia

Topics of interest include but are not limited to

- Rare Phenomena in Nonlinear Engineering Systems and Vibromechanics
- Rare Regular, Quasi-periodic and Chaotic Attractors in Nonlinear Dynamics
- Bifurcation Techniques and Stability Analysis of Strongly Nonlinear Systems
- Nonlinear Rotor Dynamics. Rare Attractors and Rare Transient Processes
- Vibro-Impact Systems and Dynamical Systems with Discontinuities
- Synchronization Problems and Rare Attractors. Multiplicity and Control
- Complexity and Rare Phenomena in Nano-Science and Molecular Dynamics
- Dynamical Rare Phenomena and Unsolved Problems in Celestial and Earth Mechanics
- Rare Catastrophes and Rare Phenomena in Nature, Social and History Sciences
- Dynamical and Rare Dangerous Diseases. Rare Phenomena in Medicine and Biology
- Paradoxes, Riddles and Unsolved Mysteries of Nonlinear Dynamics and Stability
- The Theory of Rare Dynamics Phenomena: Myth, Unreal Dream or Reality?

The RA'08 Symposium is aimed at bringing together a wide variety of specialists in the different science fields with the purpose to exchange experience in the global aspects of Nonlinear Dynamics and the theory of rare dangerous or useful dynamical phenomena.

Format of the RA'08 include invited key-note lectures, 25 min. presentations and poster sessions, as well as social program with several excursions and parties. All successfully reviewed papers will be print in the Proceedings and will be available before the Symposium. The best presentations of the young scientists will be awarded.

Important Dates:

One-page abstract	30 October 2007
Notification of acceptance	30 November 2007
Manuscript of full paper and registration	15 February 2008

Chair: Prof. M. V. Zakrzhevsky (Riga, Latvia)  
Prof. Mikhail V. Zakrzhevsky  
Co-Chair: Prof. I.I. Blekhman (Saint Peterburg, Russia)  
Riga Technical University  
Co-Chair: Prof. Albert C.J. Luo (Edwardsville, USA)  
Institute of Mechanics

1 Kalku Str. Riga LV-1658 Latvia

email: [mzakr@latnet.lv](mailto:mzakr@latnet.lv)