

*IX International Conference, January 3–10, 2016, Hajduszoboszlo, Hungary*

---

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

Council of Scientific and Engineer Union in Khmel'nitsky Region  
Khmel'nitsky National University

## **SCIENCE AND EDUCATION**

IX International Conference

*January 3–10, 2016, Hajduszoboszlo, Hungary*



## **НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ**

Сборник трудов  
IX Международной научной конференции

*3–10 января 2016 г.,  
Хайдусобосло, Венгрия*

УДК 001+37

ББК 72

НЗ4

*Утверждено к печати на совместном заседании исполкомов  
Хмельницкой областной организации СНИО Украины  
и Украинского Национального комитета ИФТОММ,  
протокол № 7 от 10.12.2015*

Включены материалы международной конференции «Наука и образование», проведенной в г. Хайдусобосло (Венгрия) в январе 2016 г.

В сборнике кратко представлены доклады участников конференции в авторской редакции.

#### **Редакционная коллегия:**

д.т.н. Банах Л.Я. (Россия); д.т.н. Натришвили Т.М. (Грузия);  
д.т.н. Костюк Г.И. (Украина); д.т.н. Бубулис А. (Литва);  
д.т.н. Ройзман В.П. (Украина); д-р Прейгерман Л.М. (Израиль)

НЗ4 **Наука** и образование : сб. тр. IX Междунар. науч. конференции, 3–10 января 2016 г., Хайдусобосло (Венгрия). – Хмельницкий : ХНУ, 2015. – 122 с. (укр., рус., англ).

Рассмотрены проблемы динамики и прочности машин, материаловедения и нанотехнологий, специальные проблемы, а также экономические и образовательные аспекты этих вопросов.

Рассчитано на научных и инженерных работников, специализирующихся в области изучения этих задач.

---

Розглянуто проблеми динаміки та міцності машин, матеріалознавства та нанотехнологій, спеціальні проблеми, а також економічні та освітні аспекти цих питань.

Розраховано на науковців та інженерних працівників, які спеціалізуються в області вивчення цих задач.

**УДК 001+37**

**ББК 72**

© Авторы статей, 2015

© ХНУ, оригинал-макет, 2015

## ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

### КРИЗА МАШИНОБУДІВНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ І ШЛЯХИ ЇЇ ПОДОЛАННЯ

*Дунець І.І.*

*Союз промисловців і підприємців Хмельницької області,  
Об'єднання організацій роботодавців Хмельницької області,  
ТДВ «Завод АДВІС», м. Хмельницький, Україна*

На сьогодні в Україні фіксується катастрофічне зниження конкурентноздатності діючих підприємств промисловості, у першу чергу машинобудування, через неможливість в останні 15–20 років їх модернізації, оновлення обладнання та технологій. Є одиниці, два-три заводи у кожній області, у східних областях їх більше, яких це не стосується, але в цілому стан справ кричущий.

Проблема відома всім, практично, за усі роки державності України, підприємства не мали доступу до кредитних, інших коштів з можливостями довготривалого їх використання для того, щоб закупити нове обладнання і технології. Власних коштів у заводів, практично, теж не було, так як постійні цінові обвали, збільшення вартості енергоресурсів, податкових навантажень не давали можливості накопичити кошти. Проблема конкурентноздатності особливо загострилась в останні роки, так як ряд підприємств вже працює на експорт, а в цілому, більшість тільки шукає можливості виготовляти продукцію на експорт, відповідно і реалізовувати на ринках Заходу. Наші ж конкуренти, – західні підприємства, мають значно вищий технічний рівень оснащення, зовсім інші можливості отримання довгострокових кредитів або інвестицій у розвиток і потужно цим займаються. Хто буває на підприємствах Західної Європи, той знає, – практично, за п'ять–шість років наші конкуренти оновлюють технології, обладнання. Відповідно, нам на Україні, співставляти наші конкурентні можливості нереально. У той же час, ми велика держава і нас ніхто не буде утримувати, в нас немає іншого виходу, окрім одного – за рахунок розвитку вітчизняної промисловості, наших заводів збільшити обсяги виробництва продукції, а відповідно, валового внутрішнього продукту (ВВП) для забезпечення потреб держави, зайнятості населення.

Для прикладу, за даними МВФ, на одного мешканця України ВВП складає 3862 дол., у той же час, у найближчих сусідів, – Польщі –

13334 дол., Словаччині – 17929 дол., не кажучи вже про Німеччину – 43952 дол., Норвегію – 101271 дол. Якщо ж конкурентноздатність вітчизняних заводів не буде втримано, то наша продукція буде і дорожчою, і технічно гіршою, що не дозволить працювати на зовнішніх ринках. Підприємства будуть зупинятись, а Україну тотально заповонять товари конкурентів з усього світу. Хоч і сьогодні до нас імпортується понад 60 % всього, що ми використовуємо, чим, фактично, фінансуємо працюючих на закордонних заводах.

Отже, для технічного оновлення, закупки нового обладнання потрібні значні, великі кошти, яких ми не маємо. Якщо розраховувати, що ці кошти колись нададуть банки, інші фінансові інституції держави, то ця розмова і такі думки не реальні. Протягом останніх років ми бачимо відсутність національних фінансових ресурсів для цих потреб. Але у світі, в Європі існують механізми вирішення зазначених проблем, а саме, залучення інвестицій на модернізацію діючих і будівництво нових підприємств. В основі цих механізмів головним фактором є надання пільг інвесторам, а також створення інвестиційного клімату, привабливості для залучення інвестицій. Є приклади останніх 20–25 років, де ці механізми держави реалізували, що значно збільшило їх валовий внутрішній продукт, були створені нові робочі місця.

Приводимо приклади найближчих держав, а саме, Польщі, Туреччини, частково Росії, що успішно реалізують залучення інвестицій для своїх економік.

**Польща.** Ми знаємо якою вона була 20–25 років тому. З України, вивозились товари, які тільки можна було вивезти, бо у Польщі нічого свого не було. Але Польща скористалась досвідом Китаю, можна навіть сказати, «списала», все що стосується створення умов приходу іноземних інвестицій. Урядом і Сеймом у 1994 році були прийняті рішення щодо створення спеціальних економічних зон (далі – СЕЗ), запровадження механізмів зменшення оподаткування для підприємств, які будуються чи розвиваються за рахунок інвестиційних коштів, спочатку для депресивних регіонів, де було значне безробіття, які мали дуже багато підприємств ВПК, а потім і інших територій. Приклад, який ми вивчали, – у місті Сталева Воля в минулому більшість підприємств були ВПК, які зупинили свою діяльність, а люди пішли на вулицю. Австрійський інвестор запропонував збудувати завод по виробництву дисків для легкових автомобілів. Умова інвестору, вкласти не менше 4 млн євро на будівництво заводу і створити 100 робочих місць, йому надаються пільги – 50 % податкових пільг на наступні десять років. Як результат, завод побудований, створені понад 100 робочих місць, де працюють в основному молоді люди віком до 30 років, із зарплатою європейського рівня. Такими підходами і рішеннями

польської влади заохочено будівництво і модернізація, на сьогодні, десятків, сотень підприємств. У теперішній час Польща іде далі, створюючи і пропонуючи для інвесторів об'єкти інфраструктури, дороги, інженерні мережі, інше. У Польщі в діяльність СЕЗ інвестовано близько 23 млрд дол. Особливістю СЕЗ за результатами є й те, що друге місце за залученням інвестицій займають підприємства з польським капіталом (22,3 %). Польща вирішила продовжити дію СЕЗ до 2026 року.

Нам потрібно діяти. Думаю у Верховній Раді знайдеться 80–90 депутатів, які побажають пересвідчитися щодо польського досвіду, подивитися своїми очима. Думаю також, не проблема виїхати їм на два–три дні і своїми очима ознайомитися з п'ятьма–шістьма підприємствами СЕЗ, поспілкуватися з їх представниками.

**Туреччина.** На сьогодні 16-та економіка світу, ставить мету до 2023 року бути в десятці світових економік. Особливість розвитку Туреччини – потужна підтримка національного виробника в усіх галузях. Турки використовують будь-яку можливість для створення спільних виробництв, що дозволяє використовувати досвід і найновіші розробки західних виробників, у той же час, використовується свій трудовий потенціал і виготовляється продукція на рівні європейських стандартів.

До речі, конкретний приклад щодо залучення німецької фірми для спільного виробництва складної техніки був і у нас – на Хмельниччині. На основі спільного виробництва з німецькою фірмою «Ланд–Технік» на Хмельницькому машинобудівному заводі «АДВІС» були виготовлені і реалізовані в Україні понад 200 одиниць сучасних самохідних кормозбиральних комбайнів «МАРАЛ-125». При чому, за три роки в цьому комбайні ми досягли долю українського виробництва 60 %. Це був реальний приклад як мало б розвиватися сільгоспмашинобудування в Україні. А за цим, десятки тисяч робочих місць. На жаль, зараз у нас практично нічого свого немає (ні комбайнів, ні тракторів (трактори ХТЗ – це техніка вчорашнього), все імпортуємо, фінансуємо робочі місця закордонних фірм.

Хоча Туреччина і не член Євросоюзу, в ній існує пріоритет – все що виробляється, вони роблять за євростандартами.

В Туреччині умовно поділили всю територію на 6 регіонів, де, залежно від стану можливостей регіону і суми інвестицій від 500 тис. до 4 млн дол., затверджена схема пільг по податках. Турецькою владою прийнято ряд законів зі зменшення податкового навантаження – звільнення від ПДВ, митних зборів, скорочення податків, підтримка виплат соціального страхування, підтримка відсоткової ставки, надання землі. Суттєвим є те, що для управління розвитком окремих галузей і напрямів економіки на державному рівні призначені мене-

джери, як, наприклад, Президент Групи просування машин і обладнання, який очолює увесь спектр роботи просування в даному сегменті продукції на зовнішні ринки.

Усе, що робиться в Туреччині потрібно аналізувати і вивчати. Лише потрібно підкреслити, що активні реформи почалися у 2002 році і цифри красномовно свідчать про їх ефективність і результативність, а саме, ВВП у 2013 р. сягнув 820 млрд дол., тоді як у 2003 році він складав 305 млрд дол. За цей період національний дохід на душу населення збільшився з 4565 до 10782 дол.

Те, що зроблено і робиться у Туреччині за відносно короткий час є одним з найяскравіших прикладів у світі, як держава повинна розвивати власне національне виробництво, власну економіку.

Не можна не сказати і про Росію. У 2014 році прийнято на урядовому законодавчому рівні закон про території випереджаючого розвитку (ТВР), де також створені пільгові умови для інвесторів, а саме, встановлені страхові внески у розмірі 7,6 % (було 30 %); ПДВ на імпорт – 0 %, ввізні та вивізні мито – 0 %, податок на прибуток – 0–5 % (було 20 %). Мета – залучити інвестиції – кошти іноземних і своїх інвесторів. Робота почалась, але результати поки ще не відомі.

Навіть на наведених прикладах ми бачимо як швидко усе змінюється. Не тільки лідери – Японія, США, Німеччина, а й учорашні середняки – Польща, Туреччина, усі, випереджаючи один-одного мчать вперед. Де серед них Україна?

Щодо «інвестиційного клімату», впливу на прихід інвестицій. Безумовно, на рішення інвесторів впливає багато чинників, основний з яких – забезпечення соціального миру у державі, бо ж «гроші люблять тишу». Також необхідно зазначити, що безумовно, гроші – це головне, але головне і те, що більшість інвесторів одночасно приходять із ринками збуту, світ перенасичений товарами, а інвестор знає, куди вкласти гроші.

Ми навели приклади і деякі пропозиції, світовий досвід, яким чином знайти кошти для розвитку вітчизняного реального сектору економіки та створення нових робочих місць. Потрібно відзначити, що нові чи модернізовані підприємства, створені інвесторами, це, як правило, виробництва за найновішою технологією. Це вкрай важливо для молоді, яка повинна мати перспективу на своїй Батьківщині, бо це впевненість в завтрашньому дні, роботі, оплаті праці, це найперше, що потрібно молодим людям.

Негативною особливістю нашої країни є такий фактор як «тіньова» економіка. Рано чи пізно «тінь», що сягає 60 %, має бути значно зменшена. Але, у той же час, більшість теперішніх «тіньовиків», які змушені будуть функціонувати в рівних умовах щодо податків, у першу

чергу на заробітну плату, не зможуть існувати. Вони збанкрутують або зникнуть. Куди ж підуть працювати люди, які працюють зараз «в тіні»? Відповідь тільки одна. Потрібний потужний імпульс щодо розвитку, підтримка вітчизняного виробництва.

Також привертаємо увагу до світових параметрів легкості умов ведення бізнесу, які використовують бізнесмени, потенційні інвестори. Наприклад дані доповіді «Ведення бізнесу» (Doing Business Report) – щорічного дослідження групи Світового банку, що оцінює в 189 країнах простоту здійснення підприємницької діяльності на основі десяти показників. Згідно зі Звітом «Ведення бізнесу 2015» Україна зайняла 96-те місце зі 189 країн. Дуже прикро бачити, що за одним з десяти показників, а саме, «підключення до системи електропостачання» Україна знаходиться на 185 місці із 189 країн світу. Чому це так? Яке Міністерство відповідає за цей показник, який тягне Україну донизу в цій таблиці? А бізнесмени, інвестори, це все відслідковують, щоб прийняти рішення куди йти з грошми.

Ми вважаємо, що в силах народних депутатів Верховної Ради, першочергово звернути увагу на вище підняті проблеми, які на пряму стосуються конкурентноздатності, нашого майбутнього, як незалежної держави. Нічого не робити – це загибель вітчизняного виробництва, основи економіки держави.

Державі потрібні закони для підтримки, конкурентноздатності і розвитку власного вітчизняного виробництва.

## СЕКЦІЯ ПРОБЛЕМ МЕХАНІКИ

### ІДЕНТИФІКАЦІЯ ЕКСЦЕНТРИСИТЕТІВ РОТОРА ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ УСІЧЕНОЇ ОЦІНКИ НАЙМЕНШИХ КВАДРАТІВ

*Горошко А.В., Ройзман В.П.  
Хмельницький національний університет, Україна*

У процесі експлуатації двигунів АИ-20 і при проведенні тривалих випробувань на стендах були знайдені такі дефекти, як погнутість заднього вала, поломки штифтового з'єднання ротора компресора, головним чином, у зчленуванні заднього вала з десятим ступенем ротора, а також низка дефектів по корпусу камери згорання. Причинами дефектів були вібрації двигуна.

Для зменшення вібрацій двигуна необхідно знати ексцентриситети вала. Одним із способів їх ідентифікації є розв'язання бази експериментальних даних матричного рівняння:

$$\mathbf{Y} = \mathbf{A}(\mathbf{Y} + \mathbf{e})\omega^2, \quad (1)$$

де  $\mathbf{Y} = [y_i]_{1 \times n}$ ,  $\mathbf{e} = [e_i]_{1 \times n}$ ,  $\mathbf{A} = [a_{ik}]_1^n$ . Тут координатами вектора  $\mathbf{Y}$  є прогини вала ротора в місцях посадки дисків, вектора  $\mathbf{e}$  – ексцентриситети цих дисків, а елементи матриці  $\mathbf{A}$  являють собою добутки статичних коефіцієнтів впливу на маси відповідних дисків.

Перетворимо (1) до вигляду:

$$\mathbf{Y} = \frac{\mathbf{A}\omega^2}{1 - \mathbf{A}\omega^2} \mathbf{e}. \quad (2)$$

Поклавши  $\hat{\mathbf{A}} = \frac{\mathbf{A}\omega^2}{1 - \mathbf{A}\omega^2}$ , приходимо до розв'язання лінійної некоректно-поставленої оберненої задачі типу:

$$\mathbf{Y} = \hat{\mathbf{A}} \mathbf{x}. \quad (3)$$



Внаслідок того, що обумовленість  $\text{cond}(\hat{\mathbf{A}})$  як правило велика, а елементи вектора  $\mathbf{Y}$  вимірюються з похибками, задача ідентифікації ексцентриситетів ротора типу (1) не може бути розв'язана на практиці, оскільки її розв'язки будуть хибними. Отже, актуальною проблемою на шляху розв'язання вказаної оберненої задачі є подолання нестійкості її розв'язків, викликаною поганою обумовленістю матриці  $\hat{\mathbf{A}}$ . Задача буде некоректною і її розв'язок нестійким з тієї причини, що маленькі похибки в  $\mathbf{Y}$  будуть набагато збільшені у розв'язку  $\mathbf{X}$ .

Відомо, що для забезпечення стійкості розв'язків необхідно застосовувати різноманітні методи регуляризації. Одним із таких умовно-регулярних методів є метод найменших квадратів, а відповідний розв'язок – оцінкою найменших квадратів. Незважаючи на те, що оцінка найменших квадратів (ОНК) – незміщена оцінка, вона є нестійкою. Причиною нестійкості є величезна дисперсія ОНК, тому слід опиратись на деяку не комунікативну статистику, яка б брала до уваги систематичні відхилення порівнюваних випадкових послідовностей.

Для розв'язання оберненої задачі визначення ексцентриситетів ротора пропонується застосувати до ОНК лінійну фільтрацію. Суть фільтрації, як одного із методів регуляризації, полягає у тому, щоб свідомо піти на деяку зміщеність отриманої оцінки, при цьому істотно зменшивши її розсіяння. Отже, необхідно знайти таку оцінку, зміщеність якої ще прийнятна, а дисперсія – значно менша, ніж у ОНК. З метою фільтрації пропонується застосувати стиснення інформації і одержання усіченої оцінки (*truncated estimate*). Для цього пропонується використати відомий із статистики і багатомірного аналізу метод стиснення даних – метод головних компонент (*PCA*). Суть фільтрації полягає у такій дії на ОНК, яка б істотно звузила еліпсоїд розсіяння ОНК за допомогою стиснення інформації, що міститься у матриці розсіяння, завдяки «усіченню» «хвоста» спектра матриці Фішера.

Запропонований метод усіченої оцінки були застосовані для розв'язання оберненої задачі визначення невідомих ексцентриситетів ротора компресора авіаційного газотурбінного двигуна АІ-20. Відносна похибка усіченої оцінки порівняно із звичайним ОНК збільшилась у 1167 разів. Авторами продемонстровано високу ефективність методу усічених оцінок для розв'язання оберненої задачі визначення невідомих ексцентриситетів ротора компресора авіадвигуна АІ-20 за допомогою експериментально визначених коефіцієнтів впливу і прогинів ротора.

## САМОБАЛАНСУВАННЯ ТА АВТОМАТИЧНЕ БАЛАНСУВАННЯ ВАЛІВ, ЩО ОБЕРТАЮТЬСЯ

Драч І.В.

Хмельницький національний університет, Україна

При обертанні незбалансованого вала завжди спостерігаються більш-менш інтенсивні поперечні коливання. Амплітуди коливань залежать від кутової швидкості обертання і при певних для даного вала критичних значеннях швидкості зростають настільки значно, що порушують нормальні умови експлуатації і можуть викликати поломку вала. При цьому критичний стан не можна усунути навіть найретельнішим балансуванням, тому необхідно домагатися, щоб експлуатаційні кутові швидкості не збігалися з критичними.

Розглянемо вал, на якому з ексцентриситетом  $e$  насаджений диск масою  $m$ . Щоб виключити вплив ваги і розглянути явище в найбільш чистому вигляді, будемо вважати, що вісь вала розташована вертикально (рис. 1,  $a$ ). Вал має в перерізі круг і обертається в підшипниках; диск розташований усередині між опорами.

При обертанні вала з кутовою швидкістю  $p$  центр ваги диска буде рухатися по колу і виникне відцентрова сила. Позначимо прогин вала, викликаний цією силою, через  $r$ , тоді результуючий ексцентриситет дорівнює  $r+e$ , а відцентрова сила –  $p^2(r+e)$ . Щоб визначити прогин  $r$ , потрібно знайти відношення відцентрової сили до згинальної жорсткості вала  $c$  [1]:

$$r = \frac{mp^2(e+r)}{c},$$

або

$$r = \frac{mp^2e}{c - mp^2}, \quad (1)$$

тобто прогин вала пропорційний до початкового ексцентриситету.

З (1) випливає, що критичний стан настає при цілком певному значенні кутової швидкості, що залежить від параметрів системи:

$$p_{\text{крит}} = \sqrt{\frac{c}{m}}. \quad (2)$$

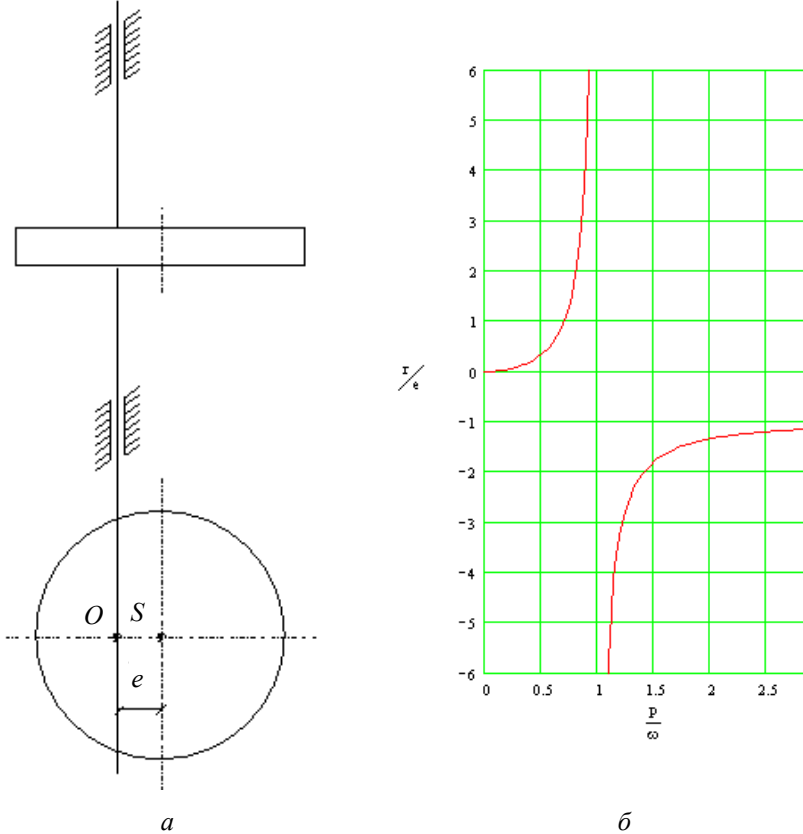


Рис. 1

Величину  $p_{кр}$  називають критичною швидкістю обертання; вона збігається з власною частотою  $\omega$  необертової системи вал-диск і є тим більшою, чим жорсткіший вал і легший диск [1].

З (1) і (2) випливає вираз для відносного прогину вала:

$$\frac{r}{e} = \frac{1}{\left(\frac{p_{\dot{e}\dot{o}}}{p}\right)^2 - 1}. \quad (3)$$

Криву залежності  $r/e = f(p/\omega)$  наведено на рис. 1, б [2]. Аналіз показує, що при повільному обертанні прогин  $r$  малий і зростає

з ростом кутової швидкості; при цьому центр ваги диска  $S$  розташований далі від центра обертання  $O$ , ніж центр перерізу вала  $W$  (рис. 2, *а*). Якщо  $p = p_{кр}$ , то прогин дорівнює нескінченності і настає критичний стан.

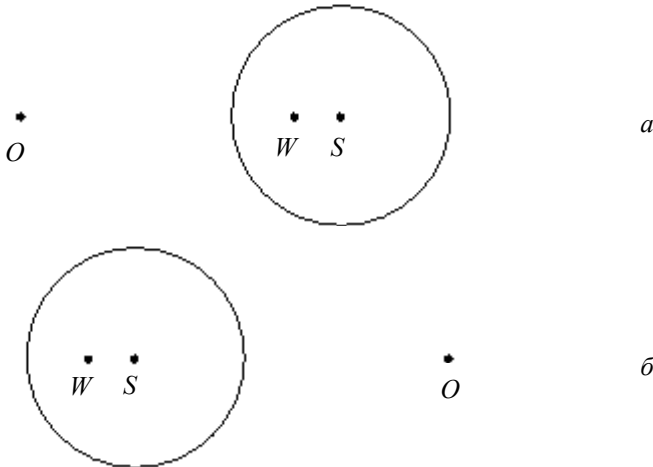


Рис. 2

У закритичній області, коли  $p > p_{кр}$ , прогини знову є скінченними, але мають знак, протилежний початковому ексцентриситету. На рис. 2, *б* показане відповідне цьому випадку взаємне розташування центрів  $S$ ,  $O$  та  $W$ . При швидкому обертанні, коли  $p > p_{кр}$ , центр ваги диска  $S$  виявляється ближчим до центра обертання  $O$ , ніж центр вала  $W$ . Чим більша кутова швидкість, тим ближче розташовується центр ваги диска  $S$  до центра обертання  $O$ , а при  $p \rightarrow \infty$  центр ваги диска необмежено наближається до осі обертання. Таким чином, при досить великих кутових швидкостях відбувається самоцентрування диска. Тому, роблячи вал досить гнучким, тобто домагаючись малих значень  $p_{кр}$ , можна одержати гарну збалансованість системи.

Вище критичний стан був визначений як стан необмеженого зростання прогину вала, якщо диск має початковий ексцентриситет. Можливе також інше трактування критичного стану. З (1) видно, що якщо  $e = 0$  й одночасно  $c = m p^2$ , то прогин  $r$  є невизначеним. Це означає, що при  $p = p_{кр}$  цілком збалансований вал утрачає стійкість прямолінійної форми. Якщо цю форму порушити, то вал не прагне її відновити, оскільки пружна реакція  $cr$  точно зрівноважується виникаючою при відхиленні  $r$  відцентровою силою  $m p_{кр}^2 r$ .

При усякому фіксованому значенні кутової швидкості (крім  $p = p_{кр}$ ) обертання супроводжується певною і незмінною в часі деформацією вала. Будь-яке волокно в процесі руху залишається однаково розтягнутим (або стиснутим) незалежно від часу.

Критичний стан звичайно вважають неприпустимим в експлуатації, і поблизу  $p_{кр}$  виділяють зону небезпечних значень кутових швидкостей.

Для усунення вигину, що виникає при обертанні незрівноваженого вала, можна застосовувати спеціальні пристрої, що забезпечують автоматичне балансування. Таке балансування особливо необхідне, коли в умовах експлуатації можлива істотна зміна незбалансованості вала або ротора.

Автоматичне балансування сприяє збереженню прямолінійної форми вала і цим відрізняється від самоцентрування диска при високих швидкостях обертання, коли відбувається центрування маси диска при відповідно вигнутому валу.

Один із варіантів пристрою для автоматичного балансування є схема вал-диск, ускладнена жорстко закріпленою на валу камерою, частково заповненою рідиною.

Історія рідинного автоматичного балансування починається з 1916 року, коли французький інженер Леблан (Leblanc) [3] запропонував конструкцію рідинного АБП для зрівноваження екстрактора пральної машини під час її роботи. Пізніше було запропоновано АБП Сирла, АБП Дункан, а також відомі удосконалення конструкцій АБП типу Леблана.

Вперше принцип дії АБП Леблана, кільцевих, маятникових і кульових АБП зробив спробу теоретично обґрунтувати у циклах своїх статей Сирл (E.L.Thearle) [4]. E.L.Thearle запропонував плоску модель ротора і АБП. У її рамках у ротора існує єдина критична швидкість, при перевищенні якої ротор починає обертатися легкою стороною назовні і починає проявлятися явище самоцентрування ротора, яке і було покладено Сирлем в основу принципу роботи усіх пасивних АБП не залежно від агрегатного стану використаних в них корегувальних мас. Для дослідження процесу зрівноваження ротора пасивними АБП Сирлем був застосований кінетостатичний або квазістатичний метод, який ґрунтується на припущенні, що перехідні процеси на рух ротора з АБП майже не впливають і тому рух системи науковець подає так: система ротор – АБП обертається навколо осі обертання як жорстке ціле; корегувальні маси (КМ) дуже повільно реагують на сили, що на них діють, і зрештою приходять до положення відносної рівноваги. Відповідно до цих припущень замість диференціальних рівнянь руху ротора і АБП складаються рівняння кінетостатики. Метод був засто-

сований у припущенні, що опори ізотропні і зовнішні сили опору відсутні. За результатами цих робіт всі пристрої працездатні на швидкостях, більших за критичну.

Підходи і результати робіт E.L.Thearle склали основу наступних досліджень: Дж. Ларрі, В.І. Сусаніна, Л.Н. Шаталова, Б.Н. Грушина, В.І. Кравченка, В.П. Нестеренка, А.А. Куїнджи, Ю.А. Колосова, Kim Hyun Min, Seiichsrou Suzuk, Tatsumi Hisao та інших науковців в галузі балансування роторів машин пасивними АБП. А отриманий без врахування специфіки саме автоматичного балансування ротора, а не його самоцентрування, специфічних властивостей КМ, сил опору, а відтак, теоретично необґрунтований і експериментально неперевірений висновок про обмеженість діапазону працездатності таких автобалансируючих пристроїв закритичною (або зарезонансною) зоною обертання ротора є малодослідженим і до тепер.

### **Література**

1. Яблонский А. А. Курс теории колебаний / А. А. Яблонский, С. С. Норейко. – М. : Наука, 1966. – 210 с.
2. Гольдин А. С. Вибрация роторных машин / А. С. Гольдин. – М. : Машиностроение, 2000. – 384 с.
3. Автоматическая балансировка роторов машин / А. А. Гусаров, В. И. Сусанин, Л. Н. Шаталов [та ін]. – М. : Наука, 1979. – 306 с.
4. Thearle E. L. Automatic dynamic balancers. Part 1. Leblanc balancers // Machine Design. – 1950. – Vol. 22, N 9. – P. 119–124.

## **ПЕРЕДАТОЧНІ ШЕСТИЛАНКОВІ ВАЖІЛЬНІ МЕХАНІЗМИ З РЕГУЛЬОВАНОЮ АМПЛІТУДОЮ КОЛИВАННЯ КУТОВОЇ ШВИДКОСТІ ВИХІДНОЇ ЛАНКИ**

*Головка О.В.*

*Хмельницький національний університет,  
вул. Інститутська, 11, м. Хмельницький, 29016, Україна, kevelena@i.ua*

У сучасній техніці використовуються механізми, які при сталому обертовому русі вхідної ланки забезпечують нерівномірний обертовий рух вихідної ланки. До таких механізмів відносяться зубчасті механізми з некруглими колесами, які мають у своєму складі вищу кінематичну пару, та важільні механізми: двокривошипний кулісний та двокривошипний шарнірний чотириланковий механізми.

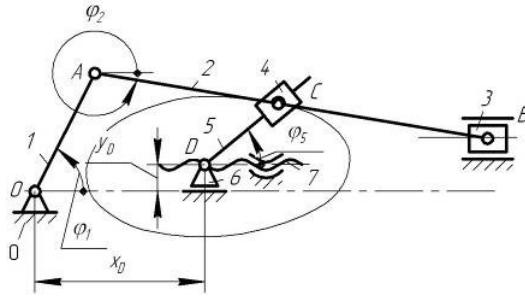


Рис. 1. Двокрилошипний шарнірний шестиланковий механізм ( $a \neq \text{const}$ )

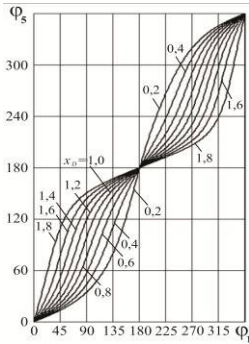


Рис. 2. Діаграми кутових переміщень ланки 5

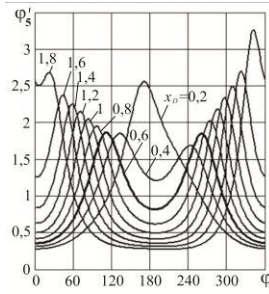


Рис. 3. Діаграми аналогів кутових швидкостей ланки 5

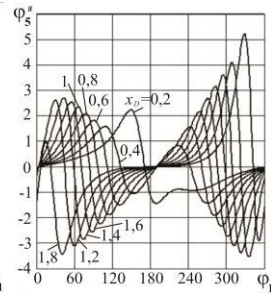


Рис. 4. Діаграми аналогів кутових прискорень ланки 5

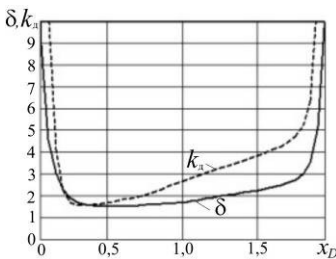


Рис. 5. Діаграми зміни коефіцієнтів нерівномірності руху  $\delta$  та динамічності  $k_a$

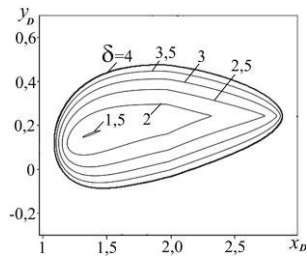


Рис. 6. Ізолнії коефіцієнтів нерівномірності руху  $\delta$

Функції передаточних важільних механізмів з регульованою амплітудою коливання кутової швидкості вихідної ланки можуть також виконувати дво-кривошипні шестиланкові важільні механізми з регульованою міжосьовою відстанню  $a = OD$  (рис. 1), одержані з використанням шатунних кривих базового механізму. Для прикладу за базовий механізм прийmemo кривошипно-повзунний механізм (ланки 0, 1, 2, 3), до якого у точці  $C$  приєднаємо структурну групу II класу III виду (ланки 4 і 5), причому центр обертання ланки 5 розмістимо в середині шатунної кривої, яку описує точка  $C$ . У такому випадку ланка 5 також буде здійснювати обертовий рух зі змінною кутовою швидкістю. Міняючи положення точки  $C$  на шатуні 2 або центра обертання ланки 5 в середині шатунної кривої, змінюємо амплітуду коливання кутової швидкості цієї ланки.

На рис. 2–4 наведені приклади деяких кінематичних діаграм ланки 5, на рис. 5 – діаграми зміни коефіцієнтів нерівномірності руху  $\delta$  та динамічності  $k_a$  залежно від величини  $x_D$  ( $x_{D\min} < x_D < x_{D\max}$ ), а на рис. 6 – геометричні місця (ізолінії) однакових коефіцієнтів нерівномірності руху вихідної ланки 5 залежно від положення центра її обертання в межах шатунної кривої. Змінюючи положення точки  $C$  на відповідних лініях, змінюємо закон руху вихідної ланки при одному і тому ж значенні  $\delta$ .

## Література

1. Кіницький Я. Т. Використання шатунних кривих для проектування двокривошипних важільних механізмів з регульованою амплітудою коливання кутової швидкості вихідної ланки / Я. Т. Кіницький, О. В. Головка, М. В. Марченко // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – Хмельницький, 2015. – № 3. – С. 19–21.
2. Пат. № 98746 Україна, МПК кл. F16H 25/00. Спосіб використання шатунних кривих для проектування двокривошипних важільних механізмів з регульованою амплітудою коливання кутової швидкості вихідної ланки / Я. Т. Кіницький, О.В. Головка ; заяв. і патенто-власник Хмельницький національний університет – № у 2014 11129; заявл. 13.10.2014 ; опубл. 12.05.2015, Бюл. № 9. – 6 с. : іл.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ



## КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ГЕОМЕТРИИ ДЛЯ СИНТЕЗА РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ IV КЛАССА С ВЫСТОЕМ ВЫХОДНОГО ЗВЕНА

Харжевский В.А.

Хмельницкий национальный университет,

Украина, г. Хмельницкий, ул. Институтская, 11, vk@solidworks.net.ua

Синтез рычажных механизмов с выстоем выходного звена является актуальной практической задачей, поскольку вследствие отсутствия высших кинематических пар, геометрического замыкания звеньев, такие механизмы имеют более высокую надежность, долговечность и нагрузочную способность по сравнению с другими типами механизмов, в частности, кулачковыми.

Рычажные механизмы с выстоем выходного звена могут выполняться как шестизвенные механизмы II класса [3, 4, 6], однако, как известно, для этого можно также использовать механизмы IV класса [1, 2], причем, как установлено автором [5], для их синтеза можно использовать методы кинематической геометрии.

На рис. 1 показана кинематическая схема шарнирно-рычажного механизма IV класса, который при определенном соотношении размеров звеньев может обеспечить периодическую остановку выходного звена (ползуна 5) при непрерывном вращательном движении начального звена (кривошипа 1).

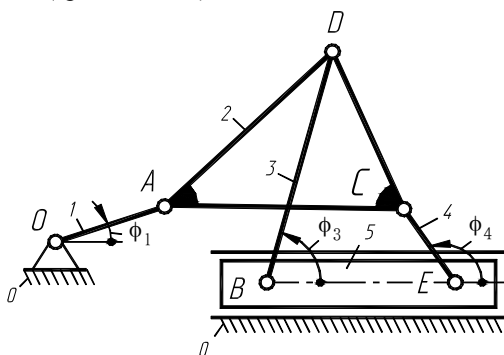


Рис. 1. Рычажный механизм IV класса с выходным звеном ползуном

Получить шестизвенный механизм IV класса с выстоем выходного звена можно следующим образом: в основе механизма  $OACDBE$  содержится шарнирный четырехзвенный механизм  $ACDBE$ , стойку

которого рассматриваем как неподвижное звено. В процессе работы такого механизма шарнирная точка  $A$  описывает определенную шатунную кривую (если начальное звено  $4$  является кривошипом – кривая будет замкнутой, в противном случае шатунная кривая точки  $A$  будет незамкнутой). В случае, когда указанная шатунная кривая будет иметь участок приблизительно постоянного радиуса  $R$ , то, присоединив к базовому четырёхзвенному механизму кривошип  $OA$  длиной  $R$  и сделав звено  $5$  подвижным, получим шестизвенный механизм с периодическим выстоем выходного звена, величина которого будет равна времени прохождения механизмом участка приближения.

Таким образом, задача синтеза механизма IV класса с выстоем выходного звена сводится к синтезу базового шарнирного четырехзвенного механизма  $ACDBE$ , шатунная кривая которого на определенном участке должна приближаться к дуге окружности, причем радиус приближения должен быть таким, чтобы присоединенное звено  $OA$  могло стать кривошипом.

В работе Зинченко Е. И. [2] эта задача решена с помощью метода синтеза по трем положениям механизма. Основным преимуществом этого метода является его относительная простота, но, как известно, методами кинематической геометрии можно достичь значительно лучшей точности приближения.

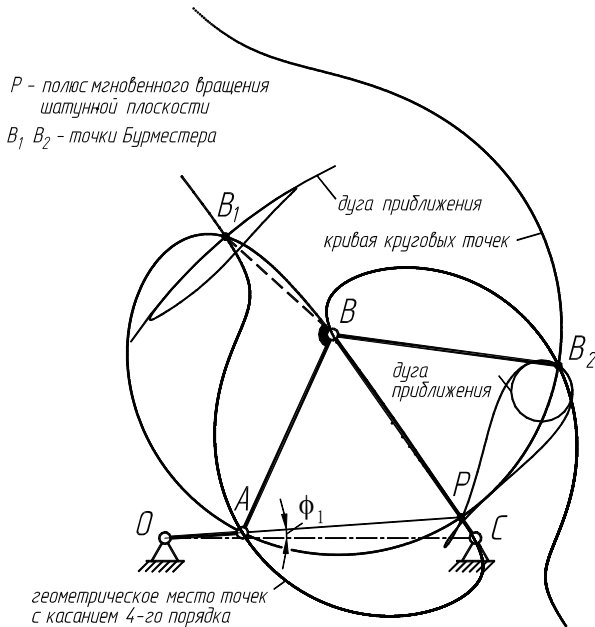
Как показали проведенные нами исследования, для синтеза таких механизмов могут успешно использоваться теоретические положения кинематической геометрии, поскольку круговой направляющий механизм можно синтезировать с помощью особых точек шатунной плоскости – точек Бурместера, которые обеспечивают касание 4-го порядка со своим кругом кривизны. Синтезу механизмов на основе точек Бурместера посвящены, в частности, работы автора [4, 5].

Как видно по рис. 2, в шатунной плоскости шарнирного четырехзвенного механизма в определенных положениях можно найти две точки Бурместера, которые не совпадают с подвижными шарнирами механизма. Причем при проведении синтеза механизмов II класса с остановкой выходного звена [4] используется первая точка Бурместера  $B_1$ , поскольку радиус приближения участка шатунной кривой с точкой Бурместера является достаточно большим, чтобы присоединить к механизму дополнительную структурную группу, выходное звено которой будет иметь периодическую остановку.

Такая точка Бурместера, как указано в [5], неприемлема для синтеза шестизвенных механизмов IV класса с остановкой выходного звена, поскольку звено, длина которого должна быть равна радиусу приближения участка шатунной кривой, в данном случае должно быть

не шатуном (как в механизмах II класса), а кривошипом (див. рис. 1).

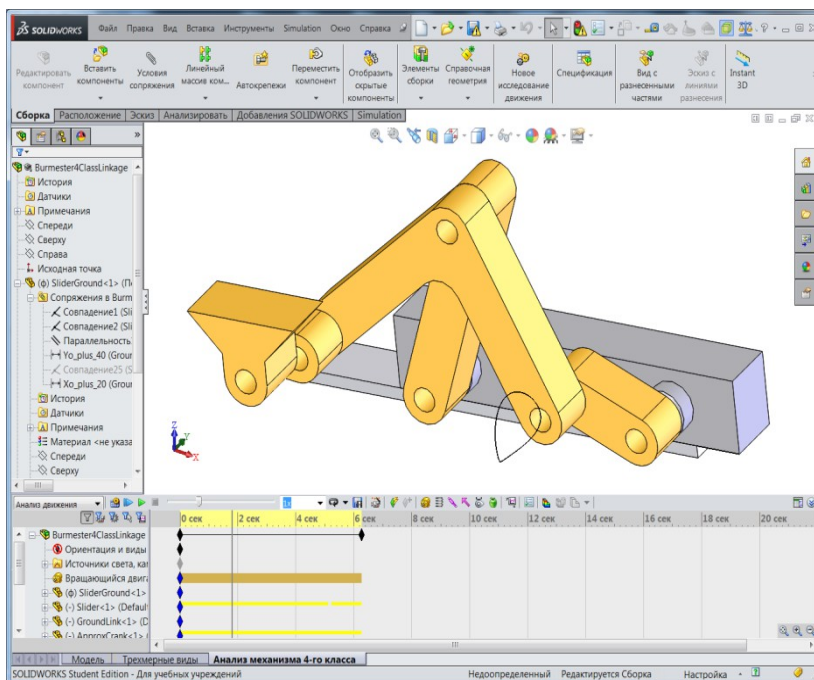
Поэтому для синтеза шестизвенных механизмов IV класса с остановкой выходного звена мы должны использовать другую точку Бурместера  $B_2$ , которая определяет шатунную кривую с участком приближения значительно меньшего радиуса (рис. 2).



**Рис. 2. Нахождение точек Бурместера в шатунной плоскости шарнирного четырехзвенного механизма**

В результате проведенных исследований установлено, что для синтеза механизмов IV класса могут использоваться не только точки Бурместера, но и круговые точки в общем виде: их геометрическим местом является кривая круговых точек [6], пример такой кривой показан на рис. 2. На основе теоретических положений кинематической геометрии были составлены алгоритмы и соответствующее программное обеспечение для синтеза механизмов IV класса с остановкой выходного звена с использованием круговых точек шатунной плоскости. Для проверки правильности теоретических положений и с целью проверки работоспособности полученных механизмов, в системе SolidWorks была разработана модель механизма IV класса (рис. 3). Все

рассчитанные параметры кинематической схемы механизма автоматически передаются в систему SolidWorks, проводится перестройка модели в соответствии с новыми параметрами и проверяется работоспособность спроектированного механизма.



**Рис. 3. Компьютерная модель шестизвенного механизма IV класса с периодической остановкой выходного звена (показана шатунная кривая кругового направляющего механизма)**

Для разработанной компьютерной модели, с помощью системы инженерного анализа SolidWorks Motion можно провести кинематический анализ спроектированного механизма. В частности, на рис. 4, 5 показаны примеры соответственно диаграмм перемещений и скоростей выходного звена. Как видно, синтезированный механизм обеспечивает периодическую остановку выходного звена.

Проведенное компьютерное моделирование подтвердило правильность теоретических методов и работоспособность синтезированных механизмов.

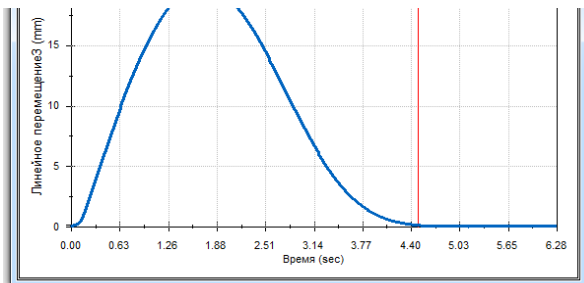


Рис. 4. Диаграмма перемещений выходного звена механизма

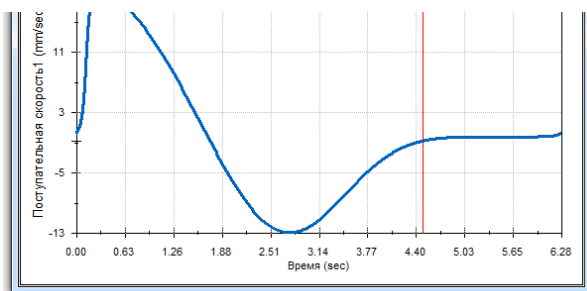


Рис. 5. Диаграмма скоростей выходного звена механизма

Разработанные методы синтеза, в отличие от [5], позволяют использовать для синтеза механизмов не только точки Бурместера, но и любые другие круговые точки шатунной плоскости шарнирного четырехзвенного механизма в общем виде. Исследование механизмов планируется продолжить в направлении проведения их оптимизационного синтеза по разным критериям.

### Литература

1. Джолдасбеков У. А. Графоаналитические методы анализа и синтеза механизмов высоких классов / У. А. Джолдасбеков. – Алма-Ата : Наука Казахской ССР, 1983. – 256 с.

2. Зинченко Е. И. Кинематический синтез шестизвенных механизмов четвертого класса с выстоем выходного звена : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.02 / Е. И. Зинченко. – Х., 2007. – 176 с.
3. Киницкий Я. Т. Шарнирные механизмы Чебышева с выстоем выходного звена / Я. Т. Киницкий. – К. : Вища школа, 1990. – 232 с.
4. Харжевський В. О. Аналітично-числовий синтез кругових напрямних механізмів на базі шарнірного чотириланкового механізму з використанням точок Бурместера / В. О. Харжевський, Я. Т. Кіницький // *Машинознавство*. – 2005. – № 4. – С. 26–31.
5. Харжевський В. О. Синтез важільних механізмів 4-го класу з зупинкою вихідної ланки з використанням точок Бурместера / В. О. Харжевський // *Вісник Хмельницького національного університету*. – 2007. – № 6. – С. 209–214.
6. Wang D. Kinematic Differential Geometry and Saddle Synthesis of Linkages / D. Wang, W. Wang// John Wiley & Sons Singapore Pte. Ltd., 2015. – 450 p.

## **ПРОБЛЕМА МІЦНОСТІ І ГЕРМЕТИЧНОСТІ КОМПАУНДОВАНИХ ВИРОБІВ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ**

*Ройzman В. П., Возняк А. Г.  
Хмельницький національний університет,  
м. Хмельницький, вул. Інститутська 11, Україна  
E-mail: royzman\_v@mail.ru, andrejvoznjak@mail.ru*

При аналізі причин відмов радіоелектронної апаратури, традиційно вважається, що 40–45 % відмов в експлуатації відбуваються через помилки, які допускаються на етапі проектування, 20 % – обумовлюється недосконалістю технологічних процесів виготовлення, а також недостатнім рівнем технологічної дисципліни, 30 % – викликано неправильними режимами експлуатації і порушенням правил технічного обслуговування і 5–7 % – від зношування складових частин і старіння матеріалів. Проте у наведеній класифікації не враховано взаємозв'язок, наприклад, конструкторських і технологічних причин відмов. Рішення ж проблем забезпечення якості вимагає не тільки врахування всіх етапів виготовлення: проектування, виготовлення, доведення і експлуатації, але і взаємного впливу цих етапів. Нехтування цим принципом веде до зниження якості. Так, на практиці досить часто недостатня надійність самих технологічних процесів виготовлення буває обумовлена недостатнім рівнем виробничої технологічності їх конструкції та

застосованої елементної бази. Більше того, проекти деяких систем, в основі яких були закладені прогресивні принципи їх дії, залишилися нереалізованими лише тому, що виявилися недостатньо технологічними, занадто трудомісткими, непридатними з точки зору виготовлення.

Аналіз сучасних виробів РЕА та їх елементної бази свідчить про те, що найбільш загальною тенденцією в розвитку радіоелектронної техніки є об'єднання все більшої інтеграції виконуючих функцій з все більшою її мікромініатюризацією. Наслідком цього є різке ускладнення конструкцій сучасних виробів і технологічних процесів їх виготовлення. Так технологія виготовлення сучасних мікросхем практично не допускає коригування їх структури і параметрів в процесі виготовлення, простіше створити нову мікросхему, ніж скоригувати вже виготовлену. Це різко зменшує можливість експериментального доведення (налагодження та оптимізації) і, відповідно, вимагає своєчасного вирішення основних питань технологічності конструкції і питань підвищення надійності технологічних процесів їх виготовлення з одночасним підвищенням точності проведених при цьому теоретичних розрахунків. Аналіз конструкторських особливостей сучасних виробів РЕА показує, що вирішення завдань забезпечення захисту від вологи і стійкості при зміні температури і тиску навколишнього середовища призвело до використання в конструкціях нових матеріалів з недостатньо вивченими властивостями і об'єднанню різнорідних матеріалів. Механічна взаємодія, що виникає в таких конструкціях, може істотно вплинути як на протікання основних електричних процесів, так і на працездатність виробу в цілому. Проте, на сьогодні, роботи з проектування РЕА часто проводяться лише у виключно радіотехнічному напрямку, без необхідних розрахунків на міцність, без вимірювання напружень і оцінки напруженого стану конструкцій в цілому і їх окремих елементів. В той же час сучасні вимоги і майбутнє радіоелектроніки, а також сфери її використання, висувають в один ряд з виключно радіоелектронними завданнями проблему забезпечення механічної міцності і надійності.

Конструкторські особливості сучасних РЕА обумовлюють необхідність спеціального вивчення питань їх міцності і герметичності, яким зараз приділяють недостатньо уваги. Справа в тому, що в процесі проектування і доведення РЕА дуже часто розглядаються лише їх електричні параметри. Що ж стосується конструкції герметизованих РЕА, то тут основну увагу потрібно приділити волого-захисним властивостям застосованих в них полімерних матеріалів. В той же час їх механічна міцність і взаємодія зі складовими частинами конструкції можуть мати істотний вплив, як на протікання електричних процесів, так і на працездатність пристрою в цілому. Крім того, дуже рідко при проєк-

туванні РЕА вивчається вплив їх механічних параметрів на значення електричних характеристик.

У сучасній радіоелектронній апаратурі широко використовуються герметизація деталей, вузлів і блоків терморезистивними компаундами на основі синтетичних полімерних смол. Герметизація є ефективним засобом захисту від вологи, хімічно агресивних речовин та інших шкідливих впливів навколишнього середовища. Як правило, герметизація покращує електроізоляційні, механічні та інші експлуатаційні характеристики апаратури, підвищує її надійність, а також має інші переваги. В той же час герметизація має і недоліки. Наприклад, завдяки низькій теплопровідності компаундів погіршується тепловідвід, компаунд обмежує можливості ремонту, внутрішні напруження в компаундах можуть знижувати працездатність деталей або цілісність компаунда.

Відомо, що герметизація може не дати потрібного ефекту і навіть призвести до зниження надійності апаратури через розтріскування компаунда, обриву електричних ланцюгів і інших неполадок, пов'язаних з внутрішніми напруженнями. Тобто, вибір компаунда з відмінними електроізоляційними, вологозахисними і технологічними характеристиками не є гарантією надійності роботи конструкції.

Прикрі і дорогі прорахунки виникають у тих випадках, коли при виборі компаунда беруть до уваги лише його характеристики як матеріалу і не враховують взаємодію з герметизованими елементами.

Звичайно, конструкторам відомо, що герметизуючі компаунди утворюють з елементами РЕА монолітні з'єднання. Внаслідок великої відмінності у фізико-механічних характеристиках всіх елементів, які становлять таку систему, вони неминуче взаємодіють між собою. На жаль, даних про взаємодію компаунда з елементами поки що в довідниках немає.

Є декілька книг з герметизації РЕА. Наприклад, книга Ч. Харпера [1] містить в собі деякі відомості, в тому числі по внутрішнім напруженням в компаундах, проте цей матеріал викладений у стислому вигляді і далекий від досконалості.

Журнальні статті з цієї тематики дають уривчасті відомості, і на додачу використання публікацій ускладнюється відсутністю загальноприйнятої термінології і методики вимірювання внутрішніх напружень. Склалося становище, при якому характеристики радіоелектронних схем, які визначаються схемно-електричними параметрами, підлягають теоретичному аналізу і розрахунку, в той час як компаунди для герметизації обираються інтуїтивно, на основі досвіду, рекомендацій фахівців. Якщо виріб, який герметизується, витримав задані навантаження, то завдання вибору компаунда вважається вирішеним. По-



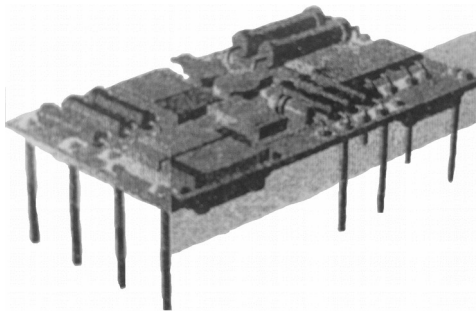
дальші пошуки, як правило, припиняються, хоча вимоги до фізико-механічних характеристик компаунда залишаються невивченими, і немає впевненості в тому, що обраний компаунд повністю їм відповідає. При необхідності заміни одного компаунда іншим складно визначити, які властивості повинні бути збережені або покращені, а які не мають істотного значення. При такому підході не може бути й мови про вибір оптимального компаунда.

Фізико-механічна взаємодія компаунда та елементів РЕА характеризується виникненням внутрішніх напружень.

Розглядаючи внутрішні механічні напруження, які виникають в монолітній системі компаунд – герметизована деталь, різні автори застосовують декілька різних термінів для їх позначення. Наприклад, в іноземній технічній літературі зустрічається термін: *internal stresses* – внутрішнє напруження або *residual stresses* – залишкове напруження; *interface stresses* – при позначенні радіальної складової напруження на межі розділу компаунд – герметизована деталь, а також для позначення рівномірно розподіленого радіального так званого контактного тиску компаунда на деталь; *shrinkage stresses* – так звані усадкові напруження.

У загальному випадку сучасна конструкція РЕА представляє собою гетерогенну систему з елементів РЕА і компаунда. Вони об'єднані фізико-механічними зв'язками, наприклад, силами адгезії компаунда. У такій системі затвердіння компаунда супроводжується зміною обсягу, при цьому усадкові деформації не проходять вільно.

Більшість конструкцій радіоелектронних пристроїв являють собою заполімеризований об'єм компаунда з багаточисленними включеннями у виді різнорідних елементів, плат з контактними виводами і можуть розглядатися як єдине тіло – з'єднання, складене з багатьох неоднорідних матеріалів, об'єднаних в одне ціле (рис. 1).

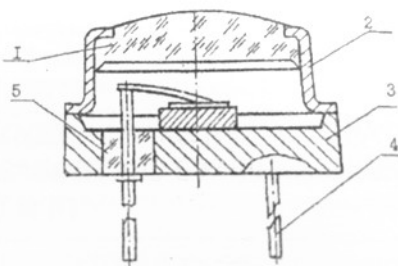


**Рис. 1. Гермомодуль**

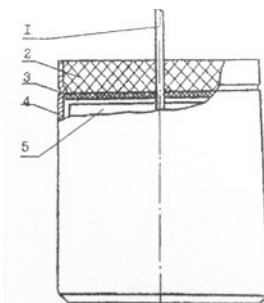
На етапах виробництва, зберігання і експлуатації при коливаннях температури, внаслідок відмінності фізико-механічних характеристик всіх елементів, які складають систему, має місце взаємодія компаунда з його включеннями, тобто з електронними елементами та іншими складовими конструкції, і виникають механічні напруження, від яких можуть руйнуватися найменш міцні ділянки конструкції.

Аналіз конструктивних особливостей типових резисторів і конденсаторів показує, що геометрична форма цих пасивних радіоелектричних компонентів, як правило, має вигляд тіла обертання, багатогранників або їх сукупностей. На рис. 2–5 приведені деякі з досліджуваних виробів.

До заливки герметизуючі елементи і герметик розігрівають до температури полімеризації, при цьому вони розширюються незалежно один від одного. Після заливки герметиком виріб розміщують в термостат і витримують до кінця процесу полімеризації, в ході якого через хімічну усадку герметика вже виникають незначні по величині [2] контактні тиски і напруження. Після завершення процесу полімеризації, внаслідок відмінностей в фізико-механічних характеристиках герметика і ЕРЕ, на їх межах виникають контактні тиски, котрі обумовлюють наявність напружень в матеріалах конструкції.



**Рис. 2. Фоторезистор:**  
1 – скляне віконце; 2 – кришка;  
3 – корпус; 4 – вивід; 5 – бусинка



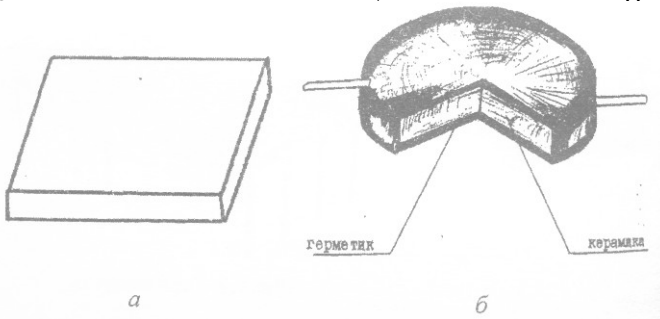
**Рис. 3. Тонкоплівковий конденсатор:**  
1 – вивід; 2 – компаунд;  
3 – прокладка; 4 – корпус; 5 – секція

Основними причинами виникнення внутрішніх напружень у гетерогенній системі є зміна обсягу затверділого компаунда порівняно з попереднім рідким станом, і відмінність в температурних коефіцієнтах розширення матеріалів, які складають гетерогенну систему. Напруження, які виникають при цих видах деформацій, отримали назву усадкових і термічних відповідно.

Виникнення усадкових напружень пов'язано з процесом утворення зшитої структури компаунда, який супроводжується орієнтацією молекул, виникненням хімічних зв'язків і утворенням ланцюгових молекул, взаємне розташування яких відрізняється від розташування молекул мономерів. Ці процеси супроводжуються зміною міжмолекулярних відстаней. Одночасно змінюється обсяг компаунда, відбувається усадка.

По відношенню до компаунду електрорадіоелементи є чужорідними тілами, які заважають вільній зміні обсягу компаунда. На поверхні чужорідних тіл релаксаційні процеси сповільнюються, через що виникають напружені структури [3, 4].

Внутрішні напруження можуть виникнути і без чужорідних елементів у зв'язку з тим, що в процесі переходу компаунда з високоеластичного в склоподібний стан різко збільшується в'язкість і зменшується швидкість високоеластичної деформації. В результаті в компаунді виникають так звані «гартівні» напруження. Ці напруження можуть бути причиною жолоблення литих і пресованих полімерних деталей напружень

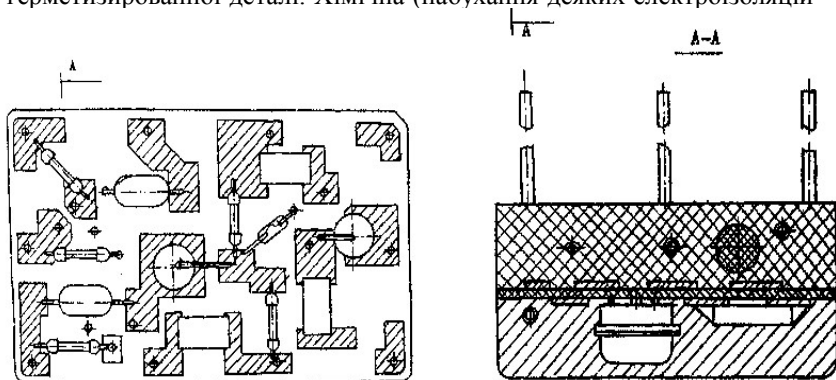


*а* *б*  
**Рис. 4. Конденсатор виду: а) КМ-5в; б) К15-5**

Термічні напруження обумовлені різними температурними коефіцієнтами лінійного розширення (ТКЛР) компаунда і герметизованих деталей. Згідно теорії пружності, будь-який обсяг однорідної термічно ізотропної речовини з ТКЛР більше нуля при охолодженні зменшується в розмірах без появи напружень за умови, що його температура змінюється рівномірно, і немає сил (зовнішніх чи внутрішніх), які заважають вільній зміні розмірів. А в з'єднаній системі «компаунд–електрорадіоелемент» ці умови, як правило, створити неможливо. Фактично деформація компаунда не проходить вільно через різні ТКЛР елементів, які складають з'єднану систему. Таким чином, при охоло-

дженні компаунда, що затвердіває, в ньому виникають термічні внутрішні напруження, які збільшуються у міру охолодження.

Очевидно, що внутрішні напруження не є фізичною константою, як, наприклад, питома вага, ТКЛР та інші властивості компаунда. Говорячи про внутрішні напруження в компаундах, мають на увазі явище, обумовлене фізико-механічними взаємодіями компаунда і герметизованої деталі. Хімічна (набухання деяких електроізоляцій-



**Рис. 5. Резистори, конденсатори та інші ЕРЕ в мікробірці**

Більшість неметалічних матеріалів, які застосовуються в конструкціях радіоелектронних систем (РЕС), є полімерами. Це пластмаси і гума, компаунди і клеї, скло і ситали, азбест і кераміка, слюда, кварц та ін.

Номенклатура полімерних матеріалів дуже велика, а інформації про їх властивості – мало, тому правильно обрати матеріал для конкретної РЕС дуже складно. На практиці нерідко виникає необхідність комплексного використання полімерних матеріалів в конструкціях РЕС. Разом з функціями електричної ізоляції полімери виконують роль конструкційних матеріалів.

Історично склалося так, що широке застосування полімерних матеріалів в електроніці відбулося на початку періоду мініатюризації, коли вироби, які герметизувалися, ще мали значні розміри і великі коефіцієнти запасу міцності. І на додачу рівень механічних впливів був нижче тих навантажень, які діють на сучасні РЕС. В той період характеристики полімерних матеріалів були мало вивчені і основні роботи були присвячені удосконаленню технології виробництва полімерів і технології герметизації РЕС.

Це і визначило те, що наукові роботи в основному присвячувалися міцності герметиків. В міру мініатюризації РЕС з'явилася проблема міцності елементів, які герметизуються, і в літературі стали з'являтися рекомендації з оцінки взаємодії елементів і конструкцій з герметизуючими матеріалами.

Розвиток техніки ставив перед інженерами все нові завдання, пов'язані з ускладненням умов роботи РЕС, і це викликало появу проблем, в яких потрібно було проводити розрахунки і розробляти методи випробувань апаратури при механічних і кліматичних впливах.

Слід зауважити, що якщо в початковий період мікромініатюризації в радіоелектроніці застосування методів і засобів, які використовувались у загальному машинобудуванні для вимірювання деформацій і напружень, було просто неможливим, то в даний час прогрес техніки вимірювання неелектричних величин електричними методами відкриває можливість для застосування деяких методів в електроніці.

Як показано в роботі [5], велике значення для працездатності РЕС, що герметизуються, має застосування полімерних герметизуючих матеріалів із заданими фізико-механічними властивостями. Тому певну кількість робіт присвячено вивченню фізико-механічних характеристик існуючих герметизуючих матеріалів [6–8], а також нових марок, які розроблюються, характеристики яких цілком би задовільнили вимоги працездатності конструкцій РЕС [9–11]. Визначення цих характеристик здійснюється експериментально (шляхом випробувань дослідних зразків матеріалу), або теоретично (шляхом розрахунків із залученням тих чи інших спрощених моделей, які описують процеси в полімерних матеріалах) [12–14].

Відомо, що фізико-механічні властивості герметиків, зокрема, внутрішні напруження в них, багато в чому залежать від режимів полімеризації. Конкретні рекомендації щодо вибору режимів полімеризації для різних рецептур герметизуючих матеріалів наводяться в літературі [13–15], але в цих роботах не враховується вплив заповнення обсягу елементами схеми.

Існують формули для розрахунку коефіцієнта лінійного теплового розширення (КЛТР) герметиків, виходячи з об'ємного вмісту компонентів [14, 15]. Проте ці формули не враховують механічної взаємодії наповнювача і ряду інших чинників. Відома також формула для розрахунку модуля пружності композицій, скріплених частинками [16], але вона враховує лише об'ємний вміст компонентів.

В роботах [3, 17] вказується, що фізико-механічні характеристики багато в чому залежать від складу полімерного матеріалу. Зокрема, введення пластифікаторів викликає зниження температури скотворення і модуля пружності, що обумовлює необхідність більш по-

глибленого вивчення міцності конструкцій РЕС, герметизованих такими матеріалами, наприклад, вивчення виникнення і розподілу залишкових напружень у з'єднаннях на основі епоксидних смол [18, 19–24].

В роботах [2, 25] та інших вказується на випадковий характер механічних характеристик матеріалів. Проте, як правило, тут для обробки експериментальних даних застосовується нормальний закон розподілу ймовірності, який найчастіше не описує реальний стан речей [17]. Тому є сенс продовжити дослідження статистичного характеру властивостей матеріалів і виробів з урахуванням того факту, що ці випадкові величини можуть мати не лише ненормальні, але і у ряді випадків, не одномодальні закони розподілу.

Аналізуючи дослідження, описані в розглянутих роботах, варто відмітити, що, будучи проведеними на лабораторних зразках або спрощених теоретичних моделях, вони носять більше якісний, ніж кількісний характер, що істотним чином обмежує сферу їх застосовності для реальних конструкцій. Між тим, практичні умови роботи герметизуючих матеріалів у всьому робочому діапазоні температур настільки складні, що їх повний облік поки неможливий і необхідні випробування в реальних умовах експлуатації [24].

Як стверджується в тій самій роботі [24], необхідно визначити ті фізико-механічні показники герметиків, які служать для характеристики та порівняння матеріалів, забезпечення даними для розрахунку та визначення експлуатаційних характеристик, контролю якості продукції власне в процесі виробництва. Об'єктивна наукова оцінка методів випробувань приводить до висновку про неправильність довільного застосування методів випробувань. Тут же вказується, що швидке зростання промисловості полімерів неминуче ставить практику перед теорією, а складність властивостей полімерів обумовлює недостатність наших знань про матеріали. В роботі робиться спроба вирішення зазначеної проблеми шляхом переоцінки явищ і перегляду підходу до випробувань. Проте вона в основному присвячена розвитку динамічних впливів і методів випробувань, які не враховують вплив статичних навантажень на міцність полімерів.

В ряді випадків фізико-механічні характеристики, які наводяться в різних роботах навіть одного і того ж автора, мають велике розходження. Так, зазначені в роботі [11] значення КЛТР ряду компаундів майже в три рази відрізняються від коефіцієнтів, зазначених у роботі [25] для цих же компаундів. Незважаючи на це, особливо цінним тут є експериментально отримані залежності фізико-механічних характеристик деяких компаундів від температури, але, на жаль, відсутні дані по розкиду цих характеристик.

Надалі ми сконцентруємося на дослідженні міцності і герметичності циліндричних компаундованих гермоузлих з прохідними выводами на прикладі тонко-плівкових і електролітичних конденсаторів. (див. рис. 3).

### Література

1. Харпер Ч. Заливка электронного оборудования синтетическими смолами / Ч. Харпер ; пер. с англ. – М. : Энергия, 1964. – 408 с.
2. Трифонюк В. В. Надежность устройств промышленной электроники / В. В. Трифонюк. – К. : Лыбидь, 1993. – 62 с.
3. Каргин В. А. Влияние объемной концентрации пластификатора на температуру стеклования пластика / В. А. Каргин, Ю. И. Малинский // Докл. АН СССР. – 1950. – Т. 73. – № 5.
4. Каргин В. А. Краткие очерки по физикохимии полимеров / В. А. Каргин, Г. Л. Слонимский. – М. : Химия, 1967. – 232 с.
5. Карина Т. Л. Эпоксидные – полиэфирные заливочные компаунды / Т. Л. Карина, М. А. Голубенко // Электронная техника. Материалы. – 1968. – Вып. 4. – С. 125–133.
6. Савинский П. А. Новые герметизирующие материалы, свойства и применение / П. А. Савинский. – Л. : ЛДНТП, 1971. – 18 с.
7. Черняк К. И. Эпоксидные компаунды и их применение / К. И. Черняк. – Л. : Судостроение, 1967. – 400 с.
8. Электроизоляционные компаунды. – М., 1969. – 15 с.
9. Кан К. Н. Механическая прочность эпоксидной изоляции / К. Н. Кан, А. Ф. Николаевич, В. М. Шанников. – Л. : Энергия, 1973. – 148 с.
10. Герметизация полимерными материалами в радиоэлектронике / Б. М. Тареев, Л. В. Яманова, В. А. Волков, Н. Н. Ивлев. – М. : Энергия, 1974. – 302 с.
11. Гуль В. Э. Структура и механические свойства полимеров / В. Э. Гуль, В. Н. Кулезяев. – М. : Высшая школа, 1986. – 312 с.
12. Ковальская А. В. Эпоксидные заливочные компаунды / А. В. Ковальская // Вестник электромашинопромышленности. – 1960. – № 2. – С. 1–6.
13. Черняк К. И. Эпоксидные компаунды и их применение / К. И. Черняк. – Л. : Судостроение, 1967. – 400 с.
14. Котрубенко Б. П. В ТКР некоторых компаундов, используемых для герметизации / Б. П. Котрубенко // Микропривод и приборы сопротивления. – Кишинев, 1967. – С. 280–282.
15. Современные композиционные материалы / Пер. с англ. ; под ред. Л. Браугмана, Р. Крока. – М. : Мир, 1970. – 672 с.

16. Журков С. Н. Проблема прочности твердых тел / С. Н. Журков // Вестник АН СССР. – 1957. – № 11. – С. 78–82.
17. Галушко А. И. Влияние свойств полимеров на надежность герметизированной аппаратуры / А. И. Галушко, Ю. Ф. Гедыч. – М. : Информстандартэлектро, 1969. – 52 с.
18. Абибов А. Л. Исследование остаточных (внутренних) напряжений в армированном эпоксидном полимере / А. Л. Абибов, Г. А. Молодцов // Механика полимеров. – 1965. – № 4. – С. 70–80.
19. Hagedorn M. Die Clasharz-Crenzfläche als zentrelproblem oler clagaserarkten kunststoffe / M. Hagedorn. – Kunststoffe, 1962. Bd 52, H 10. – S. 605–612.
20. Hasllett W. Shrinkage stresses in glass filament systems / W. Hasllett, Mc. Carry J. – Modern plastees, 1962. – Vol 40. – # 4. – P. 135–192.
21. Тернер С. Механические испытания пластмасс / С. Тернер ; пер. с англ. – М. : Машиностроение, 1979. – 144 с.
22. Локтаев В. С. Технология производства микромодулей / В. С. Локтаев, В. Д. Гимпельсон. – М. : Энергия, 1973. – 144 с.
23. Кан К. Н. Оценка работоспособности полимерных компандов / К. Н. Кан. – Л. : ДДНТП, 1974. – 18 с.
24. Гусев В. П. Технология радиоаппаратурыстроения / В. П. Гусев. – Г. : Высшая школа, 1972. – 496 с.
25. Zee H. Epoxy resins / H. Zee, K. Neville. – New York, 1967. – 922 p.

## **ТАРУВАННЯ ВІБРОВИМІРЮВАЛЬНОЇ АПАРАТУРИ**

*Ройзман В.П., Мороз В.А.*

*Хмельницький національний університет, Україна  
e-mail: royzman\_v@mail.ru, vik-moroz@yandex.ru*

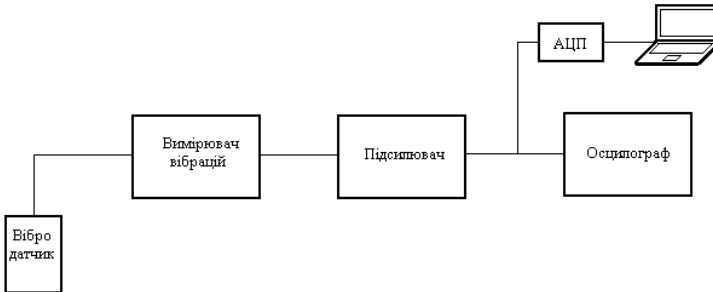
Тарування вібровимірювальної апаратури проводиться для визначення залежності між даними, що видаються вібровимірювальною апаратурою, і дійсними параметрами вібрацій [1].

Для приладів, що мають стрілочні покажчики, тарування полягає в калібруванні шкали стрілочного покажчика (вольтметра), а для шлейфових осцилографів, чи АЦП, які використовуються в комплексі з персональним комп'ютером – визначенням та встановленням необхідного коефіцієнту підсилення підсилювача (див. 1).

Тарування проводиться для кожного комплекту вібровимірювальної апаратури, в який входять: датчик для вимірювання вібрацій



(наприклад, АВС-01, АВС-05, ІС-313, ІС-318, МВ-22, МВ-25), підсилювач (наприклад, ПІІ-19, АВ-43, АВ-44), шлейфовий осцилограф (Н115, К 700), або стрілочний прилад, рівноцінний по точності вимірювань.



**Рис. 1. Блок-схема комплексу вібровимірювальної апаратури**

Процес тарування полягає в тому, що чутливому елементу вібровимірювальної апаратури (вібродатчику) задається вібрація із заздалегідь обговореною частотою і амплітудою, а сигнал з вібродатчика через прилад для вимірювання вібрацій і підсилювач подається на шлейфовий осцилограф, який фіксує покази на фотопалері, або на АЦП та персональний комп'ютер, який записує дані, обробляє та відображає на моніторі [2, 3].

Якщо в якості вимірювача вібрацій використовується прилад ПиУ-1м, то додатковий підсилювач в вимірювальній схемі не потрібен.

Одночасно проводиться калібрування стрілочного приладу, при якому визначається залежність між параметрами вібрацій та показниками стрілочного приладу. Результати тарування при цьому оформляються у вигляді таблиць, що показують залежність між дійсними параметрами вібрацій та відхиленням стрілки приладу.

Характеристики елементів вібровимірювальної апаратури можуть змінюватися з часом, тому тарування необхідно періодично повторювати (через півроку), а також після ремонту хоча б одного з приладів, що входять в комплект вібровимірювальної апаратури.

Кількість проведених вимірювань та їх тривалість записуються на зворотному боці тарувального графіка (таблиці) після кожної роботи (або відзначаються в протоколі і т.д.).

Для тарування вібровимірювальної апаратури потрібно дві групи допоміжного обладнання. До першої групи належать засоби вимірювання, що дозволяють з достатньою точністю визначити величину переміщення, яке фіксується вимірювальною апаратурою. До другої групи

належать вібростенди, за допомогою яких створюють переміщення деталей, що імітують поверхню об'єкта.

Тарування робочих комплектів вібровимірювальної апаратури можна проводити на спеціальному комплекті апаратури (наприклад, ВЕДС-10Л), а за відсутності такої, на установці, до складу якої входять: комплект вібровимірювальної апаратури, яка тарується, електродинамічний вібростенд, звуковий генератор та осцилограф.

Електродинамічний вібростенд призначений для штучного створення вібрацій в діапазоні частот 20–5000 Гц при максимальних амплітудах вібропереміщення до 5 мм. Він складається з: станини, вібратора з системою підвіски, яка налаштовується на резонанс; підсилювача низької частоти; випрямляча для підмагнічування вібратора; системи відліку побудованої на ОКГ, а також контрольного датчика і приладу для вимірювання прискорень.

Тарувальний комплект вібровимірювальної апаратури безпосередньо перед таруванням проходить такі випробування:

1. Визначається власна частота, чутливість і поріг чутливості кожного вібродатчика.
2. Проводиться калібрування вимірювача вібрацій, призначеного для роботи з даною апаратурою.
3. Визначаються частотні характеристики підсилювача (наприклад, ПИ-19, АВ-43, АВ-44) спільно зі шлейфом осцилографа.

Власні частоти датчиків визначаються на вібростенді. Для цього на платформі вібростенда монтується текстолітова діафрагма товщиною 2–3 мм і предметний столик вагою до 150 г. До предметного столика кріпиться випробуваний вібродатчик, який підключається до вольтметра типу ВЗ-13 і осцилографа.

Контролюючи по відліковому мікроскопу амплітуду коливань, яка повинна бути постійною, змінюють частоту коливань і роблять відлік по вольтметру, а по частотному вольтметру стежать за частотою коливань. Частота, при якій спостерігається падіння показань вольтметра, відповідає власній частоті індуктивного датчика (МВ-22, МВ-25). Якщо ж використовується п'єзодатчик, то про власну частоту датчика судять по збільшенню показань вольтметра.

Поріг чутливості датчика визначається на вібростенді наступним чином. Встановлюється та підтримується незмінною певна частота коливань. Плавно збільшуючи амплітуду коливань, визначають момент, при якому вольтметр починає давати показання, а на екрані осцилографа спостерігається спотворення синусоїди.

Амплітуда коливань зазначеного моменту називається порогом чутливості датчика.

Калібрування вимірювача вібрацій (приладу вимірювання прискорень) проводиться відповідно до інструкції з експлуатації приладу.

Частотні характеристики вимірювача вібрацій визначаються, як залежність вихідного сигналу і показань стрілочного приладу від частоти вхідного, постійного по величині, сигналу. Якщо в якості вимірювача вібрацій використовується прилад для вимірювання прискорень ПиУ-1М, то його частотна характеристика знімається разом з п'єзодатчиком. Для цього датчик встановлюється на вібростенді, столу вібростенда надається прискорення, рівне 1 g на частотах 50, 100, 1000, 2000, 3000, 5000, 6000, 7100 Гц і записуються показання приладу ПиУ-1М в одиницях прискорення. При цьому показання приладу не повинні відрізнятися від 1 g більш ніж на 20 %.

Якщо в схему вимірювальної апаратури входить підсилювач АВ-43 (АВ-44), то його частотна характеристика знімається наступним чином:

а) вхід підсилювача шунтується опором 20 Ом і підключається до звукового генератора і вольтметра;

б) на вихід підсилювача підключається опір 20 Ом і паралельно йому вольтметр;

в) перемикач роду робіт ставиться в положення «S»;

г) при постійному виході звукового генератора, ефективна напруга якого рівна 0,5 В, визначаються показання вольтметра на виході на частотах 60, 80, 100, 150, 200, 250, 300, 350 Гц.

Частотна характеристика підсилювача АВ-43 вважається задовільною, якщо відхилення інтегрування по відношенню до частоти 250 Гц, або до іншої, яка є головною для користувача становить не більше  $\pm 5\%$ .

Щоб провести тарування всього комплексу вібровимірювальної апаратури необхідно:

1. Зібрати схему комплексу віброапаратури (рис. 2).

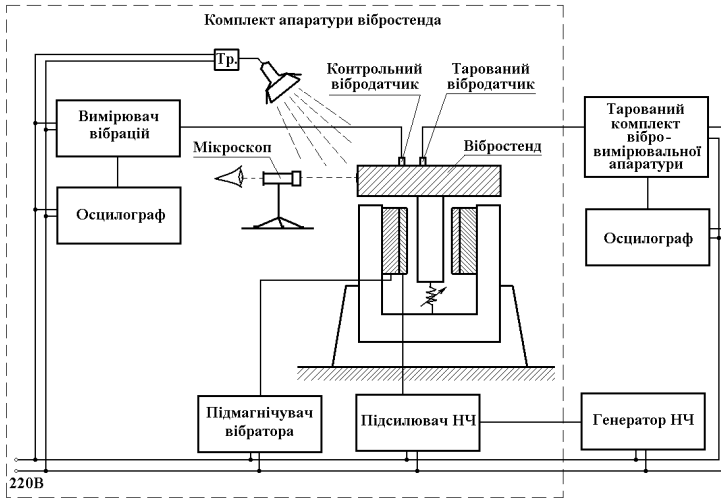
2. Включити і протягом 20 хв прогріти комплект віброапаратури.

3. Тарувальний вібродатчик в даному комплекті встановити на предметний столик вібростенда поруч з контрольним вібродатчиком (при його наявності).

Положення осі корпусу датчика повинне співпадати з напрямом вимірюваної вібрації та з позначенням на корпусі, яке показує напрям вібрації (горизонтальна або вертикальна).

4. Тарування датчика проводять на частотах 20, 50, 100, 200, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 Гц, для цього необхідно:

– включити вібростенд і налаштувати систему підвіски столу в резонанс при даній частоті;



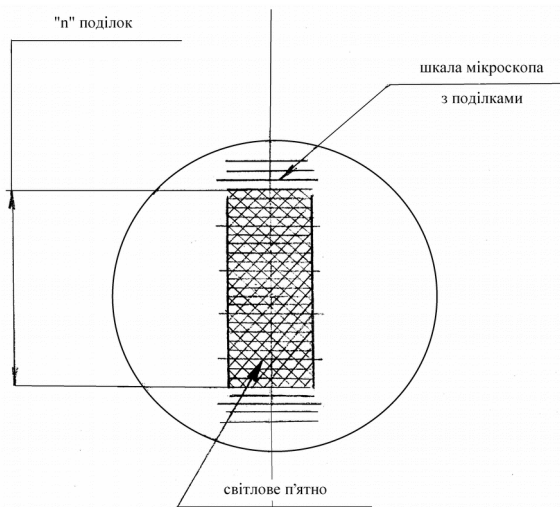
**Рис. 2** Блок-схема установки для тарування вібровимірювальної апаратури

– регулятором вхідної напруги на заданій частоті задати вібростолу розмах коливань  $2A = 0,1$  мм. Якщо при цьому в якості контрольного приладу використовується мікроскоп, то амплітуда коливань підраховується наступним чином.

Система підвіски, зокрема, дзеркальце, яке закріплене на боковій стороні вібростола, з нанесеною на ньому рисою, коливається з тією ж амплітудою, що і вібродатчик. При коливаннях дзеркальця зі звуковою частотою на місці риси, розглянутої через мікроскоп, видно розмиту прямокутну світлову пляму, що становить «п» поділок шкали мікроскопа (див. рис. 3).

Залежно від застосовуваного об'єктива ціна поділки шкали мікроскопа МПВ-1 становить: 0,001 мм (об'єктив 10x) для мікроскопа МИР-2 з об'єктивом 3,7x при тубусі «190» ціна поділки становить 0,036 мм. Отже, розмах коливань вібродатчика становить:  $2A = 0,001 \cdot n - t_p$  мм – для мікроскопа МПВ-1 (10x) або  $2A = 0,036 \cdot n - t_p$  мм – для мікроскопа МИР-2 з об'єктивом 3,7x і тубусом «190», де  $2A$  – розмах коливань вібродатчика;  $n$  – висота «світлової плями» в одиницях шкали мікроскопа;  $t_p$  – товщина риси дзеркальця вібростенда (мм).

В якості контрольного приладу для вимірювання дійсних параметрів вібрацій доцільно використовувати тарувальний пристрій з оптичним квантовим генератором (ОКГ).



**Рис. 3 Світлова пляма**

Вимірювання малих переміщень тут здійснюється оптичним вимірювачем швидкості (доплерівським локатором). При цьому вимірюється частота биття, що виникає при додаванні опорного і відбитого від об'єкта світлового коливання, яке внаслідок руху вимірюваної поверхні змінює свою частоту, пропорційно швидкості переміщення об'єкта.

### **Література**

1. Карпушин В. Б. Вибрации и удары в радиоаппаратуре / В. Б. Карпушин. – М. : Сов. радио, 1971. – 344 с.
2. Матвеев С. Е. Методы системного анализа вибрационной прочности изделий / С. Е. Матвеев, Ю. И. Кофанов, В. П. Ройзман. – М. : Радио и связь, 2002. – 180 с.
3. Ройзман В. П. Механика в электронике. В 3 т. Т. 2. Динамическая прочность : монография / В. П. Ройзман. – Хмельницкий : ХНУ, 2015. – 313 с.

## СЕКЦИЯ ПРОБЛЕМ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

### НАНОСТРУКТУРЫ НА РЕЖУЩЕМ ИНСТРУМЕНТЕ ИЗ СВЕРХТВЕРДОГО МАТЕРИАЛА КИБОРИТА ПРИ ДЕЙСТВИИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

*Костюк Г.И., Павленко В.Н., Панченко Ю.С.*

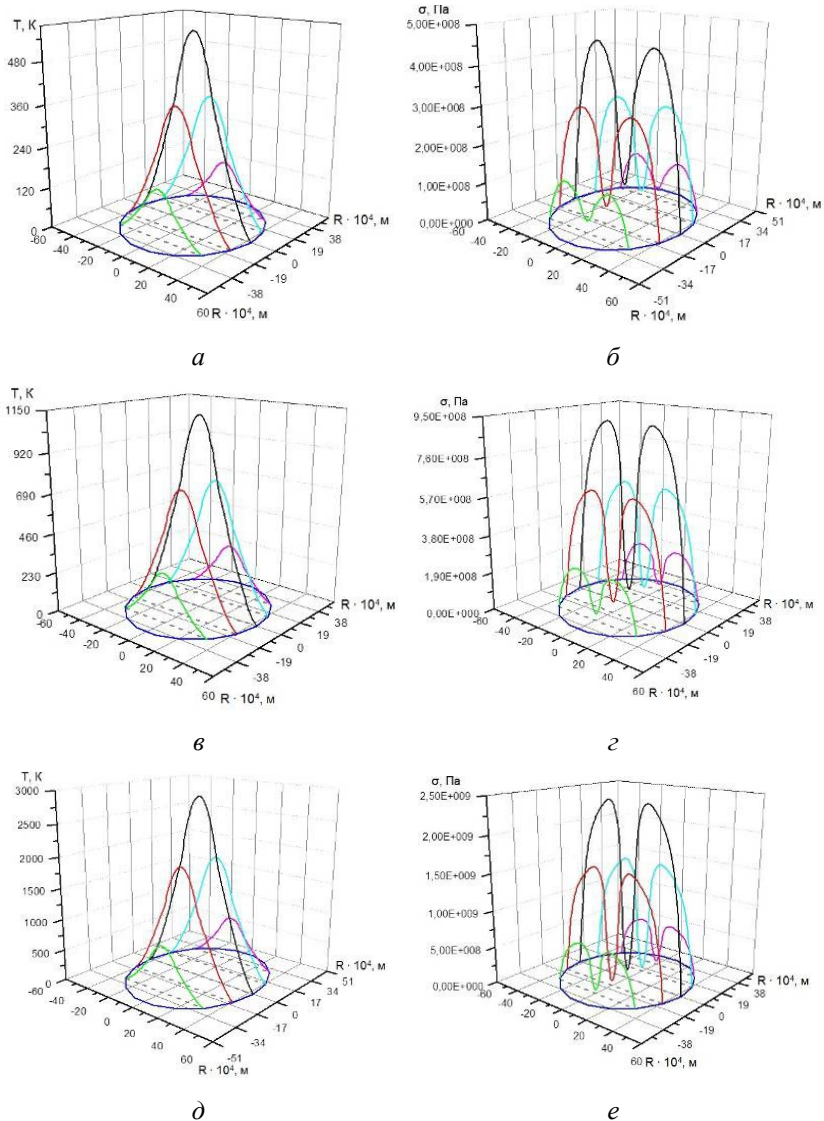
*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»,  
г. Харьков, Украина*

Применение РИ из сверхтвердых материалов сдерживаются, так как они имеют высокую твердость, да и значительный модуль упругости, что не даёт возможности их использовать при действии ударных нагрузок (прерывистое резание или работа РИ по корке). В тоже время наноструктуры обладают высокой твердостью, имеют малый модуль упругости и высокую ударную вязкость, что позволяет им выдерживать ударные нагрузки. Это свидетельствует о том, что создание на новых сверхтвердых материалах наноструктурных слоёв является важной и актуальной задачей для инструментального производства [1, 2].

Применение киборита (разработан ИСМ им. Бакуля) для лезвийного инструмента исследовалась в работе [3]. При точении высокоуглеродистой стали У8 при скоростях резания 0,1...2,66 м/с определялся коэффициент усадки стружки. Показано, что он достигает максимума при скорости 1 м/с и составляет 3,5; при возрастании скорости резания до 2,66 м/с он снижается до 3,2. Как показано в наших работах, обобщённых в [2], коэффициент усадки стружки является важной характеристикой, определяющей силу трения, а в конечном случае и силу нормального давления на переднюю поверхность. Это позволяет, предположив политропический закон сжатия и воспользовавшись значениями показателя политропы сжатия [2] (считаем, что этот закон справедлив в области текучести) получить исходные параметры для описания процесса резания. В настоящее время новый материал РИ – киборит – не достаточно изучен, хотя обладает довольно высокими характеристиками: предел прочности составляет 0,45 ГПа, твердость по Кнупу 38,1 ГПа, теплопроводность 100 Вт/(м·Кл), плотность 3,26 кг/м<sup>3</sup>. Всё это свидетельствует о достаточно высоких физико-механических характеристиках киборита, а получение на нём наноструктур их су-

щественно улучшит. Поэтому в настоящей работе рассмотрен теоретический вопрос прогнозирования технологических параметров ионизирующего излучения: плотности теплового потока и времени его действия. В работах [2–3] рассмотрена теоретическая задача о получении наноструктур в материале при действии ионизирующего излучения на основе решения совместной задачи теплопроводности и термоупругости с учётом затрат энергии на кристаллизацию. В результате решения задачи были получены размеры зерна, объём кристаллита и глубины его залегания, что, в конечном счёте, позволяет оценить необходимую плотность теплового потока и время его действия для максимального заполнения слоя наноструктурами. Это позволяет конструировать слои наноструктур требуемой толщины, а, с учётом зависимости физико-механических характеристик от размера зерна, получить требуемые качественные характеристики.

Проводилось исследование действия ионизирующего излучения с плотностью теплового потока  $10^8 \dots 10^{11}$  Вт/м<sup>2</sup> и временем действия  $10^{-7} \dots 10^{-4}$  с. Рассчитывались поля температур и температурных напряжений, по которым оценивались размеры зоны, где есть вероятность получения НС. Проводилась проверка этих зон по скорости нарастания температуры (необходимым критерием образования НС является скорость нарастания температуры больше  $10^7$  К/с). На рис. 1 приведены наиболее характерные распределения температур (рис. 1, а, в, з) и температурных напряжений на поверхности киборита при действии ионизирующего излучения плотностью теплового потока  $q = 10^{11}$  Вт/м<sup>2</sup> и времени действия  $10^{-7}$  с (рис. 1, а, б),  $10^{-6}$  с (рис. 1, в, з) и  $10^{-5}$  с (рис. 1, д, е). Видно, что при времени действия  $10^{-7}$  с максимальная температура достигает 560 К, то есть в этом случае только для ограниченного участка детали есть возможность получения наноструктур (температура должна быть выше 500 К (рис. 1, а)). В тоже время температурные напряжения достигают  $4,49 \cdot 10^8$  Па, что может ускорить образование НС. Повышение времени действия до  $10^{-6}$  с увеличивает максимальную температуру до 1120 К. В этом случае зона появления НС существенно возрастает и следует ожидать уже относительно больших размеров кластера. Температурные же напряжения составляют  $8,98 \cdot 10^8$  Па. Здесь существует более высокая вероятность получения НС и ускорение их образования за счёт действия температурных напряжений. При времени действия ионизирующего излучения  $10^{-5}$  с температуры возрастают до 2900 К, что может повлиять на размеры зоны НС, которые вначале действия ионизирующего излучения образовались, а потом, из-за температур больших 1500 К, увеличились до размеров субмикроструктур. В таком случае эта зона может быть окружена кольцом из НС, обладающих высокими физико-механическими характеристиками.



**Рис. 1.** Распределение температур (а, в, д) и температурных напряжений (б, г, е) на поверхностях  $x = 4,54 \cdot 10^{-6}$  м (а, б),  $1,44 \cdot 10^{-5}$  м (в, г) и  $4,54 \cdot 10^{-5}$  м (д, е) при действии ионизирующего излучения на киборит при плотности теплового потока  $10^{11}$  Вт/м<sup>2</sup> и времени его действия  $t = 10^{-7}$  с (а, б),  $t = 10^{-6}$  с (в, г) и  $t = 10^{-5}$  с (д, е)



При этом температурные напряжения достигают  $2,33 \cdot 10^9$  Па, т.е. они приближаются к напряжениям необходимым для реализации НС ( $10^{10}$  Па), а значит, существенно ускоряют процесс их образования.

Анализ результатов расчетов, аналогичных приведенным, показывают, что в случае действия ионизирующего излучения с плотностью теплового потока  $10^4$  Вт/м<sup>2</sup> при временах его действия от  $10^{-7}$  до  $10^{-5}$  с есть реальная возможность получения слоев наноструктур от  $7 \cdot 10^{-7}$  до  $3,5 \cdot 10^{-5}$  м. При плотности теплового потока  $10^9$  Вт/м<sup>2</sup> по критерию требуемой температуры можно ожидать наноструктуры при времени действия  $10^{-4}$  с, но в этом случае скорость роста температуры меньше необходимой для получения наноструктур и составляет величины от  $3,04 \cdot 10^6$  до  $7,16 \cdot 10^6$  К/с.

Показана возможность получения наноструктур при действии ионизирующего излучения с плотностью теплового потока  $10^{11}$  Вт/м<sup>2</sup> и временем действия  $10^{-7} \dots 10^{-5}$  с. Глубина слоя с НС составляет величину от  $10^{-7}$  до  $10^5$  м. При меньших плотностях теплового потока  $10^{10}$  Вт/м<sup>2</sup> получения наноструктур даже малой толщины проблема-тично, а при плотностях теплового потока порядка  $10^9$  Вт/м<sup>2</sup> вообще невозможно.

Перспективными для получения наноструктур могут быть плотность теплового потока порядка  $10^{12}$  Вт/м<sup>2</sup> и временами действия теплового потока  $10^{10} \dots 10^{-7}$  с

## Литература

1. Костюк Г. И. Нанотехнологии: выбор технологических параметров и установок, производительность обработки, физико-механические характеристики наноструктур [Текст]: моногр. / Г. И. Костюк. – К. : Изд. центр Междунар. академии наук и инновац. технологий, 2014. – 472 с.
2. Костюк Г. И. Нанотехнологии: теория, эксперимент, техника, перспективы : монография / Г. И. Костюк. – К. : Изд. центр Междунар. академии наук и инновац. технологий, 2012. – 648 с.
3. Костюк, Г. И. Наноструктуры и нанопокрyтия: перспективы и реальность : учеб. пособие / Г. И. Костюк. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2009. – 406 с.
4. Костюк, Г. И. Эффективный режyщий инструмент с покрытием и упрочненным слоем : моногр.-справочник / Г. И. Костюк. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2007. – 633 с.
5. Костюк, Г. И. Эффективный режyщий инструмент с покрытием и упрочненным слоем : справочник / Г. И. Костюк. – К. : Вид-во АНУ, 2003. – 412 с.

6. Костюк, Г. И. Физико-технические основы роботизированного производства : учеб. пособие / Г. И. Костюк. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2006. – 614 с.

7. Костюк, Г. И. Физико-технические основы нанесения покрытий, ионной имплантации и ионного легирования, лазерной обработки и упрочнения, комбинированных технологий / Г. И. Костюк. – К. : Изд-во АИНУ, 2002. – 1030 с.

## **О ВЗАИМОВЛИЯНИИ РАЗМЕРА ЗЕРНА И ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ФИРМЫ TAEGUTEC**

<sup>1</sup>*Костюк Г.И.,* <sup>2</sup>*Костюк Е.Г.,* <sup>2</sup>*Тарасюк А.П.*

<sup>1</sup>*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского  
«Харьковский авиационный институт», г. Харьков, Украина*

<sup>2</sup>*Украинская инженерно-педагогическая академия, г. Харьков, Украина*

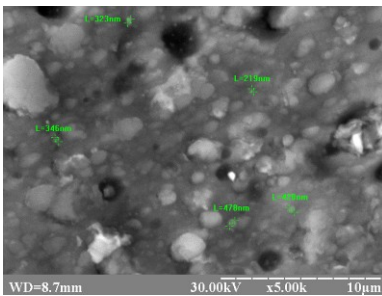
Фирма ТаегуТес производит инструмент, который можно использовать для широкого круга технологий, причём этот инструмент на рынке Украины завоевывает всё большую популярность за счёт не высокой стоимости и высокой работоспособности, т.е. для этого инструмента наилучшее соотношение цена–качество. В связи с тем, что была обнаружена взаимосвязь между размером зерна и работоспособностью РИ [1–4], необходимо было оценить взаимосвязь между размером зерна и стойкостью, а также снимаемым объёмом материала за период стойкости. Все изложенное говорит о важности и своевременности проведения такого исследования.

Несмотря на широкое использование в промышленности Украины РИ фирмы ТаегуТес исследованию вопроса эффективности его применения в зависимости от размера зерна не проводилось. Как показали наши исследования [5–7], размер зерна оказывает существенное влияние на микротвёрдость поверхностного слоя инструмента, а значит, обеспечивает снижение абразивного износа. Повышенная коррозионная стойкость наноструктур, по сравнению со структурами с обычным зерном, позволит улучшить и эту характеристику. Меньший модуль упругости наноструктурного слоя обеспечит высокую работоспособность инструмента при работе на удар, повышенный предел текучести и предел прочности обеспечит снижение влияния ползучести и упругого скола режущего клина РИ.

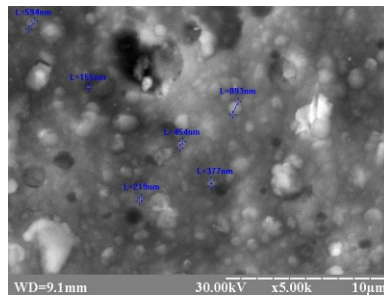
Экспериментальное определение размера зерна проводилось с помощью электронного микроскопа РЭМ-106. Так, результаты такого

исследования для пластины CNMD 190624 NY TT8125 с покрытием  $0,2\text{HfN}+0,8\text{ZrN}$  приведены на микрофотографии рис. 1. Видно, что на покрытии реализуются нанокластеры размером 47,8 нм и кластеры субмикроразмеров 219...323 нм. Малый размер нанокластера говорит о возможности существенного повышения работоспособности этого РИ.

Аналогичная микрофотография для пластины TBGT 060104 L-FF СТ3000 представлена на рис. 2. Видно, что в этом случае наблюдается широкая гамма размеров для зерна: субмикроструктурных 155 нм и 210 нм; субмикроструктурных переходящих в микроструктурные 377 нм, 454 нм и микроструктурных 893 нм. Наличие значительного числа субмикроструктурных зёрен будет повышать эффективность работы инструмента, тогда как микроструктурные будут повышать ее в меньшей степени.



**Рис. 1. Микрофотография поверхности пластины CNMD 193624 NY TT8125 с зафиксированным размером зерна с покрытием  $0,2\text{HfN} + 0,8\text{ZrN}$**

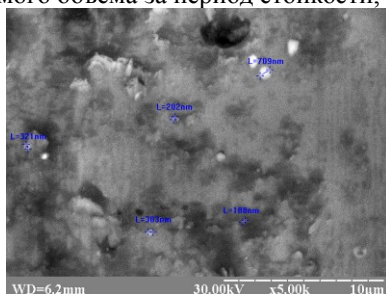


**Рис. 2. Микрофотография поверхности пластины TBGT 060104 L-FF СТ3000 с зафиксированным размером зерна (без покрытия)**

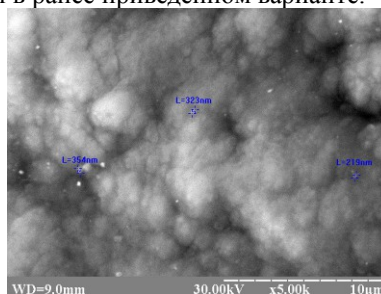
Для пластины TDXU 4E-0.4 TT9080 наблюдаются субмикроструктурные зерна размером 182 и 202 нм, есть в наличии субмикроструктурные, но приближающихся к микроструктурным 303 нм и 709 нм (рис. 3). Такой РИ за счёт значительного числа субмикроструктурных зёрен и незначительного количества микроструктурного зерна будет так же обеспечивать более-менее приемлемую стойкость и снимаемый объём материала за период стойкости.

Для пластины DNMG 150404 L-VF TT5100 имеем субмикроструктурные зёрна размером 219 нм и субмикроструктурные приближающиеся к микроструктурным 354 нм (рис. 4). В этом случае следует

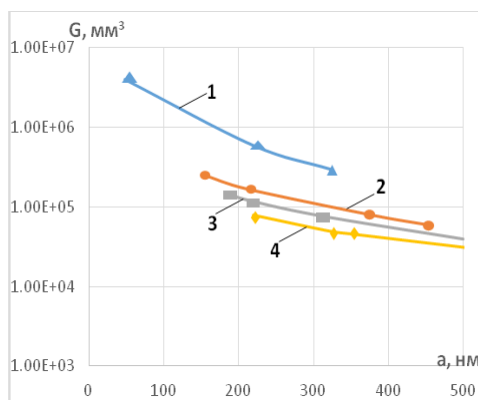
ожидать несколько менее высоких показателей стойкости и снимаемого объема за период стойкости, чем в ранее приведенном варианте.



**Рис. 3. Микрофотография поверхности пластины TDXU 4E-0.4 TT9080 с зафиксированным размером зерна (без покрытия)**



**Рис. 4. Микрофотография поверхности пластины DNMG 150404 L-VF TT5100 с зафиксированным размером зерна (без покрытия)**



**Рис. 5. Зависимость снимаемого объема от размера зерна на пластинах фирмы TaeguTec (1 – CNMD 193624 HY TT8125; 2 – TBGT 060104 L-FF CT3000; 3 – TDXU 4E-0.4 TT9080; 4 – DNMG 150404 L-VF TT5100)**

Результаты исследования зависимости снимаемого объема от среднего размера зерна в материале РИ представлены на рис. 5, где видно, что с ростом размера зерна снимаемый объем материала за период стойкости уменьшается. Так, для первой пластины максимальный снимаемый объем материала за период стойкости реализуется для

режущего инструмента с минимальным размером зерна (кривая 1, см. рис. 5, пластина CNMD 193624 NY TT8125), с увеличением размера зерна величины снимаемого объема материала за период стойкости снижаются (кривая 2, рис. 5 пластина TBGT 060104 L-FF CT3000), для остальных пластин (кривые 3 и 4 – пластины TDXU 4E-0.4 TT9080 и DNMG 150404 L-VF TT5100) кривые лежат близко, так как значения размера зерна незначительно отличаются. В связи с тем, что довольно большое число субмикроструктур реализуется практически во всех исследуемых пластинах, то это снижение менее значительное, чем если бы мы сравнивали режущую пластину только с наноструктурным зерном и пластины с субмикроструктурным и микроструктурным зерном. В таком случае следовало бы ожидать существенного различия снимаемого объема материала за период стойкости. Наличие в пластинах широкой гаммы размеров зерна связана с тем, что при нанесении покрытия или другом виде упрочнения слоя за счёт термического влияния при обработке есть реальная возможность роста зерна при температуре превышающей 1500 К.

Показано, что размер зерна на режущих пластинах существенно влияет на эффективность работы РИ. Очевидно, что увеличение доли субмикроструктур и микроструктур в материале пластины будет снижать эффективность её работы. Для того чтобы кардинально повысить режущие свойства пластин необходимо обеспечить такой завершающий технологический приём, при котором максимальное число зёрен будет наноструктурным, что очевидно требует усовершенствования технологического оборудования.

### **Литература**

1. Костюк Г. И. Нанотехнологии: выбор технологических параметров и установок, производительность обработки, физико-механические характеристики наноструктур : монография / Г. И. Костюк. – К. : Изд. центр Междунар. академии наук и инновац. технологий, 2014. – 472 с.
2. Костюк Г. И. Эффективный режущий инструмент с покрытием и упрочненным слоем : моногр.-справочник / Г. И. Костюк. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2007. – 633 с.
3. Костюк Г. И. Эффективный режущий инструмент с покрытием и упрочненным слоем : справочник / Г. И. Костюк. – К. : Изд-во АИНУ, 2003. – 412 с.
4. Костюк Г. И. Физико-технические основы роботизированного производства : учеб. пособие / Г. И. Костюк. – Х. : Нац. аэрокосм.

ун-т «ХАИ», 2006. – 614 с.

5. Костюк Г. И. Физико-технические основы нанесения покрытий, ионной имплантации и ионного легирования, лазерной обработки и упрочнения, комбинированных технологий / Г. И. Костюк. – К. : Изд-во АИНУ, 2002. – 1030 с.

6. Костюк Г. И. Нанотехнологии: теория, эксперимент, техника, перспективы : монография / Г. И. Костюк. – К. : Изд. центр Междунар. академии наук и инновац. технологий, 2012. – 648 с.

7. Костюк Г. И. Наноструктуры и нанопокрyтия: перспективы и реальность : учеб. пособие / Г. И. Костюк. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2009. – 406 с.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУР НА РЕЖУЩЕМ ИНСТРУМЕНТЕ ИЗ СВЕРХТВЕРДОГО МАТЕРИАЛА КИБОРИТА ПРИ ДЕЙСТВИИ ИОНОВ**

*Костюк Г.И., Размджу Бехзад*

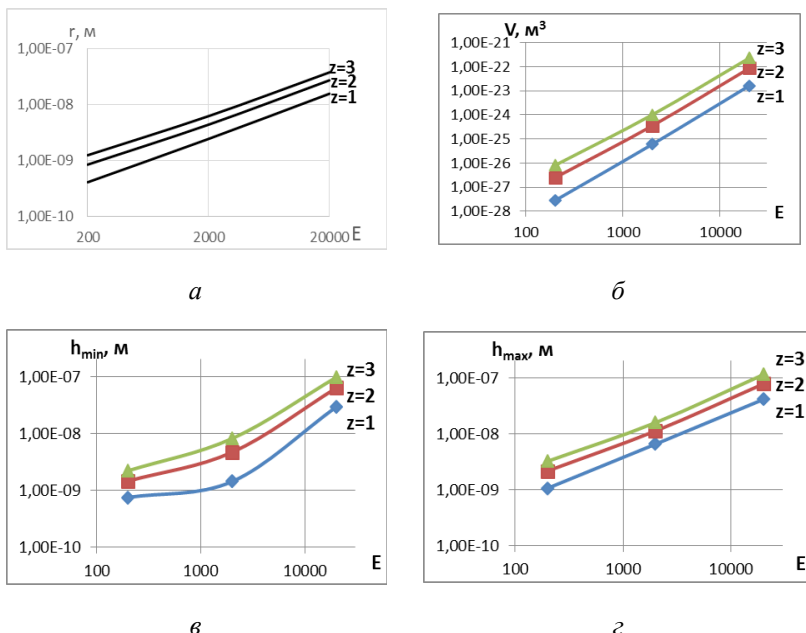
*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского  
«Харьковский авиационный институт», Украина*

Режущие инструменты из сверхтвердых материалов широко не используются, хотя они имеют высокую твердость, да и значительный модуль упругости, что не даёт возможности их применять при действии ударных нагрузок (прерывистое резание или «работа РИ по корке»). В тоже время наноструктуры обладают высокой твердостью, имеют малый модуль упругости и высокую ударную вязкость, что позволяет им выдерживать ударные нагрузки.

В работах [1–3] рассмотрена теоретическая задача о получении наноструктур в материале при действии потоков ионов на основе решения совместной задачи теплопроводности и термоупругости с учётом затрат энергии на кристаллизацию. В результате решения задачи были получены размеры зерна, объём кристаллита и глубины его залегания, что, в конечном счёте, позволяет оценить необходимую плотность ионного тока для максимального заполнения слоя наноструктурами для каждого сорта иона, его энергии и заряда. Это позволяет конструировать слои наноструктур требуемой толщины с учётом зависимости физико-механических характеристик от размера зерна, а значит и необходимых качественных характеристик.

Проводилось исследование действия ионов  $B^+$ ,  $C^+$ ,  $N^+$ ,  $Al^+$ ,  $V^+$ ,  $Cr^+$ ,  $O^+$ ,  $Ni^+$ ,  $Fe^+$ ,  $Co^+$ ,  $Y^+$ ,  $Zr^+$ ,  $Mo^+$ ,  $Hf^+$ ,  $Ta^+$ ,  $W^+$ ,  $Pt^+$  с разными

зарядами ( $z = 1, z = 2, z = 3$ ) и энергией  $2 \cdot 10^2 - 2 \cdot 10^5$  эВ на сверхтвёрдый материал киборит. Рассчитывались радиус зерна, объём нанокластера, максимальная и минимальная глубины НК. Так, на рис. 1 представлены зависимости радиуса зерна (*a*), объёма нанокластера (*б*), минимальной (*в*) и максимальной (*з*) глубины НК.



**Рис. 1. Зависимости радиуса НК (*a*), объёма нанокластера (НК) (*б*), минимальной (*в*) и максимальной (*з*) глубины залегания НК при действии ионов бора ( $B^+$ ) с различным зарядом ( $z = 1, z = 2, z = 3$ ) для киборита**

Видно, что для случая действия ионов  $B^+$  радиус зерна колеблется в диапазоне от  $4,06 \cdot 10^{-10}$  до  $3,8 \cdot 10^{-8}$  м, величина объёма нанокластера составляет  $2,81 \cdot 10^{-28} - 2,3 \cdot 10^{-22}$   $m^3$ , глубина залегания  $7,54 \cdot 10^{-10}$  до  $1,15 \cdot 10^{-7}$  м.

Для действия ионов  $C^+$  радиус зерна колеблется в диапазоне от  $3,9 \cdot 10^{-10}$  до  $3,35 \cdot 10^{-8}$  м, величина объёма нанокластера составляет  $2,48 \cdot 10^{-28} - 1,57 \cdot 10^{-22}$   $m^3$ , глубина залегания  $7 \cdot 10^{-10}$  до  $9,71 \cdot 10^{-8}$  м.

При действии ионов  $N^+$  радиус зерна колеблется в диапазоне от  $3,78 \cdot 10^{-10}$  до  $2,98 \cdot 10^{-8}$  м, величина объёма нанокластера составляет  $2,26 \cdot 10^{-28} - 1,11 \cdot 10^{-22}$   $m^3$ , глубина залегания  $6,65 \cdot 10^{-10}$  до  $8,4 \cdot 10^{-8}$  м.

Для ионов  $Al^+$  радиус зерна колеблется в диапазоне от  $3,54 \cdot 10^{-10}$  до  $1,93 \cdot 10^{-8}$  м, величина объёма нанокластера составляет  $1,86 \cdot 10^{-28} - 3,01 \cdot 10^{-23}$  м<sup>3</sup>, глубина залегания  $5,99 \cdot 10^{-10}$  до  $4,99 \cdot 10^{-8}$  м.

При действии ионов  $V^+$  радиус зерна колеблется в диапазоне от  $3,66 \cdot 10^{-10}$  до  $1,52 \cdot 10^{-8}$  м, величина объёма нанокластера составляет  $2,05 \cdot 10^{-28} - 1,47 \cdot 10^{-23}$  м<sup>3</sup>, глубина залегания  $6,31 \cdot 10^{-10}$  до  $3,86 \cdot 10^{-8}$  м.

Для действия ионов  $Cr^+$  радиус зерна колеблется в диапазоне от  $3,66 \cdot 10^{-10}$  до  $1,5 \cdot 10^{-8}$  м, величина объёма нанокластера составляет  $2,05 \cdot 10^{-28} - 1,42 \cdot 10^{-23}$  м<sup>3</sup>, глубина залегания  $6,3 \cdot 10^{-10}$  до  $3,82 \cdot 10^{-8}$  м.

В случае действия ионов  $O^+$  радиус зерна колеблется в диапазоне от  $3,69 \cdot 10^{-10}$  до  $2,7 \cdot 10^{-8}$  м, величина объёма нанокластера составляет  $2,11 \cdot 10^{-28} - 8,26 \cdot 10^{-23}$  м<sup>3</sup>, глубина залегания  $6,4 \cdot 10^{-10}$  до  $7,42 \cdot 10^{-8}$  м.

Для действия ионов  $Fe^+$  радиус зерна колеблется в диапазоне от  $3,68 \cdot 10^{-10}$  до  $1,48 \cdot 10^{-8}$  м, величина объёма нанокластера составляет  $2,09 \cdot 10^{-28} - 1,35 \cdot 10^{-23}$  м<sup>3</sup>, глубина залегания  $6,37 \cdot 10^{-10}$  до  $3,76 \cdot 10^{-8}$  м.

При действии ионов  $Ni^+$  радиус зерна колеблется в диапазоне от  $3,69 \cdot 10^{-10}$  до  $1,46 \cdot 10^{-8}$  м, величина объёма нанокластера составляет  $2,11 \cdot 10^{-28} - 1,3 \cdot 10^{-23}$  м<sup>3</sup>, глубина залегания  $6,4 \cdot 10^{-10}$  до  $3,71 \cdot 10^{-8}$  м.

В случае действия ионов  $Co^+$  радиус зерна колеблется в диапазоне от  $3,71 \cdot 10^{-10}$  до  $1,47 \cdot 10^{-8}$  м, величина объёма нанокластера составляет  $2,14 \cdot 10^{-28} - 1,34 \cdot 10^{-23}$  м<sup>3</sup>, глубина залегания  $6,4 \cdot 10^{-10}$  до  $3,75 \cdot 10^{-8}$  м.

Для действия ионов  $Y^+$  радиус зерна колеблется в диапазоне от  $3,97 \cdot 10^{-10}$  до  $1,46 \cdot 10^{-8}$  м, величина объёма нанокластера составляет  $2,62 \cdot 10^{-28} - 1,31 \cdot 10^{-23}$  м<sup>3</sup>, глубина залегания  $7,2 \cdot 10^{-10}$  до  $3,72 \cdot 10^{-8}$  м.

При действии ионов  $Zr^+$  радиус зерна колеблется в диапазоне от  $3,98 \cdot 10^{-10}$  до  $1,46 \cdot 10^{-8}$  м, величина объёма нанокластера составляет  $2,64 \cdot 10^{-28} - 1,32 \cdot 10^{-23}$  м<sup>3</sup>, глубина залегания  $7,27 \cdot 10^{-10}$  до  $3,73 \cdot 10^{-8}$  м.

В случае действия ионов  $Mo^+$  радиус зерна колеблется в диапазоне от  $4,2 \cdot 10^{-10}$  до  $1,47 \cdot 10^{-8}$  м, величина объёма нанокластера составляет  $2,72 \cdot 10^{-28} - 1,33 \cdot 10^{-23}$  м<sup>3</sup>, глубина залегания  $7,38 \cdot 10^{-10}$  до  $3,74 \cdot 10^{-8}$  м.

Для действия ионов  $Hf^+$  радиус зерна колеблется в диапазоне от  $4,62 \cdot 10^{-10}$  до  $1,63 \cdot 10^{-8}$  м, величина объёма нанокластера составляет  $4,13 \cdot 10^{-28} - 1,83 \cdot 10^{-23}$  м<sup>3</sup>, глубина залегания  $9,29 \cdot 10^{-10}$  до  $4,17 \cdot 10^{-8}$  м.

При действии ионов  $Ta^+$  радиус зерна колеблется в диапазоне от  $4,64 \cdot 10^{-10}$  до  $1,64 \cdot 10^{-8}$  м, величина объёма нанокластера составляет  $4,19 \cdot 10^{-28} - 1,85 \cdot 10^{-23}$  м<sup>3</sup>, глубина залегания  $9,34 \cdot 10^{-10}$  до  $4,19 \cdot 10^{-8}$  м.

В случае действия ионов  $W^+$  радиус зерна колеблется в диапазоне от  $4,67 \cdot 10^{-10}$  до  $1,65 \cdot 10^{-8}$  м, величина объёма нанокластера составляет  $4,26 \cdot 10^{-28} - 1,87 \cdot 10^{-23}$  м<sup>3</sup>, глубина залегания  $9,39 \cdot 10^{-10}$  до  $4,2 \cdot 10^{-8}$  м.



Для действия ионов  $Pt^+$  радиус зерна колеблется в диапазоне от  $4,73 \cdot 10^{-10}$  до  $1,67 \cdot 10^{-8}$  м, величина объёма нанокластера составляет  $4,43 \cdot 10^{-28} - 1,95 \cdot 10^{-23}$  м<sup>3</sup>, глубина залегания  $9,63 \cdot 10^{-10}$  до  $4,26 \cdot 10^{-8}$  м.

Анализ результатов расчёта показывает, что есть возможность создания слоёв от  $10^{-10}$  до  $10^{-7}$  м. Объём нанокластера может составлять от  $10^{-29}$  до  $10^{-22}$  мм<sup>3</sup>, радиус зерна от  $10^{-10}$  до  $10^{-7}$  м. Всё это показывает, что можно создавать наноструктурные слои толщиной порядка  $10^{-7}$  м, а выбирая сорт иона, его заряд и энергию можно создавать переходные слои наноструктур с индивидуальными свойствами и обеспечить высокую работоспособность деталей и РИ за счёт повышенной микротвёрдости наноструктур (износостойкости) и малого модуля упругости (способность выдерживать ударные нагрузки); высокую коррозионную стойкость (за счёт малого размера зерна), высокую прочность материала на изгиб и усталостную прочность за счёт организации на поверхности остаточных сжимающих напряжений, высоких пределов прочности и текучести.

### Литература

1. Костюк Г. И. Нанотехнологии: выбор технологических параметров и установок, производительность обработки, физико-механические характеристики наноструктур : монография / Г. И. Костюк. – К. : Изд. центр Междунар. академии наук и инновац. технологий, 2014. – 472 с.
2. Костюк Г. И. Нанотехнологии: теория, эксперимент, техника, перспективы : монография / Г. И. Костюк. – К. : Изд. центр Междунар. академии наук и инновац. технологий, 2012. – 648 с.
3. Костюк Г. И. Наноструктуры и нанопокрyтия: перспективы и реальность : учеб. пособие / Г. И. Костюк. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2009. – 406 с.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕЙСТВИЯ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ

<sup>1</sup>Костюк Г.И., <sup>1</sup>Евсеевкова А.В., <sup>2</sup>Бруйка О.О.

<sup>1</sup>Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»,  
г. Харьков, Украина

<sup>2</sup>Национальный авиационный университет, г. Киев, Украина

В работе приведены результаты экспериментального исследования размера зерна на РИ из быстрорежущих сталей. Показано, что при плотности теплового потока  $10^{11}$  Вт/м<sup>2</sup>, времён его действия от  $10^{-6}$  до  $10^{-8}$  с и диаметре луча порядка  $10^{-4}$  м есть возможность получения наноструктур. Эффективность режущего инструмента с наноструктурами повышается до 2,7 раза.

В настоящее время быстрорежущие стали (БС) довольно редко используются в качестве РИ, что связано с относительно не высокой их стойкостью, а, соответственно, снимаемый объём материала за период стойкости не значителен. Всё это приводит к тому, что применение быстрорежущих сталей существенно сдерживается, но как показали наши исследования, обобщённые в монографиях [1–3], использование покрытий с наноструктурами на быстрорежущих сталях может существенно повысить их стойкость до твёрдых сплавов и выше [5–7].

Исследование эффективности РИ показало, что применение наноструктурных покрытий и слоёв позволит сократить потребность в РИ в 3–5 раз, а значит, не будет необходимо значительное количество легирующих элементов для получения твёрдых сплавов. Всё это создаёт условия для широкого внедрения покрытий и наноструктурных слоёв на РИ из экономных твёрдых сплавов и быстрорежущих сталей [1–7], что подтверждает актуальность и своевременность проводимых исследований.

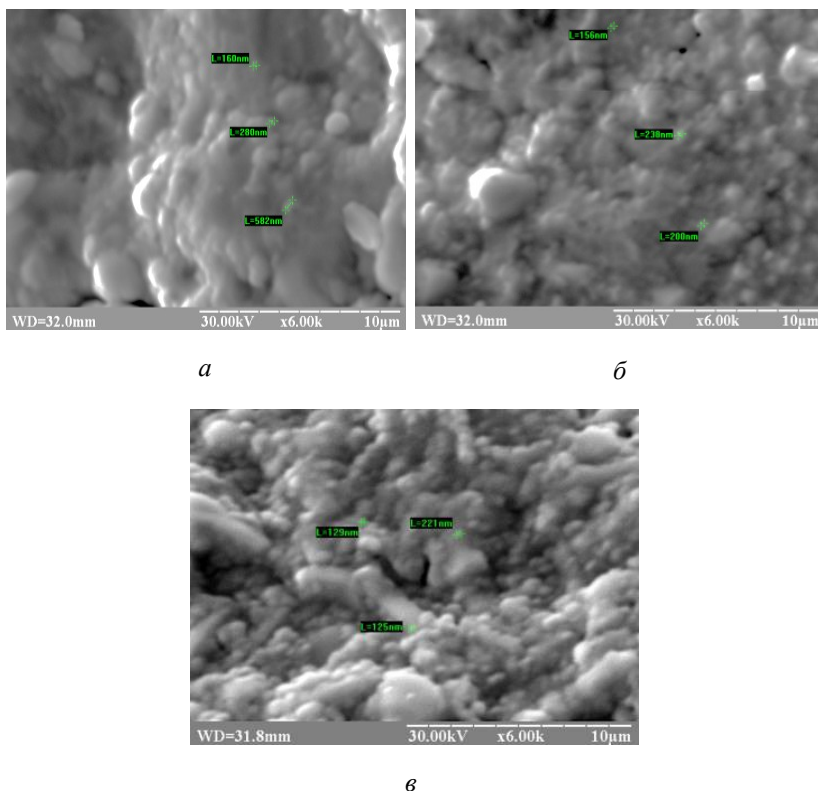
Проводились экспериментальные исследования действия ионизирующего излучения на быстрорежущие стали. Причём, измерялся размер зерна с помощью растрового электронного микроскопа РЭМ106. Кроме этого проводились расчёты размера зерна по методике [1] с учётом энергии затрачиваемой на кристаллизацию.

Для режущих инструментов представлены микрофотографии с размером зерна на Р6М5 (рис. 1, а), на Р12Ф5М (рис. 1, б), на Р18 (рис. 1, в). Видно, что для Р6М5 наблюдается максимальный размер зерна, для образца из быстрорежущей стали Р12Ф5М – размер зерна значительно меньше, а для Р18 наблюдается минимальный размер зерна, который приближается к наноструктурам.

Обработка фотографий типа представленных на рис. 1 позволила построить экспериментальные зависимости размера зерна и объёма зерна от времени действия импульса. Время варьировалось от  $10^{-7}$  до  $10^{-5}$  с. Плотность теплового потока составляла  $10^{11}$  Вт/м<sup>2</sup>. Видно, что с ростом времени действия теплового потока увеличивается размер зерна, хотя при малых временах порядка  $10^{-7}$  с он близок к наноструктурному.

Для того, чтобы сопоставить результаты экспериментального и теоретического исследования были проведены расчёты размера зерна и

объёма нанозерна при тех же условиях ( $\tau = 10^{-7} \dots 10^{-9}$  с,  $q = 10^{11}$  Вт/м<sup>2</sup>). Объём зерна растёт гораздо быстрее, чем размер зерна и изменяется на порядки. Сравнение эксперимента и теории (рис. 2 – пунктирные кривые) показывает, что для случая действия ионизирующего излучения на БС Р6М5 результаты отличаются на 15–20 %, при действии ионизирующего излучения на Р12Ф5М – отличие теории эксперимента снижается до 7–15 %, а для быстрорежущей стали Р18 – отличие не превышает 5 %.

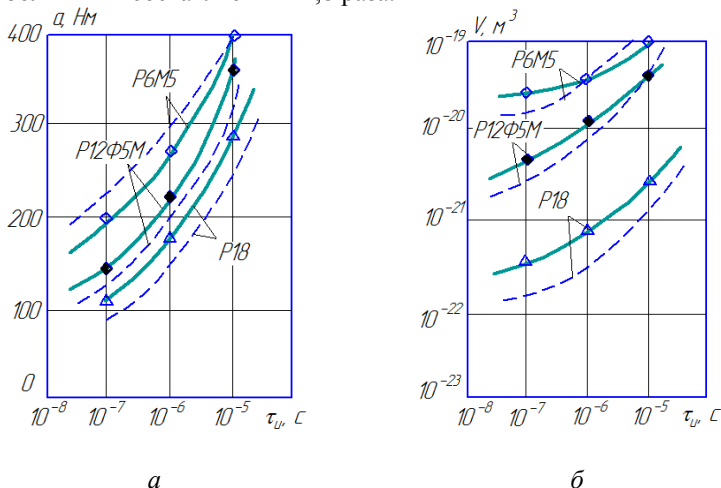


**Рис. 1.** Микрофотография поверхности РИ из БС (а – Р6М5, б – Р12Ф5М, в – Р18) после действия ионизирующего излучения с плотностью теплового потока  $q = 10^{11}$  Вт/м<sup>2</sup> и временем действия  $10^{-6}$  с

Проведенные исследования показывают, что теоретическое исследование даёт результаты близкие к экспериментальным. Это под-

тверждает адекватность теоретической модели физическим процессам, которые происходят при действии ионизирующего излучения на быстрорежущие стали.

Экспериментальные значения снимаемого объёма материала за период стойкости РИ для малых размеров зерна повышаются в 2,7 раза, а для больших – составляет 2 и 1,8 раза.



**Рис. 2. Сопоставление экспериментальных (сплошные кривые) и теоретических (пунктирные кривые) зависимостей размера зерна (а) и объёма кластера (б) от времени действия ионизирующего излучения для быстрорежущих сталей – P6M5, P12Ф5M и P18**

### Выводы

1. Показано, что с ростом времени действия ионизирующего излучения  $10^{-7}$ – $10^{-5}$  с размер зерна возрастает, что говорит о необходимости существенного снижения времени действия ионизирующего излучения для получения наноструктурных или субмикроструктурных слоев, близких к наноструктурным.

2. Объём нанокластера, полученного в зависимости от времени действия ионизирующего излучения, позволяет определить число частиц в нанокластере и с учётом образованной структуры найти энергию, затрачиваемую на кристаллизацию.

3. Проведенные исследования показывают, что теоретическая модель, с учётом энергии затрачиваемой на кристаллизацию, позволяет получить теоретические результаты близкие к экспериментальным, что

подтверждает адекватность теоретической модели физическим процессам, которые происходят в зоне действия ионизирующего излучения и возможность прогнозирования размера и объёма зерна.

4. Показана возможность повышения эффективности обработки снимаемого объёма материала за период стойкости РИ от 1,8 до 2,7 раза, большее увеличение соответствует меньшим размерам зерна.

### **Литература**

1. Костюк Г. И. Нанотехнологии: выбор технологических параметров и установок, производительность обработки, физико-механические характеристики наноструктур : монография / Г. И. Костюк. – К. : Изд. центр Междунар. академии наук и инновац. технологий, 2014. – 472 с.

2. Костюк Г. И. Нанотехнологии: теория, эксперимент, техника, перспективы : монография / Г. И. Костюк. – К. : Изд. центр Междунар. академии наук и инновац. технологий, 2012. – 648 с.

3. Костюк Г. И. Наноструктуры и нанопокрyтия: перспективы и реальность : учеб. пособие / Г. И. Костюк. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2009. – 406 с.

4. Костюк Г. И. Научные основы создания современных технологий : учеб. пособие / Г. И. Костюк. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2008. – 552 с.

5. Костюк Г. И. Физико-технические основы нанесения покрытий, ионной имплантации и ионного легирования, лазерной обработки и упрочнения, комбинированных технологий / Г. И. Костюк // Физические процессы плазменно-ионных, ионно-лучевых, плазменных, светолучевых и комбинированных технологий. – К. : Изд-во АИНУ, 2002. – 596 с.

6. Костюк Г. И. Физико-технические основы нанесения покрытий, ионной имплантации и ионного легирования, лазерной обработки и упрочнения, комбинированных технологий / Г. И. Костюк // Справочник для расчета основных физических и технологических параметров, оценки возможностей, выбора типа технологий и оборудования. – К. : Изд-во АИНУ, 2002. – 482 с.

7. Костюк Г. И. Физико-технические основы роботизированного производства : учеб. пособие / Г. И. Костюк. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2006. – 614 с.

8. Костюк Г. И. Эффективный режущий инструмент с покрытием и упрочненным слоем : моногр.-справочник / Г. И. Костюк. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2007. – 633 с.

9. Костюк Г. И. Эффективные покрытия и модифицированные упрочненные слои на режущих инструментах : моногр.-справочник / Г. И Костюк. – К. : Изд-во Международной академии наук и инновационных технологий, 2012. – 728 с.

## **СРАВНЕНИЕ КЛАССИЧЕСКОГО И КВАНТОВО-МЕХАНИЧЕСКОГО ПОДХОДА ОЦЕНКИ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОСТРУКТУР ПРИ ДЕЙСТВИИ ИОНОВ**

*Костюк Г.И.*

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»,  
г. Харьков, Украина*

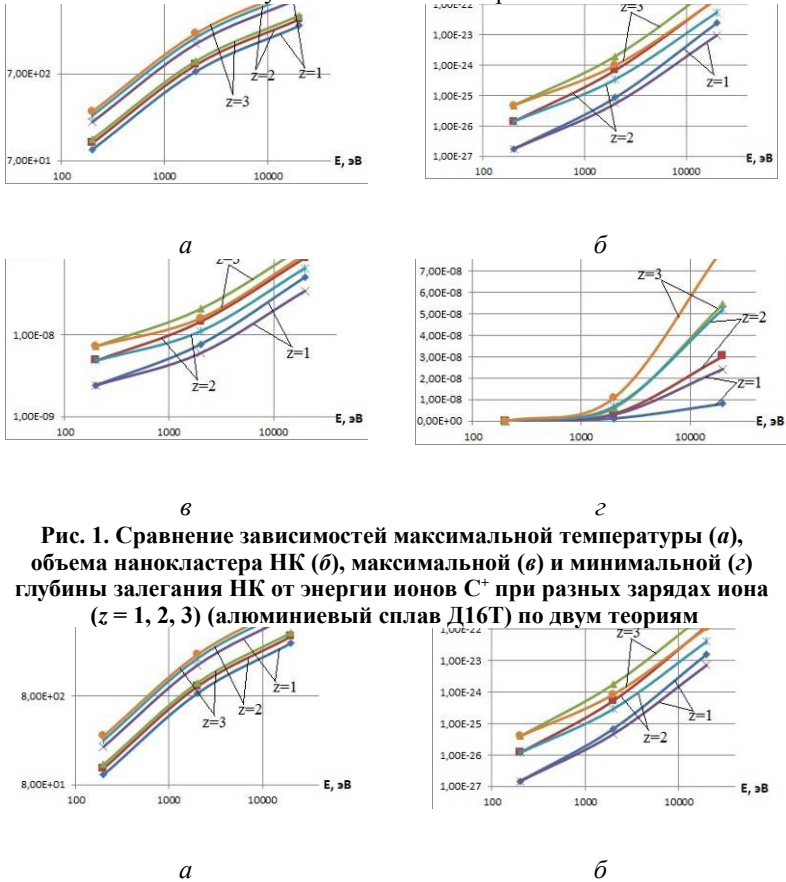
Ввиду малости объемов материала, в котором выделяется энергия, на первый взгляд кажется, что необходимо рассматривать тонкое взаимодействие частиц, а значит, использовать квантово-механический подход к процессу выделения энергии ионов. Но, как показали исследования, зачастую при классическом рассмотрении выделения энергии иона удается получить результаты по размеру зерна и объему нанокластера (НК), близкие к экспериментальным. Поэтому, на наш взгляд, можно оценить технологические параметры потоков ионов для получения наноструктур (НС), при которых можно применять классический или квантово-механический подход. До настоящего времени не исследовано влияние квантово-механического подхода на определение физических и механических характеристик материалов при оценке возможности получения наноструктур. Следовательно, проводимое исследование является своевременным и важным для науки.

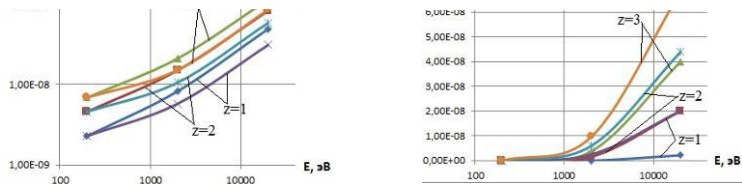
Проводили сравнение результатов расчета максимальной температуры, объема нанокластера (НК) и глубин его залегания, полученных с использованием теплофизических и механических характеристик при их расчете по квантово-механической теории и по экспериментальным справочным данным для алюминиевого сплава Д16Т.

Так, на рис. 1 и 2 показаны зависимости максимальной температуры ( $a$ ), объема нанокластера ( $b$ ), максимальной ( $e$ ) и минимальной ( $z$ ) глубин залегания НК от энергии ионов  $C^+$ ,  $N^+$  при разных зарядах ионов ( $z = 1, 2, 3$ ). Видно, что характер зависимостей сохранился [1], но при квантово-механическом рассмотрении значения максимальной температуры возрастают при действии ионов углерода от 8 до 45 %, объем нанокластера – от 18 до 9 раз, максимальная глубина залегания

НС увеличивается в 2,3 раза, а минимальная глубина залегания – на 16 % (рис. 1).

Анализ аналогичных зависимостей для ионов азота (рис. 2) показал, что температура возрастает на 0,5–30 %, объем нанокластера – от 3 до 4,5 раза, максимальная глубина залегания возрастает на 30 %, а минимальная в обоих случаях лежит на поверхности.





**Рис. 2. Сравнение зависимостей максимальной температуры (а), объема нанокластера НК (б), максимальной (в) и минимальной (г) глубины залегания НК от энергии ионов  $N^+$  при разных зарядах иона ( $z = 1, 2, 3$ ) (алюминиевый сплав Д16Т) по двум теориям**

Причем, большие значения всех исследованных величин реализуются для квантово-механического варианта описания теплофизических и механических характеристик. Сравнение рассчитанных максимальной температуры, объема нанокластера и глубин его залегания при использовании теплофизических и механических характеристик, полученных экспериментально и рассчитанных по квантово-механической теории показало, что для малых энергий иона (вблизи 200 эВ) отличие результатов незначительно, тогда как при энергиях 2000 эВ отличие существенно увеличивается, а при энергии  $2 \cdot 10^4$  эВ результаты кардинально отличаются. Все это свидетельствует о том, что при нанесении покрытий (энергий 110–500 эВ) можно пользоваться как классическим, так и квантово-механическим представлением физических и механических характеристик материалов.

При ионной очистке (энергии 1–2 кэВ) необходимо оценить влияние квантово-механических эффектов при расчетах.

При ионной имплантации и ионном легировании необходимо проводить расчеты как по классической, так и квантово-механической теории и после выполнения контрольного эксперимента и его сравнения с результатами обоих вариантов теоретического рассмотрения выбрать нужный вариант теории.

### **Выводы**

1. Показано, что при малых энергиях ионов (100–500 эВ), соответствующих реализации процесса нанесения покрытий неважно, какие значения теплофизических и механических характеристик используются при расчете параметров наноструктур.

2. При энергиях ионов в диапазоне 1000–2000 эВ необходимо учитывать квантово-механические эффекты.

3. При энергиях порядка 15–40 кэВ необходимо сравнить результаты расчетов по двум вариантам представления свойств материала и после нормирования по результатам эксперимента использовать



наиболее близкий вариант теории с соответствующим нормирующим коэффициентом.

4. После выбора теории можно приступить к прогнозированию технологических параметров обработки для получения необходимого слоя наноструктур и, определив размер зерна по объему НК, можно оценить физико-механические характеристики используя их зависимости от размера зерна.

### Литература

1. Костюк Г. И. Нанотехнологии: выбор технологических параметров и установок, производительность обработки, физико-механические характеристики наноструктур : монография / Г. И. Костюк. – К. : Изд. центр Междунар. академии наук и инновац. технологий, 2014. – 472 с.

2. Костюк Г. И. Нанотехнологии: теория, эксперимент, техника, перспективы : монография / Г. И. Костюк. – К. : Изд. центр Междунар. академии наук и инновац. технологий, 2012. – 648 с.

3. Сверхтвёрдые материалы : монография : в 6 т. / Под общ. ред. Н. В. Новикова. – 2004. – Т. 2. – С. 177–199.

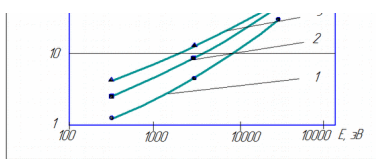
### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗМЕРА ЗЕРНА С УЧЁТОМ ЭНЕРГИИ НА КРИСТАЛЛИЗАЦИЮ В ТВЁРДОМ СПЛАВЕ Т15К6 ПРИ ДЕЙСТВИИ, ИОНОВ РАЗЛИЧНЫХ ЗАРЯДОВ, СОРТОВ И ЭНЕРГИИ

*Костюк Г.И., Воляк Е.А., Мелкозерова О.М., Григор О.Д.  
Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»,  
г. Харьков, Украина*

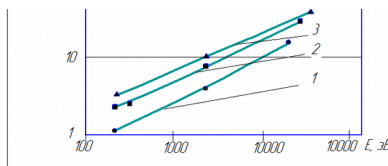
Применение твёрдых сплавов из Т15К6 при прерывистом резании и обработке высокопрочных и закаленных сталей требует высокой твёрдости поверхности и малого модуля упругости, что для обычных покрытий и упрочненных слоёв получить не реально. Наноструктуры с малым размером зерна имея высокую твёрдость (а значит и высокую износостойкость) обладают малым модулем упругости, следовательно, способны выдерживать большие ударные нагрузки, не изменяя своих прочностных характеристик. Это показывает, что создание наноструктурных слоёв на твёрдом сплаве Т15К6 позволит его использовать при обработке высокопрочных и закалённых сталей, а также при прерывистом резании [1–9].

Учитывая тот факт, что проведение экспериментальных исследований требуют значительных затрат, проводились расчёты размера зерна по методике работы [1], причём дополнительно учитывалась энергия, необходимая для образования нанокластеров. Теоретическое рассмотрение даёт возможность определить требуемый состав ионов (сорт), его энергию и заряд для получения необходимого размера зерна нанокластера. Это важно для дальнейшей оценки физико-механических характеристик поверхностного слоя, которые определяют работоспособность режущего инструмента: микротвёрдость (износостойкость), модуль упругости (способность удерживать ударные нагрузки), предел текучести (определяет способность режущего клина сопротивляться изгибу и ползучести), предел прочности (учитывает способность сопротивляется хрупкому излому) [3, 5–8]. Всё вышеизложенное показывает, что работа посвящённая оценке технологических параметров потоков ионов обеспечивающих получение наноструктур с прогнозированным размером зерна является важной и актуальной задачей машиностроения.

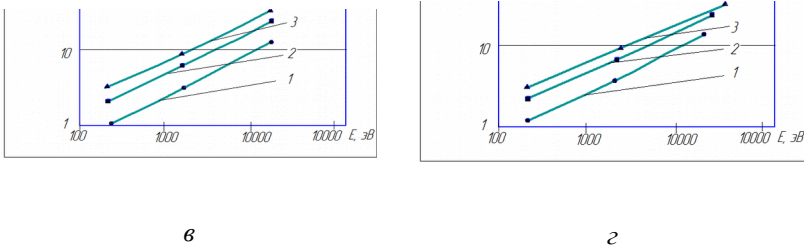
Проводились расчёты размеров зерна в зависимости от энергии иона с учётом энергии затрачиваемой на кристаллизацию для различных ионов  $V^+$ ,  $C^+$ ,  $N^+$ ,  $Al^+$ ,  $V^+$ ,  $Cr^+$ ,  $O^+$ ,  $Ni^+$ ,  $Co^+$ ,  $Y^+$ ,  $Zr^+$ ,  $Mo^+$ ,  $Hf^+$ ,  $Ta^+$ ,  $W^+$ ,  $Pt^+$ ,  $Fe^+$  с разными зарядами ( $z = 1$ ,  $z = 2$ ,  $z = 3$ ), анализ которых показывает, что для иона  $V^+$  при малых энергиях реализуются размеры зерна меньше 10 нм, при увеличении энергии до 2000 эВ они растут, достигают и даже превышают 10 нм. При возрастании энергии до 20 кэВ размер зерна лежит в диапазоне от 40 до 95 нм, большие размеры соответствуют большему заряду иона. Так же следует отметить, что при относительно невысоких первичных энергиях дополнительная энергия на кристаллизацию составляет 10–15 эВ, а для 20 кэВ она составляет величину больше 1 кэВ.



а



б



**Рис. 1. Зависимость размера зерна от энергии ионов углерода (а), кислорода (б), иттрия (в) и гафния (з) от их энергии при разных зарядах ( $z = 1, z = 2, z = 3$ )**

При переходе к иону  $C^+$  характер кривых сохранился, но значения по размеру зерна стали несколько меньше; значения дополнительной энергии снизились, но несущественно (рис. 1, а).

При переходе к иону азота  $N^+$ , не смотря на то, что размеры зерна существенно не изменились, дополнительная энергия понизилась значительно. Это, очевидно, связано с большей массой иона азота.

В дальнейшем проводилось исследование действие ионов металлов  $Al^+$ ,  $V^+$ ,  $Cr^+$  на твёрдый сплав Т15К6. Так, для случая действия иона алюминия минимальный размер нанокластера уменьшается до значений менее 1 нм, что может (это показано в обзоре [2]) даже ухудшить физико-механические характеристики (ФМХ) поверхностного слоя. Хотя снижение размеров зерна для энергии ионов 2 кэВ и 20 кэВ, это позволит улучшить их ФМХ. В таком случае дополнительная энергия на кристаллизацию снижается и уже составляет величины 3–8 % от первоначальной энергии. При действии ионов  $V^+$  размер зерна продолжает снижаться. Так, при энергиях близких к 200 эВ он становится для однозарядного иона практически меньше 1 нм, а для трёхзарядного составляет 4 нм, что также является критичным. Для ионов с энергией близкой к 2 кэВ он находится в диапазоне от 5 до 8 нм, что как раз лежит в зоне максимальных ФМХ. При энергиях близких к 20 КэВ размер зерна составляет от 11 до 25 нм, что тоже является приемлемым для использования в РИ. Для ионов  $Cr^+$  размер зерна ещё больше снизился и вблизи энергии 200 эВ он не соответствует требуемым значениям для повышения ФМХ, тогда как при энергиях 2 и 20 кэВ эти значения лежат вблизи 10 нм, что позволяет предположить высокие ФМХ поверхностного слоя. В этом случае дополнительные энергии на кристаллизацию не велики.

Для иона  $O^+$  реализуются более благоприятные условия для образования наноструктур и размер зерна составляет от 2 нм до 5 нм

(200 эВ). При энергиях 2 и 20 кэВ размер зерна лежит в пределах 7–30 нм, что приемлемо для повышения ФМХ поверхностного слоя. В этом случае дополнительная энергия на кристаллизацию составляет от 2 до 9 % от начальной энергии (см. рис. 1, б).

Переход к ионам  $\text{Ni}^+$  и  $\text{Fe}^+$  приводит к тому, что минимальный размер зерна лежит около 1 нм (200 эВ), тогда как при 2 кэВ размер зерна составляет 5–9 нм, а при 20 кэВ – от 12 нм до 45 нм. Дополнительная энергия на кристаллизацию составляет от 1 % до 7 %.

Для ионов кобальта, иттрия (рис. 1, в) и циркония зависимости размеров зерна от энергии показали, что значения размера зерна при переходе от кобальта к цирконию несколько уменьшаются, а величины дополнительной энергии, затрачиваемой на кристаллизацию, снижаются по сравнению с ионами железа, не говоря уже о ионах кислорода, что позволяет для этих ионов этот эффект не учитывать. Анализ аналогичных зависимостей для ионов молибдена, гафния и тантала (см. рис. 1, г) показал, что значения размера зерна для малых энергий (200 эВ) лежат в пределах от 1 до 4 нм, для больших энергий ( $2 \cdot 10^3$  эВ) имеют значения от 4 до 10 нм, а при высоких энергиях (20 кэВ) они лежат в пределах 11 – 30 нм, величина дополнительной энергии не превышает 3–5 % от начальной энергии.

Аналогичные исследования, проведенные для ионов вольфрама и платины, показывают, что диапазоны размеров зерна для каждой группы энергии примерно одинаковые, а дополнительная энергия на кристаллизацию еще уменьшилась.

Исследования зависимости размера зерна от энергии ионов с учетом дополнительной энергии кристаллизации для легких ионов ( $\text{V}^+$ ,  $\text{Cr}^+$ ,  $\text{Ni}^+$ ,  $\text{Al}^+$ ,  $\text{O}^+$ ) с зарядами ( $z = 1, 2, 3$ ) реализуют самые высокие значения размера зерна, которые даже приближаются к 100 нм (20 кэВ,  $z = 3$ ). В этом случае дополнительная энергия, необходимая для образования нанокластера, максимальна, и для малых энергий составляет десятки эВ, для высоких энергий приближается к 1 кэВ. Все это свидетельствует о том, что в таком случае необходимо обязательно учитывать энергию на кристаллизацию. Для остальных ионов ( $\text{V}^+$ ,  $\text{Cr}^+$ ,  $\text{Ni}^+$ ,  $\text{Co}^+$ ,  $\text{Y}^+$ ,  $\text{Zr}^+$ ,  $\text{Mo}^+$ ,  $\text{Hf}^+$ ,  $\text{Ta}^+$ ,  $\text{W}^+$ ,  $\text{Pt}^+$ ,  $\text{Fe}^+$ ) размер зерна существенно уменьшается до единиц нанометров при малых энергиях (200 эВ) и до 10–30 нм для высоких энергий (20 кэВ). В этом случае дополнительная энергия, необходимая для образования зерна, существенно снижается и не превышает 5 % от начальной энергии.

## Литература

1. Костюк Г. И. Нанотехнологии: выбор технологических параметров и установок, производительность обработки, физико-механические характеристики наноструктур : монография / Г. И. Костюк. – К. : Изд. центр Междунар. академии наук и инновац. технологий, 2014. – 472 с.
2. Костюк Г. И. Нанотехнологии: теория, эксперимент, техника, перспективы : монография / Г. И. Костюк. – К. : Изд. центр Междунар. академии наук и инновац. технологий, 2012. – 648 с.
3. Костюк Г. И. Физико-технические основы нанесения покрытий, ионной имплантации и ионного легирования, лазерной обработки и упрочнения, комбинированных технологий : в 2 кн. / Г. И. Костюк. – К. : Изд-во АИНУ, 2002. – , 1030 с.
4. Костюк, Г. И. Наноструктуры и нанопокрyтия: перспективы и реальность : учеб. пособие / Г. И. Костюк. – X. : Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2009. – 406 с.
5. Костюк Г. И. Эффективный режущий инструмент с покрытием и упрочненным слоем : моногр.-справочник / Г. И. Костюк. – X. : Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2007. – 633 с.
6. Костюк Г. И. Эффективный режущий инструмент с покрытием и упрочненным слоем : справочник / Г. И. Костюк. – К. : Изд-во АИНУ, 2003. – 412 с.
7. Костюк Г. И. Эффективные покрытия и модифицированные упрочненные слои на режущих инструментах : моногр.-справочник / Г. И. Костюк – К. : Изд-во Международной академии наук и инновационных технологий, 2012. – 728 с.
8. Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. – М. : Физматлит, 2005. – 416 с.
9. Андриевский Р. А. Наноматериалы: концепция и современные проблемы / Р. А. Андриевский // Физика металлов и металловедение. – 2003. – Т. 91, № 1. – С. 50–56.

## СЕКЦИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ

### РОЗРОБКА ДОДАТКІВ ДЛЯ МОБІЛЬНИХ ПЛАТФОРМ. ANDROID-ПРОГРАМУВАННЯ

*Підгородецька В.М.*

*Хмельницький національний університет, vichka34@i.ua*

**Постановка проблеми.** Актуальність програмування Android додатків підтверджується цифрами. До початку 2013 року 70 % смартфонів користувачів з усього світу було обладнано ОС Android проти 20 % користувачів iOS. Щороку кількість людей, що використовують смартфони та планшети для роботи, покупок і розваг зростає в геометричній прогресії. Поступове поширення дешевого та доступного Інтернету в усіх куточках світу означає одне: все частіше люди починають користуватися мобільними сервісами, щоб управляти своїми справами, дізнаватися новини, здійснювати покупки онлайн – і все це за допомогою пристрою, який завжди під рукою, на відміну від стаціонарного комп'ютера і навіть ноутбука [1]. Проте перед починаючим розробником постає проблема у визначенні знань та навиків, необхідних для подальшої роботи у даному напрямку.

**Метою статті** є огляд та аналіз принципів та методів розробки мобільних додатків, технологій, що використовуються, їх особливості, складність використання.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Android має повністю відкритий програмний код, що випускається Google під ліцензією на вільне ПЗ Apache Software Foundation. Наявність відкритого коду і дозволеної ліцензії дозволяє ОС Android вільно розвиватися, змінюватися, допрацьовуватися і впроваджуватися виробниками пристроїв, операторами стільникових мереж і просто ентузіастами-розробниками. Крім того, у Android є численне співтовариство програмістів, що створюють додатки на модифікованій версії Java і розширюють функціональність пристроїв через створені Google бібліотеки.

Мобільні додатки бувають трьох видів: нативні, веб-додатки, гібридні.

**Нативні додатки.** Такі програми відрізняються найбільшою зручністю і потужним функціоналом. Нативний додаток – це програма, яку користувач завантажує на свій пристрій в спеціальному магазині додатків, наприклад, для Android це Google Play. Доступ до такого додатку клієнт може отримати незалежно від того, підключений він до Інтернету чи ні. Наприклад, каталоги, ігри, списки справ і т.д. Вони можуть повністю зберігатися в пам'яті телефону, вимагаючи підключення до мережі лише для оновлення.

**Веб-додатки.** Ці додатки по максимуму використовують функціонал веб-технологій: HTML5, Java Script, Flash і т.д. Вони прекрасно підходять для запуску проекту і швидкого розповсюдження серед користувачів, завдяки тому, що являють собою такий же веб сайт, але адаптований для користувачів смартфонів і планшетів і має специфічне застосування. Головною перевагою веб-додатку є те, що він однаково працює на пристроях на базі різних ОС. Хоча і тут присутні свої нюанси: так, наприклад, iOS не підтримує технологію Flash і просто не відображає вміст створеного на ній сайту. Це загальновідомий факт і розробники завжди враховують його при створенні веб-додатків.

**Гібридні програми.** Це програми, що поєднують в собі перші два види. Вони являють собою веб-сторінку, але можуть використовувати багато можливостей нативних додатків, типу push сповіщень та ін. Завдяки низькому навантаженню на пам'ять пристрою, такі додатки мають великі перспективи для розповсюдження. Facebook і VK (Вконтакте) – відмінний приклад гібридної програми. Вони вимагають завантаження з магазину додатків, як і нативні, але щоб використати його, необхідне підключення до Інтернету, як у випадку з веб-додатком.

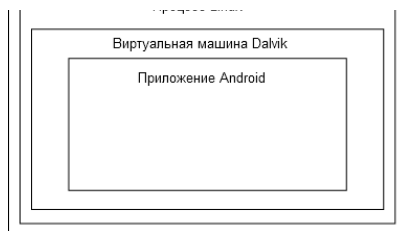
**Архітектура додатків.** Android працює поверх ядра Linux. Android-додатки пишуться на мові програмування Java і виконуються у віртуальній машині (VM). Важливо відзначити, що віртуальна машина – це не JVM, як можна було б очікувати, а відкрита технологія Dalvik Virtual Machine. Кожна програма Android запускається всередині примірника Dalvik VM, який, у свою чергу укладений в межах керovanого ядром Linux процесу, як показано на рисунку 1.

**Необхідні інструменти.** Найпростіший спосіб приступити до розробки додатків для Android – це завантажити SDK Android і Eclipse IDE з використанням планігу Android Developer Tools. Розробку Android-додатків можна вести на платформах Microsoft® Windows®, Mac OS X або Linux.

Android-додатки пишуться на мові Java, але компілюються і виконуються в Dalvik VM (не в віртуальній машині Java). Кодування на мові Java в рамках Eclipse – інтуїтивно зрозумілий процес; Eclipse надає багате середовище Java, включаючи контекстно-залежну довідку

та підказки до коду. Коли ваш Java-код буде безпомилково скомпільовано, Android Developer Tools сам подбає про те, щоб додаток був належним чином упаковано, в тому числі забезпечить його файлом AndroidManifest.xml.

Android-додаток можна написати і без Eclipse і плагіна Android Developer Tools, але для цього потрібно добре розбиратися в Android SDK.



**Рис. 1. DalvikVM**

Android SDK поширюється у вигляді файлу ZIP, який розпаковується в папку на жорсткому диску. У SDK входять:

- android.jar – файл архіву Java, що містить всі класи SDK Android, необхідні для створення додатків;

- documentation.html і каталог docs – документація SDK надається локально і через Інтернет. В основному вона виконана у форматі Javadocs, що дозволяє легко орієнтуватися в безлічі пакетів SDK. Документація включає також загальне керівництво по розробці та посилання на широке співтовариство програмістів Android;

- каталог з прикладами – підкаталог з прикладами містить повний вихідний код різних додатків, у тому числі ApiDemo, який демонструє багато API. Приклади додатків – відмінна відправна точка для вивчення розробки Android-додатків;

- каталог інструментів – містить всі інструменти командного рядка для створення Android-додатків. Найбільш часто використовуваний і корисний інструмент – це утиліта adb (Android Debug Bridge);

- usb\_driver – каталог, що містить всі необхідні драйвери для підключення середовища розробки до Android пристроїв, таких, як G1 або розблокований телефон для розробки Android Dev 1. Ці файли необхідні тільки тим розробникам, які використовують платформу Windows.

Альтернативою щодо розробки мобільних додатків на Eclipse є Android Studio. Android Studio – це нове середовище Android розробки



на основі IntelliJ IDEA. Воно надає нові можливості та має переваги в порівнянні з Eclipse, ADT і буде офіційним Android IDE, після завершення її розробки.

Оскільки робота над Android Studio ще не завершена, відомості про неї теж обмежені. Проте можна навести основні відмінності між нею та Eclipse ADT, які наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

## Порівняльна характеристика

Особливість	Android Studio	ADT
Система збірки	Gradle	Ant
Maven-основана залежність збірки	Так	Ні
Створення варіантів і multiply APK поколінь (відмінно підходить для Android Wear)	Так	Ні
Розширений компілятор коду та рефакторинг	Так	Ні
Графічний редактор макету	Так	Так
APK-підписання та керування сховищами ключів	Так	Так
Підтримка NDK	Скоро	Так

**Висновки.** ОС Android з кожним днем стає все більш популярною, і має вагомому перевагу відносно інших платформ серед користувачів. Тому, в актуальності розробки додатків для мобільних пристроїв на базі Android немає сумніву. Android має відкритий код, що значно полегшує роботу з нею та відкриває розробнику необмеженість у можливостях щодо розробки відповідного програмного забезпечення.

Інструменти, необхідні для розробки android-додатків, є загальнодоступними та, головне – безкоштовними, що дозволяє починаючому розробнику з легкістю отримати усі ресурси розробки та користуватись ними для отримання необхідних навиків і досвіду роботи.

## Література

1. Android [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.apps-trilan.ru/android/> (дата звернення: 09.10.2014 р.)
2. Все про Android. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://thl-android.com/vse-ob-android> (дата звернення: 13.10.2014 р.)
3. Введення в розробку для платформу Android. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.ibm.com/developerworks/ru/library/os-android-devel/> (дата звернення: 13.10.2014 р.)
4. Підготовка до розробки. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://developer.alexanderklimov.ru/android/android1.php> (дата звернення: 22.10.2014 р.)

5. Android Studio [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://developer.android.com/sdk/installing/studio.html> (дата звернення: 02.11.2014 р.)

## **ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОГО АНАЛІЗУ**

*Кравчук О.А.*

*Хмельницький національний університет, [kravchukoa@mail.ru](mailto:kravchukoa@mail.ru)*

Для прийняття ефективних управлінських рішень необхідне застосування різних інструментів аналізу фінансово-господарської діяльності підприємств. Можна виділити три основні типи задач, що вимагають застосування економічного аналізу, для вирішення яких використовуються широко поширені програмні продукти:

- 1) аналіз фінансового стану підприємства;
- 2) задачі аналізу, зорієнтовані на розробку стратегічних управлінських рішень з розвитку бізнесу;
- 3) задачі аналізу, спрямовані на розробку тактичних рішень управління підприємством.

В наш час на вітчизняному ринку ПЗ існує досить багато програм, зорієнтованих на підготовку аналітичної інформації. Вони в достатній мірі відрізняються як за обсягом задач аналізу фінансово-господарської діяльності підприємств, так і за реалізованими підходами до їх вирішення.

Можна виділити наступні основні групи програмних засобів, призначених для вирішення задач економічного аналізу:

- 1) системи автоматизації фінансового аналізу;
- 2) засоби автоматизації внутрішнього аналізу господарської діяльності;
- 3) системи автоматизації аналізу інвестиційних проектів;
- 4) інтелектуальні аналітичні системи.

Перші три групи програмних засобів є найбільш поширеними і користуються найбільшим попитом. До четвертою групи відносяться, насамперед, нейронмеревеві аналітичні системи, які поки що застосовуються тільки невеликою кількістю крупних фінансових та виробничих структур. Можливості, які вони надають, потребують окремого розгляду, і тому їх аналіз в подальшому викладі не представлено.

Науковий і практичний інтерес представляє розробка концепції побудови економічного аналізу з використанням комп'ютерних технологій. Головною рисою у створенні такої концепції є розробка нових методик проведення економічного аналізу діяльності підприємств.

Саме вони можуть і повинні бути покладені в основу побудови нових програмних продуктів з економічного аналізу, використання яких в практиці аналітичної роботи покликано підвищити ефективність всієї системи управління діяльністю господарюючих суб'єктів в умовах динамічної зміни ринкових відносин.

Під ПЗ аналітичного процесу найчастіше розуміють сукупність математичного апарату алгоритмізації, вибору мови програмування, розробки програми, створення пакетів прикладних програм. ПЗ є сукупністю комплексів програм, розроблених згідно з принципами системності та адаптивності, максимально орієнтованих на стандартні пакети прикладних програм, які забезпечують досить ефективну реалізацію всіх елементів процесу розв'язку аналітичних завдань.

ПЗ економічного аналізу має свою специфіку, оскільки:

а) аналітичні завдання передбачають комплексний характер дослідження процесу, тобто високу концентрацію аналітичних процедур;

б) аналіз повинен забезпечувати максимальну оперативність представлення результатів;

в) існує багатоваріантність форм і змісту результатних даних, яка обумовлена інформаційними потребами користувачів різних рівнів управління;

г) висока значимість результатної інформації для прийняття управлінських рішень передбачає автоматизовану перевірку її достовірності;

д) необхідність урахування різноманітних джерел інформації.

Тому програми повинні бути гнучкими щодо внесення доповнень і мати високий рівень сегментації (модульності).

Дослідження вітчизняного ринку комп'ютерних програм показує, що більшість розробників орієнтуються на створення універсальних комплексних корпоративних систем, де значна увага приділяється аналітичним процедурам.

Зв'язок між обліковими й аналітичними програмами є безсумнівним. Саме тому розгляд питань побудови програмних продуктів з економічного аналізу у відриві від існуючих програм з бухгалтерського обліку є не лише недоцільним, але й неможливим. В цілому розширення аналітичних функцій бухгалтерських програм є закономірним і обґрунтованим. Для побудови аналітичних таблиць, виконання розрахунків, обов'язково потрібно знати основи бухгалтерського обліку, оскільки саме в системі обліку формується 60 % інформації, яка використовується для прийняття управлінських рішень. Дані бухгалтерського обліку є основою інформаційної бази економічного аналізу, тому будь-яка аналітична програма, в першу чергу, використовує дані бухгалтерського обліку.

Насичення ринку програмних продуктів програмами бухгалтерського обліку значно загострює конкуренцію. Боротьба за споживача вимагає постійного удосконалення запропонованих на ринку програмних продуктів.

Деякі фірми-розробники ПЗ комплексної автоматизації бухгалтерського обліку створюють окремі аналітичні програми, сумісні з їх власними бухгалтерськими програмами, які дозволяють проводити аналіз на підставі даних бухгалтерського обліку і бухгалтерської звітності, сформованої за допомогою програмного забезпечення бухгалтерського обліку. Необхідно відмітити, що більшість аналітичних програм обмежується використанням тільки даних фінансової звітності підприємства. Така обмеженість інформаційної бази, природно, впливає на глибину аналітичних досліджень й аналітичні можливості самих програмних продуктів, значно знижує обґрунтованість висновків за результатами такого дослідження.

Існують спроби реалізації облікових і аналітичних функцій в рамках єдиного програмного продукту, що є закономірним в умовах розвитку інформаційних потреб керівництва підприємства. Поєднання в одному програмному продукті облікових і аналітичних модулів можна розглядати як один з кроків удосконалення організації бухгалтерського обліку. Разом з тим, предметна область дослідження економічного аналізу за допомогою комп'ютерних технологій є більш широкою, ніж вона представлена в сучасному програмному забезпеченні автоматизованих систем бухгалтерського обліку, що містить лише обмежену кількість фінансових коефіцієнтів, розрахованих на підставі фінансової звітності підприємства.

Різноманітність аналітичних завдань, відмінність у методичних підходах до їх практичної реалізації, порядку адаптації програмних продуктів до особливостей роботи користувачів, а також відмінність у порядку формування інформаційної бази аналізу, обумовлені особливостями тих чи інших програм з бухгалтерського обліку, роблять необхідною класифікацію програм економічного аналізу.

Як зазначалось, розробники ПЗ економічного аналізу розглядають програмні продукти як системи універсального характеру або загального призначення. Такий підхід зумовлюється єдністю використовуваних при проектуванні програмного забезпечення методик аналізу. Перш за все це стосується аналітичних програм, що пропонують розрахунок основних фінансових коефіцієнтів за даними фінансової звітності підприємства.

Орієнтація розробників на створення універсальних аналітичних програм, безумовно, покликана розширити коло потенційних покупців, які представляють певні галузі економіки та тих, що мають широкий ступінь диверсифікації своєї господарської діяльності.

Необхідність комплексного проведення аналітичних досліджень різних напрямів стає основною причиною об'єднання функціональних можливостей аналітичних програм, що дозволяє здійснювати оцінку та аналіз поточного і прогнозного фінансового стану господарюючого суб'єкта, вибір найкращої стратегії його розвитку, розробку інвестиційних проектів і бізнес-планів, ефективне управління збутовою та маркетинговою діяльністю тощо.

Аналіз фінансового стану діяльності господарського суб'єкта, який проводиться на основі названих програмних продуктів і включає в себе дослідження широкого кола питань. В ході аналізу застосовуються як абсолютні, так і відносні показники.

Незважаючи на широкі функціональні можливості сучасних аналітичних комп'ютерних програм, більшість з них не повністю відповідають критеріям і характеристикам комплексного економічного аналізу, оскільки в якості основного (а іноді і єдиного) джерела формування інформаційної бази використовують фінансову звітність підприємства. Схоже обмеження інформаційної бази комплексного аналізу рамками фінансової звітності підприємства допускається тільки при проведенні зовнішнього аналізу. Щодо фірм-розробників ПЗ, то не дивлячись на те, що в останній час великі підприємства активно впроваджують дорогі зарубіжні системи, можна констатувати достатньо стійку тенденцію їх заміщення відповідними вітчизняними розробками, які є кращими за зарубіжні аналоги.

### **Література**

1. Бражникова О. Д. Оцінка програмних засобів автоматизації планування і економічного аналізу на сільськогосподарських підприємствах / О. Д. Бражникова, А. М. Д'яков. – 2006. – С. 24.
2. Kuansan Wang. Natural Language Enabled Web Applications [Electronic resource]. – Mode of access: <<http://research.microsoft.com/stg>>.
3. Speech and Language Tags (SALT) Forum [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.saltforum.org>>.

### **ANTIOXIDANT ACTIVITY AND CHEMICAL COMPOSITION THE BIOACTIVE ADDITIVE «GRAIL»**

*Melkadze R.G., Peikrishvili L.Sh.  
Institute of machine mechanics, Georgia, Tbilisi e-mail: remeist@mail.ru*

**Abstract.** The article deals with new bioactive additive «Grail» test results. Additive the Georgian flora up to 30 of medicinal-food plants extracts, mountain honey and red wine unique composite. It is designed as a base for new and enriching traditional food products and functional properties of conferred. The article presents the data of antioxidant activity and chemical composition of the «Grail».

**Introduction.** One of the important problems of modern food industry is creation of highly effective functional products and their production on the base of biologically active substances. Natural sources of these substances are eatable and medicinal plants with diverse compositions of chemical substances (phenol substances, vitamins, amino-acids, alkaloids, volatile oils and etc.), among which a group of substances called bio-antioxidants is distinguished by wide spectrum of biological activity. A basic physiological property of these substances is ability to restrict free radicals and slow down process of aging. None of the groups of natural substances has such diverse and many-sided influence on biological activity of the human and animal cells as bio-flavonoids do.

At present, about 3000 means (additive) with antioxidant activity are known, though researches into revealing of new vegetable sources and creation of new effective curing and preventive preparations, bioactive additives and functional food stuffs continue with expressed dynamical character.

**Materials and Methods.** The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) assay was used to measure the concentration of total antioxidants [1]. UV/Vis spectrophotometer M501 (Camspec Ltd, UK) was used for measurements of absorption changes that appear when the TPTZ-Fe<sup>3+</sup> complex reduces to the TPTZ-Fe<sup>2+</sup> form in the presence of antioxidants. An intense blue colour with absorption maximum at 593 nm develops. Standard solutions of 5.7 m mol ascorbic acid in deionised water were prepared. Diluted standards or diluted extract samples were used on the day of preparation except the ascorbic acid solutions, which were used within 1h of preparation. An aqueous solution of 1000 µmol/l FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O was used for calibration of the instrument.

To measure FRAP value, 300 micro l of freshly prepared FRAP reagent was warmed to 37 °C and a reagent blank reading is taken at 593 nm; then 10 micro l of sample and 30 micro l of water are added. Absorbance readings were taken after 0.5 s and every 15 s until 4 min. The change of absorbance ( $\Delta A = A_{4\text{min}} - A_{0\text{min}}$ ) is calculated and related to  $\Delta A$  of a Fe (II) standard solution.  $\Delta A$  is linearly proportional to the concentration of antioxidant. One FRAP unit is arbitrarily defined as the reduction of 1 mol of Fe (III) to Fe (II). Antioxidant activity was expressed as an equivalent of

ascorbic acid. An improved colorimetric assay using Folin-Ciocalteu reagent was applied to determine the total polyphenol content in plant materials [2].

Aliquot of the sample was diluted 20 times. Folin-Ciocalteu phenol reagent (5 ml) was added to the diluted sample (1.0 ml), kept for 5 min and 4 ml 7.5 %  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  was added. The mixture was left for 1 h at the room temperature. Then its optical density was measured on a spectrophotometer set at  $\lambda$  765 nm with a 10 mm length cell, zero on reagent blank.

A linear calibration graph was derived from the gallic acid standard solutions. Total polyphenols ( $\mu\text{g}$  gallic acid equivalent) in sample extract aliquot was derived using the measured sample optical density and the gallic acid standard slope and then polyphenol content was calculated according to the dilution factor.

Amino acids were determined by method based on colour reaction of free amino acids with ninhydrin reagent [3] with some modifications. Violet colour is developed during this reaction. The sample of beverage was diluted 5 times. 1.7 ml of 1 % ninhydrin was added to the diluted sample; boiled for 15 min, cooled at room temperature. Absorption of violet coloured products was measured at  $\lambda$  570 nm with reagent blank subtracted. A linear calibration graph was derived from the arginine acid standard solutions, by plotting standard optical densities at 570 nm (with reagent blank subtracted) against concentration (0.15–0.35 mg/ml). Individual polyphenolics were determined by HPLC method as described in Am. J. Enol. Vitic.59:1 [4]. Equipment: Varian Prostar Column: A ChromSep (LiChrospher) RP-18 endcapped  $250 \times 4.6$  mm,  $5\mu\text{m}$  Column (Varian, Palo alto, CA) and a precolumn of the same material was used for separation and kept at 30 °C. Ascorbic acid content was determined by Tillman's method as described by Dgebuadze [5]. The method is based on titration of ascorbic acid. In this method 2,6-dichlorobenzon indophenol is used as an indicator of ascorbic acid.

For determining the mineral components used X-ray fluorescence spectroscopy ELVAX (USA).

**Results and discussion.** The results are summarized in the table 1 and 2.

Table 1

**Phenolic complex and the antioxidant activity of bioactive additive «Grail»**

#	Compound (s)	Results
1	Total polyphenolics (mg/l)	900
2	Total amino acids (mg/l)	1000
3	Antioxidant activity (equivalent of vitamin C) mg/l	765

4	Vitamin C, mg/l	47.5
5	Polyphenolics (flavanoids) mg/l	218,75
5.1	Gallic acid	17.81
5.2	(+) Catechin	30.60
Continued		
#	Compound (s)	Results
5.3	Vanillic acid	0.28
5.4	Jasmonic acid	21.22
5.5	Chlorogenic acid	4.46
5.6	Caffeic acid	21.64
5.7	(-) Epicatechin	77.97
5.8	p-Cumaric acid	16.28
5.9	Sinapinic acid	28.49

Table 2

**Minerals of bioactive additive «Grail»**

#	Elements	Composition, micro g/ml
1	K (potassium)	99,44
2	Ca (calcium)	101,48
3	Cr (chrome)	0,52
4	Mn (manganese)	1,61
5	Fe (iron)	1,23
6	Ni (nickel)	0,34
7	Cu (copper)	0,62
8	Zn (zinc)	2,24
9	Se (selenium)	0,06
10	Br (bromine)	0,32
11	Rb (rubidium)	0,41
12	S (grey)	127,04
13	Co (cobalt)	0,01
14	Hg (mercury)	0,01
15	Pb (lead)	0,007
16	As (arsenic)	–
17	Sr (strontium)	0,061
18	Zr (zirconium)	0,03

**Conclusions.** The survey revealed the product of chemical compounds with high antioxidant activity and diversity, which makes it a highly promising consumption as in natural form, so new and traditional food products and enrichment.



On the basis of received results, we may conclude that the above-mentioned feeding-supplement includes all the necessary mineral substances needed for human organism, the so-called «protective» (Se, Zn) and «vital», essential microcells (K, Ca, Cr, Mn, Cu, Fe, Co, etc...) among them, that makes it a perspective means for normalizing vital processes of an organism, curing and preventing different kinds of diseases, increasing natural immunity against various environmental arte-factors.

**Acknowledgements.** A Work funded by the Georgian company «Winery Khareba».

### References

1. Benzie Iris, F.F and Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of «Antioxidant Power». The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239, 70–76.
2. Bond, T. J. Lewis J. R. Davis, A. Davis A. P. (2003). Analysis and Purification of Catechins and Their Transformation Products. In: *Methods in Polyphenol analysis* (edited by C. Santos-Buelga and G. Williamson). p. 229–266. UK: Athenaum Press
3. Burkina, N. A., Kalinkina, G. I., Fominikh, L. V., Kudrjukova L. V. (2000). Investigation of amino acids composition of brown sphagnum. *Chemistry of Raw materials*, 1, 81–83.
4. Daniel P.M. Bonetz, et al., (2008). AnewRP-HPL Cmethodfor analysis of polyphenols, anthocyanins, and Indole-Acetic Acid in Wine. *Am. J. Enol. Vitic.* 59:1 pp. 106–109.
5. Dgebuadze K. (1975). *Practicum in plant biochemistry*. Tbilisi.

## PHENOLIC COMPLEX AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF CAUCASIAN BLACKBERRY (*RUBUS CAUCASICUS L*) LEAVES

*Melkadze R.G.*

*Institute of Machine Mechanics, Tbilisi, Georgia, e-mail: remeisi@mail.ru*

**Abstract.** Some chemical characteristics of 6-leaf Caucasian blackberry escape (*Rubus caucasicus L.*) are studied. The composition of phenol compounds are presented by catechins, leucoanthocyanidins and flavonols. Highs of accumulation of phenol compounds are found in the middle of the season (July–August).

Blackberry leaf and extract has high antioxidant activity.

**Key words:** Caucasian blackberry, phenol substances, antioxidant activity.

**1. Introduction.** Based on the analysis of data on beverage plants used for preparation of herbal teas, taking into account available resources and people's experience of their application, we have chosen Caucasian blackberry leaves as an object.

Blackberries belong to the subgenus Eubatus, of genus *Rubus L.* of the family *Rosaceae*, shrub height of 50–150 cm, with long rhizomes and perennial aboveground stems, all covered with spines. In the Caucasus we meet 33 species.

From these species of blackberries in Georgia is mainly spread Caucasian blackberry (*Rubus caucasicum L.*).

The plant blooms from May to August, fruiting after about 1.5 months from flowering. It grows in woods, ravines, among shrubs, clearings, along the banks of rivers, streams, meadows, rocky slopes, orchards, gardens, roadsides. It forms large thickets. The total area of blackberries in Georgia is up to 300 thousand ha.

The distinctive feature of Caucasian blackberry from other species is a little prickly things on stems and leaves, which facilitates the collection of raw materials.

It is essential that the periods of vegetation of blackberry coincide with periods of tea production season (April-October months), which is of great importance in the industrial development of its production in enterprises of primary processing of tea.

It should be noted that the information on the chemical composition of the plants are scarce, except for works relating to the study of the texture of a 6-sheet escape blackberry and individual phenol compounds of flush elements [25].

The study of these problems determined the purpose of this investigation.

**2. Materials and Methods.** The objects of investigation were Caucasian blackberry leaves. In raw materials during vegetation period were studied: phenol compounds – by 1 using conversion factor  $K = 4,16$  [11, 12, 20, 22], antioxidant activity – by method of Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) [24].

**3. Research and Their Discussion.** Tests were carried out on the seasonal section of vegetation of the blackberry leaf. For operation were used 6-leafy shoots of blackberries.

**Phenol composition.** Of the many substances of vegetable raw materials for preparation of tea products the most important in addition to water are phenol compounds. Separate groups of these substances have positive, negative or indifferent meaning for the quality of the finished product.

In the production of tea phenolics play a primary role, as their ability to be oxidized by enzymes to form a red-brown and the reaction products, determined by inherent characteristics of the finished product quality. Phenolic compounds in the manufacture of tea leaf tea undergo a deep and diverse transformations that form the basis of the process of tea production. Therefore it is clear the enormous work carried out by researchers in the study of the role and significance of tea phenolic compounds [1–6, 9–10, 14–19, 23–24, 26].

In connection with the above, in the production of herbal tea is paramount study phenolic compounds used or that the vegetable raw materials.

Especially interesting is the establishment of seasonal dynamics of phenolic compounds during the growing season of the plant. As is known, the content of phenolic compounds in tea leaves subject to change during the processing season – for the Georgian tea plant the maximum of their savings in other similar conditions the same as the middle of the season (July–August), when the daily total atmospheric temperature is the highest. Details of the experiment conducted by us in blackberry escape during the growing season (Table 1)

Table 1

Dynamics of phenolics blackberry escape during the growing season

##	Months	Phenolic compounds, % of dry weight	The extent of the maximum accumulation of phenolic compounds in %
1	May	16,70 ± 0,24	82,1
2	Jun	18,84 ± 0,22	82,5
3	Jul	19,61 ± 0,33	96,4
4	August	20,35 ± 0,37	100,0
5	September	16,65 ± 0,21	81,8
	Average	18,43 ± 0,30	

As a result, it was found that the nature of the accumulation of phenolic compounds blackberry escape by month growing season is identical to the tea leaves. The blackberry, as well as in tea leaves maximum accumulation of phenolic substances comes to the middle of the growing season – the hottest period (July-August). This once again confirms that the sheet of blackberry, as well as tea and other plant materials. Fully complies to the basic laws of ontogeny of plants.

In further work our first important issue is the study of the qualitative composition of phenolic compounds blackberry leaf. In the study of the dynamics of accumulation of flavonoid compounds in blackberry escape

during the growing season revealed that after the flowering phase (month of May) the amount of catechins and flavonols leucoanthocyanidins increases during the summer, peaking in August and then decreases (Fig. 1–3).

The dynamics of flavonoids in blackberry escape and quantitative changes in vegetation indicates that these substances are actively involved in the metabolic processes of the plant cell [8, 11, 14, 16, 22].

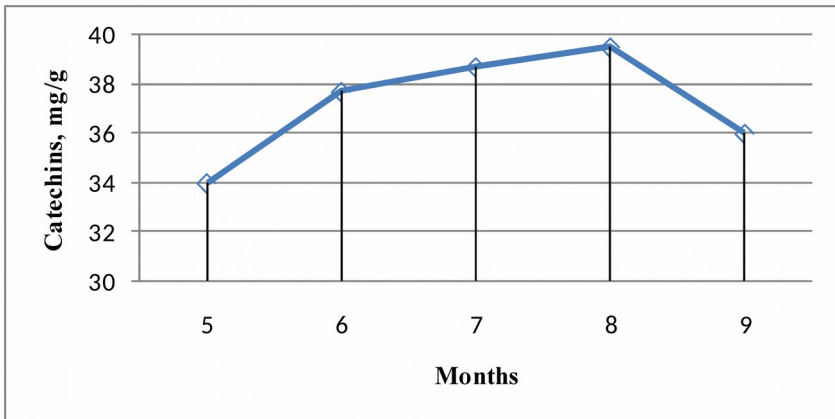


Fig. 1. Dynamics of catechins blackberry escape during the growing season

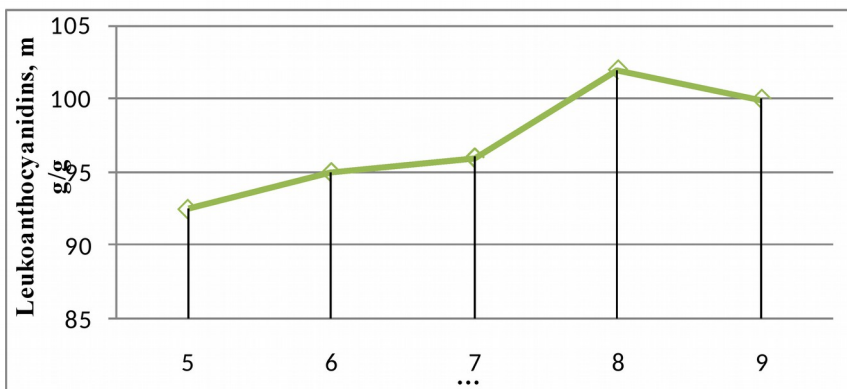
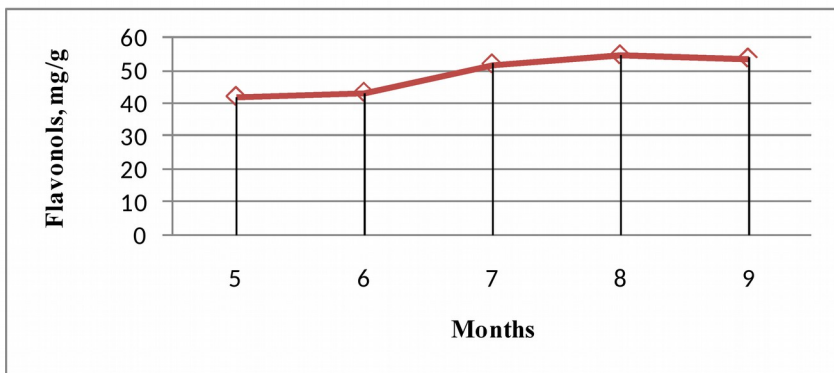


Fig. 2. Dynamics leucoanthocyanidins in blackberry escape during the growing season

**Antioxidant Activity.** The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) assay was used to measure the concentration of total antioxidants. UV/Vis spectrophotometer M501 (Camspec Ltd, UK) was used for measurements of

absorption changes that appear when the TPTZ-Fe<sup>3+</sup> complex reduces to the TPTZ-Fe<sup>2+</sup> form in the presence of antioxidants. An intense blue colour with absorption maximum at 593 nm develops. Standard solutions of 5.7 mM ascorbic acid in deionised water were prepared. Diluted standards or diluted extract samples were used on the day of preparation except the ascorbic acid solutions, which were used within 1h of preparation. An aqueous solution of 1000 µmol/L FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O was used for calibration of the instrument.



**Fig. 3. Dynamics of flavonols in blackberry escape during the growing season**

To measure FRAP value, 300 ml of freshly prepared FRAP reagent was warmed to 37 °C and a reagent blank reading is taken at 593 nm; then 10 ml of sample and 30 ml of water are added. Absorbance readings were taken after 0.5 s and every 15 s until 4 min. The change of absorbance ( $\Delta A = A_{4\text{min}} - A_{0\text{min}}$ ) is calculated and related to  $\Delta A$  of a Fe (II) standard solution.  $\Delta A$  is linearly proportional to the concentration of antioxidant. One FRAP unit is arbitrarily defined as the reduction of 1 mol of Fe (III) to Fe (II). Antioxidant activity was expressed as an equivalent of ascorbic acid (Table 2).

Table 2

**The antioxidant activity of blackberry leaf and green tea**

Sample	Antioxidant activity, mg/g of ascorbic acid equivalent
Experience	
Blackberry leaf fresh	1810
Blackberry leaf dried	10600
The dry extract of the blackberry leaf	11000

Control	
Fresh tea leaves	1015
Dried tea leaves	6000
Dry green tea extract	6500

From Table 2 shows that in terms of antioxidant activity of leaf extract of blackberry far exceeds commonly known green tea. This property blackberry leaf, particularly blackberry Caucasian, puts him in the ranks of the most powerful plant antioxidants.

**4. Conclusions.** Investigated the chemical composition of the 6-leaf blackberry escape linking the growing season. It was found that the nature of the accumulation of volatile phenolic compounds: their minimum content to the same period of the beginning and end of the growing season (May and September).

Established the character changes in the content of individual phenolic substances catechins, flavanols and leucoanthocyanidins blackberry leaf by month growing season.

According to antioxidant activity much greater than the blackberry leaf green tea.

### References

1. Bokuchava M. A. On the nature and significance of tannins tea leaves // Bioch. tea Manuf. – M. 1950 (in Russian).
2. Bokuchava M. A., Volkov A. G. The conversion of the different fractions of tannins in the growth and development of tea leaves and its processing // Ref. Works established. Dep. Biol.sci. USSR Academy of Sciences, M. 1946 (in Russian).
3. Bokuchava M. A., Novozhilov N. P. Taste properties of the individual fractions tea tannin and to the quality of tea // Bioh. of tea production. M. 1946 (in Russian).
4. Bokuchava M. A., Popov V. R., Schubert T. A. Role tannins in redox enforcement process plant // USSR Academy of Sciences, 1951 (in Russian).
5. Bochinsky R. Contemporary views in biochemistry. M. 1987. – 544 p.
6. T. Goodwin, Mercer E. Introduction plant biochemistry. In 2 tomah. M. Science, 1986, with t. 2. – 312 p.
7. Dzhemukhadze K. M. Tea tannin in connection with the processing and quality of tea // Biochem. Tea production. M. : 1940 (in Russian).

8. Dzhemukhadze K. M. Tanin substance and quality of the raw tea // Biochem. Tea production. M. 1950 (in Russian).
9. Durmishidze S. V. Tanin substances and anthocyanins of the vine and wine. Moscow: USSR Academy of Sciences, 1955–324p. (in Russian).
10. Durmishidze S. V., Nutsbidze N. Chromatography division tannins grapes // heavily grape growing and winemaking of the USSR Academy of Sciences, 1955. (in Russian).
11. Kretovich V. L. The Basics Biochemistry of plants. M.: Graduate School, 1971 – 464 p. (in Russian).
12. Kursanov A. L. Forming and nature of tea pigments // Bioch. tea prod. M.: 1935 (in Russian).
13. Kursanov A. L. Determination of different forms of tannins in plants // Biochemistry, M.: 1941 (in Russian).
14. Kursanov A. L. Tanin tea leaf material in connection with the problem of improving the quality tea // AS USSR. Ser Biol. 1951 (in Russian).
15. Kursanov A. L. Synthesis and transformation of tannins in the tea plant // 7th Bach reading. USSR Academy of Sciences. M. 1952 (in Russian).
16. Kursanov A. L., Kryukova N. I. Synthesis of polyphenols in tea leaves // Bioh. Tea prod. M. : (in Russian).
17. Melkadze R., Chikovani N., Kachniashvili E. Characteristics of the Composition of Caucasian Blackberry (*Rubus caucasicus* L.) Leaves as a Raw Material for Tea Production, J. Applied Biochemistry and Microbiology, 2008.
18. Melkadze R. G. Research an elemental composition Blackberry of a sheet and mining of the technological rules of effecting phytotea of products, Georgian Academy of Sciences, Tbilisi, 2000.
19. Oparin A. I. Biochemical theory of tea production M. : Bioch. tea prod. 1935(in Russian).
20. Oparin A. I., Schubert T. A. About respiratory oxidation systems tea leaves // Biochem. tea prod. M.: 1935 (in Russian).
21. Petrov K. P. Workshop of biochemistry vegetable raw materials. M.: 1965–330 p. (in Russian).
22. Popov V. R. Quantification determination of tannin and free amino acids in the development of shoots and tea during their technological processing // Biochem. and progressive primary process. tea production. M Nauka, 1966 (in Russian).
23. Soboleva G. A. Quantification definition catechins using a densitometer // Bioch. Tea prod. M.: 1958 (in Russian).
24. Benzie F. F, Strain J.J. The Ferric Reducing Ability of Plasma as a Measure of Antioxidant Power: the FRAP Assay «Analytical Biochemistry», 1996.

25. Lame J. Research and the practical manufacture of Tea // j. of res. Inst .of Ceylon. 1937.

26. Tsujimura M., Takasu E. On the tea tannins in green tea Isolation of tea tannin in crystalline state // Ibid. 1955.

## **АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ ЧЕСНОЧНОЙ ПАСТЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЖИМОВ ХРАНЕНИЯ**

*Шаманаури Л.Г., Натриаишвили Т.М., Мелкадзе Р.Г., Пеикришвили Л.Ш.  
Институт механики машин им. Р. Двали, Тбилиси, 0186, Грузия,  
e-mail: remeisi@mail.ru*

**Введение.** Сегодня все большую актуальность приобретают такие понятия, как оксидантный стресс, свободные радикалы, антиоксидантная защита. В условиях современного мира, когда человеку постоянно приходится сталкиваться с негативным воздействием огромного количества агрессивных факторов внешней среды (плохая экология, несбалансированное питание, постоянные стрессы, нездоровый образ жизни и т.д.), риск развития оксидантного стресса крайне велик.

В борьбе со свободными радикалами принимают участие не только антиоксидантные вещества, вырабатываемые организмом, но и антиоксиданты, поступающие с пищей. Это прежде всего фрукты, овощи, ягоды, лекарственные растения и т.д.

Из широкого списка пищевых растений, обладающих лечебное действие на организм, несомненным является чеснок. Это одна из популярнейших овощных культур, используемый по всему миру. Благодаря своему противовирусному действию, чеснок широко применяется в медицине. Содержащиеся в его соке биологически активные вещества оказывают противогрибковое, противовоспалительное, противовирусное, противоглистное и противомаларийное действие. Применение чеснока повышает секреторную, а также двигательную функцию желудочно-кишечного тракта, нормализует флору кишечника, повышает иммунитет организма и сопротивляемость инфекционным и простудным заболеваниям.

Научно доказано, что чеснок природный антибиотик. Он способен убивать бактерии и активен против кишечной палочки, сальмонеллы, золотистого стафилокока. Доказано также его полезное воздействие на сердечно-сосудистую систему: чеснок способствует понижению общего уровня холестерина, так называемого «плохого» холестерина и повышает «хороший» холестерин. А высокая концент-



рация хорошего холестерина снижает риск возникновения сердечно-сосудистых заболеваний и атеросклероза.

Как видно, биологический спектр действия чеснока и продуктов на его основе очень широкий, хотя данные об антиоксидантных свойствах в научной литературе крайне скудны [1–3]. Это побудило нас провести работу по изучению антиоксидантной активности одного из продуктов чеснока – чесночной пасты.

**Материалы и методы исследования.** Материалами исследования служили свежесобранное сырье (луковицы) чеснока и чесночная паста. Для получения чесночной пасты луковицы помещали в подогретой до 40–50 °С теплой воде в течение 2 ч, срезали верхнюю головку и наружные листья и промывали холодной проточной водой. Очищенную массу пропускали через мясорубку до размера частиц 2–3 мм. Из полученной пасты готовили контрольную и опытные образцы, которые закладывали на хранение. В образцах после 12 месяцев хранения изучали антиоксидантную активность по методу FRAP (The Ferric Reducing Ability of Plasma assay was used to measure the concentration of total antioxidants) [4].

На цифровом спектрофотометре (UV/Vis Spectrophotometer) определяли изменение интенсивности поглощения, происходящая при восстановлении ионов трехвалентного железа (TPTZ-Fe<sup>3+</sup>) в двухвалентные ионы (TPTZ-Fe<sup>2+</sup>) в присутствии антиоксиданта. Для калибровки инструмента применяли раствор FeSO<sub>4</sub>·xH<sub>2</sub>O с концентрацией 1000 мкмоль/л. Антиоксидантную активность выражали в эквивалент аскорбиновой кислоты.

Для анализов 20 г протертый образец экстрагировали 70-процентным этанолом в течение 30 минут и фильтровали. Для определения использовали т.н. «рабочий раствор» (300 ммоль ацетатный буфер pH 3.6, TPTZ (2.4.6-трипиридил 5-триазил и хлорид трехвалентного железа в объемном соотношениях 10:1:1). Рабочий раствор поставляли на водяную баню при температуре 37 °С в течение 15 минут. Для сравнения использовали 1 ммоль аскорбиновую кислоту. К 100 мкл образцу прибавляли 3 мл рабочий раствор и на спектрофотометре определяли поглощение при длине волны 593 нм и фиксировали показания после 4 минуты. В качестве контроля использовали рабочий раствор.

**Результаты и их обсуждение.** Результаты проведенных лабораторных экспериментов представлены в таблице. Из нее следует, что самые высокие показатели антиоксидантной активности имеют образцы, которые хранились при комнатной температуре без обработки и расфасованный в вакууме. Далее следуют образцы, обработанные озоном и которые хранились в холодильнике. Возможно высокая анти-

окислительная активность первых двух образцов вызвано их низкой влажностью, которая в определенной степени способствует консервации активных соединений.

Очевидным можно считать положительный эффект озонирования и вакуумирования в сохранении антиоксидантной активности.

Таблица 1

**Антиоксидантная активность чесночной пасты  
в зависимости от условия и продолжительности хранения**

Наименование образца чесночной пасты	Антиоксидантная активность 100 г образца (в мг эквивалент витамина С)	Влажность, %	Антиоксидантная активность в пересчете на 100 г сухого образца (в мг эквивалент витамина С)
Исходный (контроль)	20,2	30,1	30,0
При комнатной температуре в течение 12 месяцев	18,30	26,4	24,7
В холодильнике с поваренной солью в течение 12 месяцев	2,34	43,4	4,1
При комнатной температуре обработанный озоном в течение 12 месяцев	9,46	53,3	20,1
В холодильнике в течение 12 месяцев	4,11	64,2	11,4
При комнатной температуре расфасованный в вакууме в течение 12 месяцев	8,52	23,8	28,9

**Выводы.** Для хранения чесночной пасты эффективными приемами являются способы озонирования и вакуумной обработки продукта. При указанных режимах обработки обеспечивается максимальная сохранность антиоксидантной активности продукта в течение 12 месяцев.

**Благодарность:** Работа профинансирована Национальным научным фондом Грузии им. Шота Руставели (грант AR/41/10-150/13)

## Литература

1. Рябинина Е. И. и др. (2011). Новый подход в оценке антиоксидантной активности растительного сырья при исследовании процесса аутоокисления адреналина // Химия растительного сырья. – С. 117–121.
2. Сирота Т.В. (2000) Способ определения антиоксидантной активности супероксидсмутазы и химических соединений // Патент РФ 2144674.
3. Хасанова С.Р. и др. (2007). Сравнительное изучение антиоксидантной активности растительных сборов // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. 1. – С. 163–166.
4. Benzie Iris, F.F and Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of 2Antioxidant Power». The FRAP assay. Analytical Biochemistry, 239, 70–76.

## НОВЫЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ПРИРОДНОГО КОФЕИНА

*Мелкадзе Р.Г., Кинцурашвили К.М., Долидзе П.Т., Кенкишвили Р.А.  
Институт механики машин, ул. Миндели, 10 Тбилиси, 0186 (Грузия),  
e-mail: remeisi@mail.ru*

В статье рассмотрены результаты лабораторных экспериментов по получению кофеина из чайного материала путем «сухого» экстрагирования сырья. Показано, что метод сухой возгонки кофеина является технологически дешевым и легко осуществимым в условиях любого предприятия малой и средней мощности.

**Ключевые слова:** чай, «сухая» экстракция, кофеин.

**Введение.** Из многочисленных биоактивных комплексов и отдельных веществ растений, вызывающие разные фармакологические действия, несомненно важными являются алкалоиды, а из них – пуриновые соединения, главным представителем которых является кофеин (1,3,7-триметилксантин).

Кофеин является мощным природным стимулятором, который употребляют для повышения выносливости и увеличения физической силы во время тренировок. Он относится к классу ноотропных веществ, поскольку повышает чувствительность нейронов и, таким образом, стимулирует умственную деятельность. При систематическом употреблении кофеина снижается риск развития болезни Альцгеймера, цирроза и рака печени. Основной механизм действия кофеина заключается в его антагонизме по отношению рецепторам аденозина; по-

следний обладает седативным и расслабляющим действием, не последнюю роль в котором играют его рецепторы, расположенные в области головного мозга. Кофеин ингибирует действие аденозина, делая нас более бдительными, внимательными и бодрыми, при этом задействуются допамин, серотонин, ацетилхолин и адреналин.

Кофеин – наиболее широкое потребляемое в мире психоактивное вещество, которое, в отличие от многих других психоактивных веществ, является законным и нерегулируемым почти во всех странах мира. Напитки, содержащие кофеин, такие как кофе, чай, прохладительные и энергетические напитки, пользуются большой популярностью.

Мировое потребление кофеина оценивается в 120 000 тонн в год, что делает его самым популярным в мире психоактивным веществом. В среднем, это количество составляет одну порцию кофеинового напитка для каждого человека каждый день.

Основными природными источниками кофеина являются чай, кофе, какао, парагвайский чай (*Ilex paraguagensis*) «Мате», кола, *Paulinia cupana*, гуарана, лист стержулий и др. [1–5].

Ресурсы чая в Грузии огромные, что дает возможность обеспечить в кофеине не только нужды фармацевтической и пищевой промышленности, но предмет импорта при организации соответствующего производства на базе высокоэффективной технологии и технических приемов.

В промышленности кофеин получают двумя способами: химическим путем из мочевиной кислоты и из растительного сырья.

В основе получения природного кофеина из растительного сырья лежит метод экстракции.

Процесс экстракции включает три последовательные стадии: смешение исходной смеси веществ с экстрагентом; механическое разделение (расслаивание) двух образующихся фаз; удаление экстрагента из обеих фаз и его регенерацию с целью повторного использования. После механического разделения получают раствор извлекаемого вещества в экстрагенте (экстракт) и остаток исходного раствора (рафинат) или твердого вещества. Выделение экстрагированного вещества из экстракта и одновременно регенерация экстрагента производится дистилляцией, выпариванием, кристаллизацией, высаливанием и другими методами.

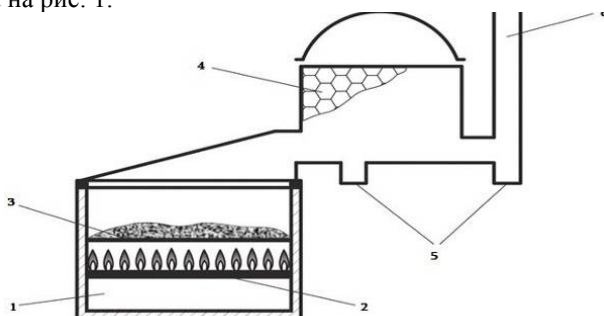
В качестве экстрагента для извлечения кофеина из растительного сырья используется горячий этиловый спирт. Дальнейшее упаривание спирта, растворение полученного концентрата в воде и экстракция хлороформом приводят к переходу кофеина в органическую фазу.

Указанный метод характеризуется рядом недостатков, которые заключаются в применении высокотоксичных растворителей, отрицательно влияющих на экологию, и малого выхода продукта, не превышающий 18–20 % от его содержания в растительном сырье.

Для устранения этих недостатков нами предложен существенно новый прием получения кофеина из кофеинсодержащего растительного сырья путем сухой экстракции (возгонки) материала.

**Объекты и методы исследования.** Объектом исследования служил чайный материал (отходы производства черного и зеленого чая – низкосортная продукция, чайная пыль, «пластинки» чая, формовочный материал весенно-осенней подрезки чайного куста).

**Экспериментальная часть.** Для возгонки кофеина была разработана лабораторная установка, принципиальная схема которой представлена на рис. 1.



**Рис. 1. Лабораторная установка для возгонки кофеина:**

- 1 – камера сжигания; 2 – топка; 3 – смесь чайного материала с песком;  
4 – приемник кофеина; 5 – сборники для смолы; 6 – дымовая труба

Для опытов предварительно готовили смесь из 80–95 % отходов чайного производства и 5–20 % плантационного формовочного материала, высушенного до 7–9 % остаточной влажности.

Таблица 1

Результаты возгонки кофеина из разного вида чайного материала

Состав смеси	Время возгона, час	Температура	Содержание	Выход кофеина

	Кол-во, г	ч	в приёмнике, °С	кофеина в исходном материале, % на сухое вещество	г	%
<i>1</i>	<i>2</i>		<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	
1. Черешки зеленого чая	480	2	100–110	1,30	2,55	16,0
Пыль черного чая	465			2,09		

Продолжение таблицы 1

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>1</i>	<i>2</i>
Отходы черного чая	500	6	110–120	1,68	3,00	21,6
Отходы зеленого чая	250			2,20		
Отходы зеленого чая («пластинки»)	600	13	100–110	1,56	4,49	30,2
Отходы черного чая (сметки, пыль)	250			2,20		

Ввиду низкой теплопроводности чайного материала для равномерности его прогрева добавляли речной сухой песок по весу в полтора раза больше загружаемого материала. Нагрев материала вели в течение 24 часа при температуре в приемнике 110–120 °С. Возогнанный кофеин с продуктами сухой перегонки и парами воды проходил в камеру приемника, где кристаллы кофеина оседали на сетках. Остальные газы через второе отделение проходили в отводящую трубу. Результаты опытов представлены в таблице 1.

#### **Обсуждение результатов**

При сухой возгонке наибольшее количество кофеина (с примесью смолистых веществ) получается при продолжительности активного возгона 13 часов, при этом максимальный выход кофеина составляет 30,2 % от его исходного содержания в сырье.

**Выводы.** Налаживание промышленного получения кофеина из чайного материала и отходов переработки чая имеет большое народнохозяйственное значение, обеспечивающее безотходное производство. Предложенный нами метод получения кофеина путем сухой возгонки материала является наиболее простым и экономически выгодным.

#### **Литература**

1. Орехов А. П. Химия алкалоидов / А. П. Орехов. – 2-е изд. – М. : Изд-во АН СССР, 1955. – 859 с.
2. Беликов В. Г. Фармацевтическая химия : учеб. пособие : в 2 ч. / В. Г. Беликов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : МЕДпресс-информ, 2007. – 24 с.
3. Харкевич Д. А. Фармакология : учебник / Д. А. Харкевич. – 9-е изд., перераб., испр. и доп. – М. : ГЭОТАР-Медицина, 2006. – 256 с.
4. Харкевич Д. А. Фармакология / Д. А. Харкевич. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Медицина, 1987. – 560 с.
5. <http://medicininform.net/>

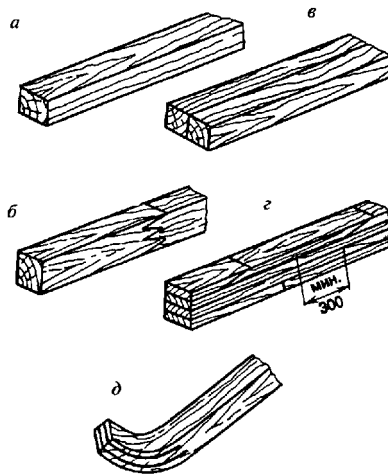
### **ВЖИВАНІСТЬ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ МЕБЛЕВИХ ВИРОБІВ**

*Ковтун І.І., Петраціук С.А. Хмельницький національний університет  
e-mail: dr.igorkovtun@gmail.com*

Всі вироби формують із деталей та складальних одиниць, які представляють собою основні конструктивні елементи меблевого виробництва. Слід зауважити, що деталі виготовляють із вихідного матеріалу без складання, проте складальні одиниці вже представляють собою конструкції, які отримують за допомогою складальних операцій. Як деталі так і складальні одиниці можуть мати форму бруска, щита, рами або коробки.

Брусок представляє собою найпростіший конструктивний елемент прямокутного, квадратного, круглого чи іншого перерізу, торцьований з двох сторін. Елементи бруска називають: пласть, крайка, торець та ребро. Пласть – поздовжня широка поверхня, крайка – поздовжня вузька поверхня, торець – поверхня поперечного перерізу бруска і ребро – лінія перетину поверхонь пласті та крайки чи інших поверхонь. Пласті або крайки, які мають найкращу якість обробки називають лицьовими, протилежні їм поверхні можуть бути не лицьовими (зворотними).

На рис. 1 показані різні види брусків [1, 2].



**Рис. 1. Види брусків з деревини: а – цільний; б – клеєний до довжини; в – клеєний по ширині; г – клеєний по товщині та довжині; д – гнutoклекєний**

За формою бруски в поздовжньому напрямленні можуть бути прямокутними і криволінійними, в перерізі – прямокутними і профільними, в залежності від способу виготовлення – випиляними, пресованими, гнугими, гнuto-клеєними, гнuto-пиляними. Випиляні та гнуті бруски отримують із цільної деревини.

Шляхом склеювання та складання із брусків можна отримати різні конструктивні елементи вищого порядку – щити, рамки, коробки, каркаси виробів, тобто бруски є найпростішим елементом конструювання. Щити представляють собою один із основних формоутворюючих елементів меблів. Їх виготовлюють із різних матеріалів та різною конструкцією: плити деревостружкові, плити деревоволокнисті, фанера, МДФ; меблеві щити та ін.

Плити деревостружкові ДСП – це плитні матеріали, виготовлені гарячим пресуванням деревних частинок (стружки), змішаних зі сполучником. Різновиди ДСП: одно-, три-, п'яти- і багат шарові, шліфовані і нешліфовані, облицьовані і необлицьовані, ламіновані ЛДСП, з підвищеною вологостійкістю.

Плити деревоволокнисті (ДВП) – це листовий матеріал, виготовлений у процесі гарячого пресування або сушки маси з деревного волокна. Різновиди ДВП: облицьовані, з лакофарбовим покриттям, одноколірні і з декоративним друкованим малюнком, з глянцевою і матовою поверхнею.



Фанера представляє собою шарувату клеєну деревину з лушеного шпону. Фанера складається з трьох або більше листів лушеного шпону, у якого волокна деревини в суміжних листах по відношенню один до одного мають заданий напрям.

Різновиди фанери: бакелізована (підвищеної водо-, атмосферо-стійкості та міцності), облицьована струганим шпоном, облицьована плівковим покриттям та декоративна.

МДФ (*Medium Density Fiberboard*) або ДВП середньої щільності – це плитковий матеріал, виготовлений з висушених деревних волокон, які оброблені синтетичними зв'язуючими речовинами і сформовані наступним гарячим пресуванням.

Все більше застосування набувають меблеві щити із масивної деревини [3]. Ці щити отримують методом склеювання брусків або ламелей із цільної деревини. Для виготовлення меблевих щитів використовують як деревини шпилькових (сосна, ялина тощо), так і твердолистяних порід (дуб, ясен, клен тощо).

Крім цього застосування знаходять столярні щити, що являють собою конструкцію, складену із заповнення, яким можуть бути бруски деревини, та облицювання, наприклад, шпоном, або рамкові щити із суцільним заповненням рис. 2 [4]. Також застосування знаходять пустотілі щити, які представляють собою рамку, обклеєну шпоном, фанерою або деревоволокнистою плитою.

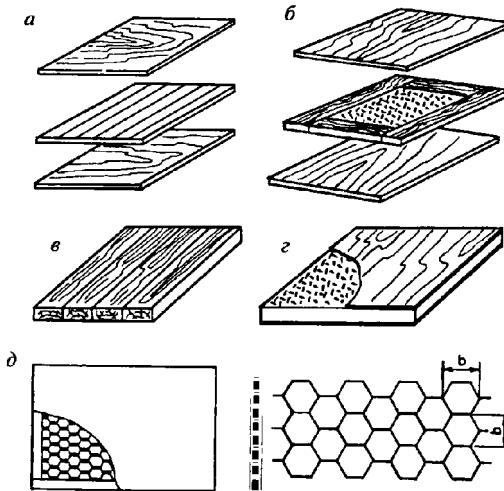


Рис. 2. Конструкція столярних щитів:

*a* – трьохшаровий столярний; *б* – рамковий із суцільним заповненням;  
*в* – дощатий; *г* – облицьована деревостружкова плита;  
*д* – пустотілий із комірковим заповненням із паперу

Оптимальний вибір щитових матеріалів у меблевому виробництві залежить від низки показників, найбільш суттєвими з яких є їх конструктивні, технологічні, економічні, естетичні та екологічні характеристики. В таблиці 1 представлено рейтингову оцінку щитових матеріалів за восьми показниками: собівартість; міцність; стійкість до кліматичних умов; естетичність; екологічність; технологічність виробництва та технологічність використання.

Рейтингова оцінка подана за п'ятибальною шкалою – чим вищий бал тим краще показник. Підсумковий рейтинг матеріалів визначено за сумарною кількістю балів за всіма зазначеними характеристиками. За результатами сумарного аналізу характеристик вказаних матеріалів рейтинг їх використання можна представити наступною ієрархією: МДФ; ДСП; ДВП; фанера; деревина.

Наведена рейтингова оцінка ілюструє вживаність матеріалів у сучасній меблевій промисловості, проте вона може бути уточнена та розширена введенням більшої кількості показників, що є актуальними для конкретного виробництва.

Таблиця 1

**Рейтингова оцінка використання щитових матеріалів у меблевій промисловості**

Характеристика матеріалу	Деревина	Фанера	ДВП	ДСП	МДФ
Собівартість	1	4	5	3	2
Міцність	3	4	1	5	2
Стійкість до кліматичних умов	1	4	3	2	5
Естетичність	5	2	1	3	4
Екологічність	5	2	3	1	4
Технологічність виробництва	1	2	5	4	3
Технологічність використання	1	2	3	4	5
Підсумковий рівень	17	20	21	22	25

Рамки бувають різними за конструкцією та формою. Вони виготовлюються із брусків, які з'єднані між собою кутовими та середніми з'єднаннями або скобами, а також із плитних матеріалів. При

чому з'єднання брусків в конструкції утворюють так, що широкі пласти брусків знаходяться в одній площині або є паралельними.

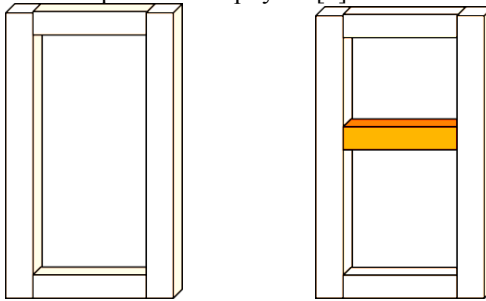
Конструкція рамки в простішому випадку складається із чотирьох брусків, які називаються обв'язками (див. рис. 3, *а*). Деякі рами мають додаткові бруски, які називають середниками, стійками і розкосами (рис. 3, *б*). В провіт між брусками рами можна вставити щитахлю (рис. 3, *в*).

Рамкові конструкції притаманні більшості меблевих виробів класичного стилю. Рамки застосовуються для виготовлення меблевих фасадів, фасадних рамок для облицювання корпусу меблевого виробу, а іноді і основних деталей корпусу меблів таких як: стінки, полиці, кришка, дно тощо, а також для виготовлення дверей, вікон, спинок стільців, крісел, ліжок, сидіння тощо.

Різновидом рамок є коробки. Коробки або іншими словами шухляди представляють собою конструкцію, в якій широкі пласти брусків розташовані перпендикулярно до площини самої коробки.

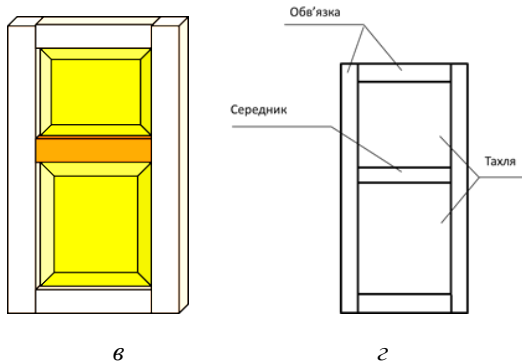
Залежно від призначення коробки можуть мати різні з'єднання деталей. Їх широко застосовують в меблевих виробках для формування корпусу, при виготовленні ящиків, опор тощо.

Використання вказаних конструктивних елементів дозволяє проектувати меблеві вироби, які за загальною конструкцією поділяються на два класи: каркасні та корпусні [5].



*а*

*б*



**Рис. 3. Рамкова конструкція**

Каркасні меблі складаються з окремих конструкційних елементів – брусків (наприклад, ніжки стільця, стола, табурета).

Корпусні меблі в свою чергу поділяються на наступні категорії:

- щитові – всі плоскості (пласти) виготовлені з меблевих щитів (плит столярних, деревостружкових або деревоволокнистих);
- рамкові – площини яких виготовлені з рамок-обв'язок, в які вставлені тахлі;
- рамково-щитові – виготовляють комбінуванням згаданих конструкцій (шафи різного функціонального призначення, тумби, стелажі для книг і т.д.).

Використання типів конструкцій та матеріалів у меблевому виробництві обумовлюється технологічними можливостями виробництва, дизайнерськими пропозиціями, споживчим попитом, серійністю виробництва та іншими показниками, притаманними для певного економічного регіону країни.

### **Література**

1. Барташевич А. А. Конструирование мебели / А. А. Барташевич, С. П. Трофимов. – Минск : Современная школа, 2006.
2. ГОСТ 9330–76 Детали из древесины. Основные соединения. Типы и размеры. – М. : ИПК Издательство стандартов, 1976.
3. Григорьев М. А. Материаловедение для столяров и плотников / М. А. Григорьев. – М. : Высш. школа, 1981.
4. Дячун З. Конструювання меблів. Корпусні вироби / З. Дячун. – К. – Ч. 1.
5. ДСТУ 2080–92 Продукція меблевого виробництва. Терміни та визначення.

## **СЕКЦИЯ ПРОБЛЕМ ЭКОНОМИКИ**

### **ФАКТОРНА РЕГРЕСИВНА МОДЕЛЬ СПОЖИВАННЯ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ У МАШИНОБУДУВАННІ УКРАЇНИ**

*Костін Ю. Д., Пустовий О. Ю.  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
Харків, Україна, kafedra\_eim@kture.kharkov.ua*

Для виявлення основних факторів, що впливають на рівень споживання ПЕР, а також визначення сили та напрямку їх впливу проведений кореляційно-регресійний аналіз з обсягом споживання ПЕР в Україні та окремо по машинобудуванню у якості незалежних змінних.

У праці [2] автором зроблена спроба побудови регресійної моделі рівня споживання природного газу від обсягу ВВП країни. У нашому випадку побудова регресійної моделі залежності рівня споживання ПЕР тільки від обсягу ВВП країни дає дуже високий рівень похибки з низькими коефіцієнтами якості регресійної моделі – коефіцієнт множинної регресії, скоректований з урахуванням довжини вибірки та кількості параметрів, становить 0,32, що характеризує слабкість зв'язку між фактором (ВВП) та незалежною змінною (обсяг споживання ПЕР) а коефіцієнт детермінації – 0,10 (ВВП відповідає за 10 % динаміки обсягу споживання ПЕР), середньоквадратична похибка становить 17. Таким чином, тільки фактора ВВП недостатньо для отримання регресійного рівняння належної якості, потрібно задіяти додаткові фактори.

Для кореляційно-регресійного аналізу рівня споживання паливно-енергетичних ресурсів в Україні нами побудована регресійна модель залежності обсягу споживання ПЕР в Україні від таких факторів, як: обсяг валового внутрішнього продукту України; обсяг промислового виробництва; індекс цін виробників промислової продукції; рівень зносу основних фондів по промисловості; обсяг капітальних інвестицій. Аналіз проводився на основі даних за 1995–2014 рр. Джерелами даних послужили Державна служба статистики України [1], а також Міністерство енергетики та вугільної промисловості України [3].

На основі аналізу було побудоване рівняння залежності загального рівня споживання ПЕР від зазначених факторів:

$$\begin{aligned} \tilde{N}i\alpha_{\text{IAD}} = 215,56 + 2,25 \tilde{I}\delta i_{\text{âèð}} - 4,55 \tilde{I}\hat{A}I - \\ - 0,265 \tilde{I}\ddot{a}_{\text{öç}} - 0,169 \tilde{I}\hat{i}\hat{n}_{\text{IÖ}} - 2,2 \hat{E}^2, \end{aligned} \quad (1)$$

де  $\tilde{N}i\alpha_{\text{IAD}}$  – загальний обсяг споживання ПЕР, млн т у.п.;  $\tilde{I}\delta i_{\text{âèð}}$  – обсяг промислового виробництва, млн грн;  $\tilde{I}\hat{A}I$  – обсяг валового внутрішнього продукту України, млн грн;  $\tilde{I}\hat{n}_{\text{IÖ}}$  – індекс цін виробників промислової продукції;  $\tilde{I}\ddot{a}_{\text{öç}}$  – рівень зносу основних фондів по промисловості, %;  $\hat{E}$  – обсяг капітальних інвестицій, млн грн.

Коефіцієнт множинної регресії, скоректований з урахуванням довжини вибірки та кількості параметрів, становить 0,88, а коефіцієнт детермінації – 0,78 (п'ять факторів відповідають за 78 % зміни незалежної змінної). З розглянутих п'яти факторів, судячи з розрахованих коефіцієнтів кореляції, сильніше з незалежною змінною пов'язані рівень зносу основних фондів та обсяг промислового виробництва, найбільш слабкий зв'язок спостерігається між обсягом споживання ПЕР та обсягом капітальних витрат.

Аналіз отриманого рівняння залежності рівня споживання ПЕР по Україні від п'яти факторів дозволив виявити, що рівень ВВП, індекс цін виробників здатні негативно вплинути на рівень споживання ПЕР, тоді як рівень промислового виробництва, обсяг капітальних витрат та рівень зносу основних фондів прямо пропорційні до обсягу споживання ПЕР – розширення промислового виробництва сприяє більшому споживанню ПЕР, скорочення промислового випуску призводить до меншого споживання ПЕР.

Так, нарощення обсягів промислового випуску на 1 млн грн потребує додаткового споживання 2,25 млн т у.п. енергоносіїв. Тоді як з обсягом ВВП залежність зворотно пропорційна: при зростанні ВВП обсяг споживання ПЕР зменшується. Проте у роки рецесії при падінні ВВП рівень споживання ПЕР зростає. Таким чином, енергозбереження сильніше проявляється по економіці України в цілому, ніж по промисловості окремо.

Позитивна залежність рівня споживання ПЕР від обсягу капітальних інвестицій згідно рівняння регресії (1) свідчить про те, що результат інвестування (нове обладнання, технічне переоснащення виробництва) потребує споживання додаткових ПЕР.

Подібна регресійна модель, побудована для галузі машинобудування, має такий вигляд:

$$\hat{I} \hat{A} \hat{D} \_i \hat{\Delta} \hat{\sigma} = 7862 - 0,63 \times \hat{Q} \hat{i} \hat{n} \_i \hat{O} \_i \hat{\Delta} \hat{\sigma} - 0,32 \hat{X} \hat{\delta} \hat{i} \hat{a} \_i \hat{\Delta} \hat{\sigma} \quad (2)$$

де  $\hat{Q} \hat{i} \hat{n} \_i \hat{O} \_i \hat{\Delta} \hat{\sigma}$  – рівень зносу основних фондів по машинобудуванню;  $\hat{X} \hat{\delta} \hat{i} \hat{a} \_i \hat{\Delta} \hat{\sigma}$  – обсяг реалізації продукції машинобудування, млн грн.

Отримане рівняння залежності рівня споживання ПЕР по машинобудуванню України від рівня зносу основних фондів галузі та обсягу

реалізації продукції машинобудування свідчить про наявність зворотного пропорційного зв'язку між величинами: при зростанні любого з факторів або одночасно двох енергоспоживання по галузі падає. Тоді як масова заміна застарілого обладнання на сучасне (що викликає зниження рівня зносу ОФ по галузі) та падіння обсягу реалізації продукції машинобудування збільшує споживання ПЕР. Останнє пояснюється значними витратами енергоносіїв на опалення, освітлення, тобто витратами, які не можна суттєво зменшити при скороченні виробництва.

Треба також відмітити наявність негативної кореляції між рівнем споживання ПЕР машинобудуванням та обсягом капітальних інвестицій у галузь, про що свідчать негативний коефіцієнт кореляції між цим фактором та незалежною змінною  $(-0,73)$ . Таким чином, при збільшенні обсягу капітальних інвестицій споживання ПЕР по галузі падає, що свідчить про суттєву частку впровадження енергозберігаючих проектів серед реалізованих проектів по галузі. При появі нових даних за 2015 та подальші роки отримані регресійні моделі можуть бути скоректовані зі включенням додаткових факторів.

### **Література**

1. Державний комітет статистики України : офіц. веб-сайт [Електроний ресурс]. – Режим доступу: [www/URL: http://www.ukrstat.gov.ua](http://www.ukrstat.gov.ua)
2. Лелюк О. В. Аналіз особливостей українського ринку видобутку та споживання природного газу / О. В. Лелюк // Бізнес-Інформ. – 2013. – № 11. – С. 170–179.
3. Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. Статистичні дані [Електроний ресурс] : офіц. сайт. – Режим доступу: [http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art\\_id=244984286&cat\\_id=35081](http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=244984286&cat_id=35081)

## **ІНСТИТУЦІОНАЛЬНЕ УПОРЯДКУВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖЕВОГО БІЗНЕСУ В УМОВАХ НОВОЇ КОНФІГУРАЦІЇ РИНКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ УКРАЇНИ**

*Костін Ю.Д., Уцяповський К.В.  
Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна,*



Реформування ринку електричної енергії в Україні, поетапне запровадження конкурентних відносин висуває нові вимоги до організації та розвитку електромережевого бізнесу: забезпечення недискримінаційного доступу до електромереж, їх розвиток відповідно до потреб економіки, відсутність обмежень на передачу електроенергії. Виконання цих вимог потребує чіткого інституціонального упорядкування діяльності електромережевого бізнесу, яке покликане усунути будь-які конфлікти між виробниками, споживачами, операторами мереж, регулятором та іншими зацікавленими особами та створити необхідні умови для своєчасного оновлення і розвитку електромереж.

Зазначимо, що підготовка електромережевого бізнесу до роботи в умовах нової структури ринку електроенергії України пов'язана зі значними труднощами, зумовленими інституціональною невизначеністю напрямів організаційних перетворень. Так, Закон України «Про засади функціонування ринку електричної енергії України» вимагає провести реорганізацію ДП «НЕК «Укренерго» (підприємства, що наразі здійснює передачу електроенергії та оперативно-диспетчерське управління об'єднаною енергосистемою) до 01.01.2016 р. і утворити на його основі два юридично самостійні суб'єкти: електропередавальне підприємство, яке виконуватиме функції з передачі електроенергії магістральними та міждержавними мережами, та системного оператора, який здійснюватиме управління об'єднаною енергетичною системою України [1, Прикінцеві положення].

У той же час проект Закону України «Про ринок електричної енергії» передбачає, що функції, які чинне законодавство закріплює за системним оператором та електропередавальним підприємством, виконуватиме один суб'єкт господарювання – оператор системи передачі [2, ст. 33]. Це юридична особа, яка є відповідальною за експлуатацію, включаючи диспетчеризацію, забезпечення технічного обслуговування, розвиток системи передачі і міждержавних ліній електропередачі, а також за забезпечення довгострокової спроможності системи задовольнити обґрунтований попит на передачу електричної енергії [2, ст. 1]. Зазначимо, що обидва варіанти інституціонального упорядкування діяльності ДП «НЕК «Укренерго» не суперечать вимогам Третього енергетичного пакету ЄС.

Звернемо увагу на те, що варіант реорганізації підприємства зі створенням двох юридичних осіб зумовлює чималі негативні соціально-економічні наслідки у короткостроковій перспективі: непопулярні кадрові зміни, у тому числі скорочення штатів; додаткові витрати на здійснення реорганізації, які можуть спричинити підвищення

тарифу; неможливість нормальної підготовки до реорганізації, зокрема справедливої оцінки активів, пов'язана з дефіцитом часу. Непопулярність таких змін та, відповідно, їх неприйняття суспільством стають додатковим аргументом на користь відмови від чинного варіанта інституціонального упорядкування діяльності ДП «НЕК «Укренерго».

Разом з тим, у довгостроковій перспективі більш помітними стають позитивні наслідки реорганізації. Так, незалежність системного оператора убезпечила б його від політичних та лобістських впливів. Створення електропередавального підприємства забезпечило б більшу прозорість у звітності, відкрило б нові можливості для залучення інвестицій, у тому числі за рахунок передачі частини корпоративних прав приватним особам. Європейський досвід реформування енергоринків містить чимало прикладів, коли електромережевий бізнес частково передавався у приватну власність. Як зазначають А. Ісполінов та Т. Двенадцатова, завдяки прозорості, зрозумілій регулятивній базі, стабільній тарифній політиці та низькому операційному ризику мережевих компаній їх акції користуються підвищеним попитом серед інвесторів, насамперед інституціональних (пенсійні фонди, банки, страхові компанії), які купують акції мережевих компаній задля диверсифікації власних портфелів активів [3]. Це дозволяє залучити додаткове фінансування у розвиток мереж на безоплатній, безповоротній основі.

Відмова від реорганізації та збереження єдності ДП «НЕК «Укренерго» у короткостроковій перспективі має відчутні переваги (відсутність необхідності долати організаційний опір, уникнення додаткових витрат, а також складностей з оцінкою та розподілом майна, боргових зобов'язань тощо). Проте у довгостроковій перспективі гальмується процес кадрової оптимізації. Складним завданням залишається організація суспільного діалогу щодо необхідності відмови від штучного стримування тарифу.

Позиція автора зводиться до необхідності підтримки вимог Законопроекту [2] в частині, що визначає особливості функціонування ДП «НЕК «Укренерго». При цьому аргументами проти розділення підприємства стають такі:

- економічна несамостійність електропередавального підприємства, його практично повна залежність від системного оператора. При цьому виникає дублювання функцій, ускладнюється процес управління, збільшуються витрати;

- несвочасність розділення, відволікання значних організаційних ресурсів на адміністративні процедури;

- складність оцінки майнового комплексу підприємства (процедура оцінки вимагає значно більш тривалих термінів, ніж відведено законодавством на реорганізацію);

– відсутність в європейському законодавстві прямої вказівки на необхідність виділення активів електропередавального підприємства (Директива 2003/54/ЄС, ст. 10.1.).

Порівнюючи соціально-економічні наслідки інституціонального упорядкування діяльності ДП «НЕК «Укренерго» за обома варіантами, можна зазначити, що стратегія розвитку підприємства має орієнтуватися не на його поділ, а скоріше на використання механізмів корпоратизації як способу упорядкування відносин з ключовими стейкхолдерами. Головним завданням при цьому є збалансування соціально-економічних інтересів держави як власника, держави як регулятора і держави як економічного агента, а також недопущення посилення їх необґрунтованого впливу на розподіл ресурсів підприємства всупереч суспільним цілям. Вважаємо, що для реалізації стратегічних цілей підприємства більше підходить не поділ, а збереження його як цілісного суб'єкта (оператора системи передачі) з подальшою корпоратизацією.

### **Література**

1. Закон України «Про засади функціонування ринку електричної енергії України» [Електронний ресурс] / Верховна Рада України. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/663-18>.
2. Проект Закону України «Про ринок електричної енергії» [Електронний ресурс] / Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. – Режим доступу: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=245044194>.
3. Исполинов А. С. Принудительное выделение селевого бизнеса (unbundling) в рамках Третьего энергопакета ЕС: практика применения / А. С. Исполинов, Т. И. Двенадцатова // Закон. – 2014. – № 12. – С. 111–120.

## **СЕКЦИЯ ПРОБЛЕМ ОБРАЗОВАНИЯ**

## **ПРОФЕСІЙНА СПРЯМОВАНІСТЬ КУРСУ ВЩОЇ МАТЕМАТИКИ В ТЕХНІЧНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ В КОНТЕКСТІ ВСЕСВІТНЬОЇ ІНІЦІАТИВИ СДИО: МІЖДИСЦИПЛІНАРНИЙ АСПЕКТ**

*Бахтіна Г.П.*

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ, проспект Перемоги, 37, E-mail: Bakhtina\_galina@mail.ru*

Крупний міжнародний проект під назвою «Ініціатива СДИО» з реформування базового (бакалавріат) рівня вищої освіти в галузі техніки та технологій, який був розпочатий в жовтні 2000 року у зв'язку з необхідністю вирішення актуальної проблеми підвищення якості інженерної освіти, зараз має широке розповсюдження по всьому світу. В основу проекту закладено модель «Планувати – Проектувати – Виробляти – Застосовувати» реальні системи, процеси, продукти на міжнародному ринку. Метою ініціативи є навчання студентів, які здатні до оволодіння знаннями технічних основ; керівництва процесом створення та експлуатації нових продуктів та систем; розуміння важливості та наслідків наукового на технологічного прогресу на суспільство, що передбачає оволодіння навиками створення продуктів, процесів та систем, комунікацій, розвитку та саморозвитку особистості. Тобто випускник повинний бути здатний до комплексної інженерної діяльності згідно вимог сучасності.

У січні 2004 року були прийняті 12 стандартів для опису ініціативи, які відображують досвід кращих практик в інженерній освіті. Стандарт 1 розкриває філософію програми, яка визначає контекст інженерної освіти; стандарт 2 визначає специфічні деталізовані результати навчання щодо розвитку особистісних та комунікативних навиків, створення продуктів, процесів та систем, а також дисциплінарні знання, уміння та особистісні якості, що відповідають меті програми; стандарт 3 присвячений створенню інтегрованих навчальних планів, які передбачають наявність комплексу взаємно підтримуючих дисциплін, зорієнтованих на міждисциплінарний взаємозв'язок конкретних дисциплінарних знань з їх застосуванням в інженерній діяльності, що розглядається не як доповнення до програми, а як її невіддільна частина; стандарт 4 присвячений навчальному обов'язковому курсу введення в інженерну діяльність, який спрямований на стимулювання інтересу та збільшення мотивації студентів до вибору напряму навчання, наукової діяльності, відповідних елективних дисциплін; стандарт 5 присвячений послідовному отриманню досвіду проектно-упроваджуючої діяльності

з поступовим підвищенням рівнів складності, що формує фундамент, на якому виникає можливість побудови глибокого концептуального розуміння та засвоєння дисциплінарних навичок; стандарт 6 описує вимоги до робочого простору та інших середовищ для інженерної діяльності, що сприяють розвитку компетенцій по створенню продуктів, процесів та систем; стандарт 7 присвячений інтегрованому навчанню, який може бути реалізованим тільки через відповідні педагогічні методики та технології, що дозволяють отримати найбільшу користь з навчального часу студента та сприяють засвоєнню дисциплінарних знань одночасно з розвитком особистісних та комунікативних компетенцій та навиків створення продуктів, процесів і систем (зауважимо, що вивчення професійної діяльності включається в зміст дисципліни); стандарт 8 присвячений активним методам навчання, які є практико-орієнтованими та передбачають залучення студентів безпосередньо в управління, застосування, аналіз та оцінку ідей та зміст дисципліни, в процес розв'язання проблем, моделювання та аналіз ситуації, що суттєво підвищує мотивацію до досягнення результатів навчання по програмі та формує навик навчання протягом життя, вміння знаходити взаємозв'язки в ключових концепціях, сприяє застосуванню цих знань в нових умовах; стандарти 9 та 10 присвячені надбанню та вдосконаленню CDIO-компетенцій викладачів в тому числі в забезпеченні інтегрованого навчання та нових методів і ефективних технологій оцінювання при навчанні студентів; стандарти 11 та 12 присвячені оцінкам засвоєння студентами особистісних та міжособистісних навиків, навиків створення продуктів, процесів та систем, а також дисциплінарних знань, результатів навчання та програми в цілому. Для кожного стандарту наводиться опис, логічне обґрунтування та рубрика з самооцінки [1].

Таким чином, на наш погляд, на рівні організаційного управління освітнім процесом у технічному університеті (при умові визначення стратегії його розвитку, в основі сучасної концепції якої лежить прагнення довгострокового, сталого, ефективного існування організації) використання даних стандартів передбачає системну інтеграцію та синтез (в контексті синергетичної парадигми) різних аспектів міждисциплінарного, професійно орієнтованого, комплексного, проактивного, спрямованого на майбутнє, контекстного управління процесами підготовки інженерних кадрів нової формації згідно сучасних парадигм управління.

З 1978 року автор статті займається проблемою ранньої профілізації курсу віщої математики в системі інженерної освіти та проблемою подолання протиріч між природничо-науковою, технічною, ма-

тематичною та гуманітарною культурами шляхом встановлення між-, полі- та трансдисциплінарних зв'язків між дисциплінами та практикою майбутньої професійної діяльності студента в рамках однієї дисципліни математико-інформаційного спрямування або інтегрованого комплексу таких дисциплін, адаптованих для конкретної спеціальності підготовки. Здійснена реалізація розроблених програм, методик та технологій навчання в навчальному процесі в НТУУ «КПІ» для напрямів підготовки «Зварювання», «Соціологія», «Соціальна робота», «Адміністративний менеджмент», «Біотехнологія», «Хімічна технологія», «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» для всіх форм навчання.

С точки зору Всесвітньої ініціативи СДІО ці розробки є конкретною реалізацією вищеописаних стандартів в проектуванні освітнього процесу з математико-інформаційних дисциплін в навчальному процесі в технічному університеті дослідницького типу. З точки зору компетентного підходу курси презентуються автором як сукупність системоутворюючих одиниць математичної компетентності студентів бакалавріату та магістратури, яка забезпечує формування соціально-особистісних, загальнонаукових, інструментальних та професійних компетенцій майбутнього фахівця. Метою курсів є створення основ соціально-технологічної та математичної культури особистості як необхідної умови успішного становлення, функціонування та подальшого саморозвитку спеціаліста нової формації. Результати досліджень та їх реалізації представлені в багатьох наукових статтях автора, надрукованих в Україні та за кордоном. Матеріали присвячені розробці проблем стратегій розвитку та організаційного управління на рівні університету в контексті означеного представлені на сайті науково-методичного центру Системного аналізу і статистики НТУУ «КПІ», директором якого на протязі декількох років була автор статті [2].

У доповіді презентується один з аспектів реалізації стандартів СДІО, а саме, робота студентів різних курсів та спеціальностей над комплексними проектами та тематика представлених доповідей на секції «Математика XXI століття: математичне та комп'ютерне моделювання соціально-економічних та екологічних процесів та систем» (заснованої в 2000 році) Всеукраїнської науково-практичної конференції «Дні науки» в НТУУ «КПІ» за останні чотири роки.

### **Література**

1. Всемирная инициатива СДИО. Стандарты: информационно-методическое издание / Пер. с англ. и ред. А. И. Чучалина, Т. С. Пет-

ровской, Е. С. Кулюкиной ; Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 17 с.

2. Офіційний сайт науково-методичного центру Системного аналізу і статистики НТУУ «КПІ» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://aist.kpi.ua>

## ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ КРЕАТИВНОСТІ СТУДЕНТІВ НАУКМА

*Іванова Н.Ю., Корольова О.О.,*

*Національний університет «Києво-Могилянська академія», Україна  
e-mail: [Ivanovani@ukma.kiev.ua](mailto:Ivanovani@ukma.kiev.ua), [korolyovaoo@ukma.kiev.ua](mailto:korolyovaoo@ukma.kiev.ua)*

Як зазначив Едвард де Боно, у світі бізнесу поступово втрачають свою цінність такі речі [1]:

**Компетентність.** Не всі організації однаково компетентні в своїй сфері діяльності, але практично всі намагаються підвищити компетентність свого персоналу. А це означає, що ви можете певний час бути лідером у своїй галузі, але дистанція між вами і вашими конкурентами буде скорочуватися. Адже ви не можете завадити своїм конкурентам стати такими ж компетентними як і ви.

**Інформація.** Зараз її легко знайти і, якщо треба, купити. Секрети стають рідкістю. Можна отримати якусь інформацію раніше за всіх, але рано чи пізно конкуренти також її отримають.

**Передові технології.** Її також можна купувати та перепродавати, вони можуть випереджати одна одну. Однак сама по собі технологія не має цінності до тих пір, поки вона не стає товаром.

Отже, саме креативна економіка буде механізмом розкриття творчої енергії людей.

Оскільки креативність є дуже важливим фактором, що сприяє успіху у багатьох сферах життя, то логічним є бажання розвивати креативність. Розвиток креативності напряму пов'язаний із життєвим досвідом, рівнем знань, образом життя людини, з її міжособистісними стосунками. Тому, розширюючи свій світогляд (більше читає, мандрує, спілкується з цікавими людьми), людина робить крок у бік розвитку своєї креативності. За своїм змістом креативне рішення – це результат переплетіння різних знань.

Як показали дослідження, всі техніки розвитку креативності можна розділити на дві групи:

1. Командні;
2. Особистісні.

Найбільш поширеними командними техніками є:

- мозковий штурм (автор Алекс Осборн);
- метод Дельфі або метод експертних оцінок;
- метод синектики Уільяма Гордона.

До найбільш поширених особистісних технік розвитку креативності відносяться:

- [Шість капелюхів](#) (автор Едвард де Боно);
- Аналогії (автор Едвард де Боно);
- Розробка альтернатив (автор Едвард де Боно);
- [Ментальні карти](#) або метод асоціацій (автор Тоні Б'юзен);
- Метод фокальних об'єктів (автор Чарльз Вайтінг);
- Морфологічний аналіз (автор Фріц Цвіккі);
- Метод трьох стільців (автор Уолт Дісней);
- Непрямі стратегії (автори Брайн Ено і Пітер Шмідт);
- Теорія розв'язку винахідницьких задач (автор Генріх Альтшулер).

Що стосується особистісних технік розвитку креативності, то слід підкреслити, що їх існує набагато більше ніж зазначено вище. З багатьма з ними ми знайомі ще з часів свого дитинства. Це різні загадки, кросворди, ребуси, анаграми і задачі. Отже, людина, яка має бажання підвищити свій рівень креативності, має можливість обрати для себе найбільш прийнятні з них.

Надзвичайно важливо ознайомити із поняттям креативності, критеріями її оцінки і техніками її розвитку школярів і студентів оскільки саме вони є тим потенціалом, який дозволить Україні не лише вийти з кризи, а й стати розвинутою країною.

В цьому навчальному році вперше в Національному університеті «Кієво-Могилянська академія» для студентів факультету економічних наук почали викладати курс «Креативне мислення». Завдання дисципліни полягає у наданні теоретичних знань, умінь і навичок для рішення професійних задач в галузі креативного менеджменту. Формуванні і розвитку навичок управління творчим колективом, навичок розвитку власної креативності і вміння ефективно використовувати її для прийняття інноваційних рішень.

Під час навчання, за двома субтестами оцінки рівня креативності Торренса (субтест оцінки вербальної креативності «Покращення предмету» і субтест оцінки творчої креативності «Незакінчені фігури») були отримані результати, які дозволили зробити висновок про доцільність першочергового ознайомлення студентів з техніками, спрямованими на розвиток уявлення. Крім цих технік, студенти були навчені технікам, спрямованим як на розвиток особистісної, так і групової креативності.



Більш детально хочемо зупинитись на результатах застосування методу мозкового штурму. Це оперативний метод вирішення проблеми на основі стимулювання творчої активності, при якому учасникам обговорення пропонується висловлювати якомога більше варіантів рішення, в т.ч. самих фантастичних. Потім із загальної кількості ідей вибирають найбільш прийнятні, які можуть бути використані на практиці.

Для виявлення проблем, які є реальними і цікавими як для студентів, так і для адміністрації НаУКМА, студентам було запропоновано виконати завдання, які передбачені адаптованим до студентів НаУКМА (автор адаптації Іванова Н.Ю.), опитувальником «Самооцінка креативності». Одним із завдань опитувальника є формулювання проблем, з якими студенти стикнулися під час навчання в НаУКМА. Аналіз результатів дозволив систематизувати сформульовані студентами проблеми і звести їх до 13 формулювань. Студентам було запропоновано обрати найбільш значущі (з їхньої точки зору) проблеми для подальшої роботи з ними. Були обрані проблеми, які стосуються організації і якості навчального процесу. Результатом роботи підгруп за методом мозкового штурму було визначення засобів впровадження сучасних методик викладання, а також методів приведення змісту навчальних курсів до вимог креативної економіки.

Як показав досвід, цікавим і корисним є надання студентам завдань щодо вирішення проблем сучасного бізнесу. Для цього, за допомогою випускників факультету, які стали успішними підприємцями, була сформована база реальних проблем, які і були запропоновані студентам для вирішення. Були сформовані команди (максимальна кількість три особи), яким були поставлені такі завдання:

- запропонувати креативне вирішення проблеми;
- зробити економічне обґрунтування її впровадження;
- розробити маркетингові заходи просування продукту на ринку.

Оцінку студентських проєктів здійснювали комісії, до складу яких увійшли викладачі, а, також, підприємці, які надали проблеми. Як зазначили представники бізнесу, студенти дійсно запропонували цікаві засоби вирішення проблем і продемонстрували високий рівень підготовки. А студентам, які розробили найбільш цікаві проєкти, було запропоновано працевлаштування.

### **Література**

1. Боно Э. Шесть медалей оценки / Э. Боно ; пер. с англ. Е. А. Самсонов. – Минск : Попурри, 2006. – С. 5.

## ДЕЯКІ ПРОБЛЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕСТУВАННЯ СТУДЕНТІВ

Подласов С.О.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»  
просп. Перемоги, 37, Київ-56, 02056, Україна. s.podlasov@kpi.ua

Останнім часом контроль навчальної діяльності студентів все частіше проводиться у формі тестування. Однак тестування, яке б забезпечувало об'єктивність оцінювання набутих студентами знань та умінь як складових їх майбутньої професійної компетентності, вимагає значних зусиль викладачів і при підготовці якісних завдань для тестування і при його проведенні.

Якість тестових завдань включає їхню валідність та низку статистичних характеристик. Валідність, тобто придатність для визначення тих показників, для яких призначений тест, встановлюється за експертними оцінками. Статистичні характеристики визначаються за результатами апробації завдань на репрезентативній виборці тестованих, тобто кожне завдання повинно бути запропоновано певній кількості студентів, котрі виконують його в однакових умовах, і результати їхньої роботи дають можливість робити висновки про ці характеристики. Саме ця вимога і створює перешкоди для створення *тестових завдань*, а не завдань у тестовій формі.

Необхідні і достатні умови для визначення статистичних характеристик завдань створюються при проведенні зовнішнього незалежного оцінювання, коли всі абітурієнти виконують однакові завдання в однакових умовах. Що ж стосується студентів ВНЗ, то подібні до ЗНО умови створити практично неможливо.

По-перше, викладачам ВНЗ складно створити умови, при яких достатньо велика кількість студентів проходить тестування, знаходячись в однакових умовах. Як відомо, психологія наших студентів є здебільше колективістською і дати списати, або підказати сусіду – це добре, і за таких умов слабо підготовлені студенти можуть одержати навіть кращі результати, ніж більш сильно підготовлені. Крім того, як свідчить досвід, якщо тестування проводиться неодноразово в декількох групах, то зміст завдань і правильні відповідь стають відомими студентам заздалегідь і тестування як метод контролю втрачає сенс.

Для боротьби із списуванням, підказками та передачею інформації від одних груп до інших викладачу доводиться готувати декілька еквівалентних варіантів завдань, що має на увазі не тільки однаковість фізичного змісту завдань, але й рівень їхньої складності.

Трудність завдання є поняттям доволі суб'єктивним, яке залежить не тільки від знань студента з фізики, але і від його спроможності виконувати необхідні математичні дії, а також від знань певних термінів та певних загальнонаукових понять. Саме тому рівень складності окремих завдань може бути встановленим тільки за даними статистичної обробки результатів тестування репрезентативної вибірки студентів.

Для визначення обсягу репрезентативної вибірки ми використовували результати вхідного контролю з фізики студентів різних

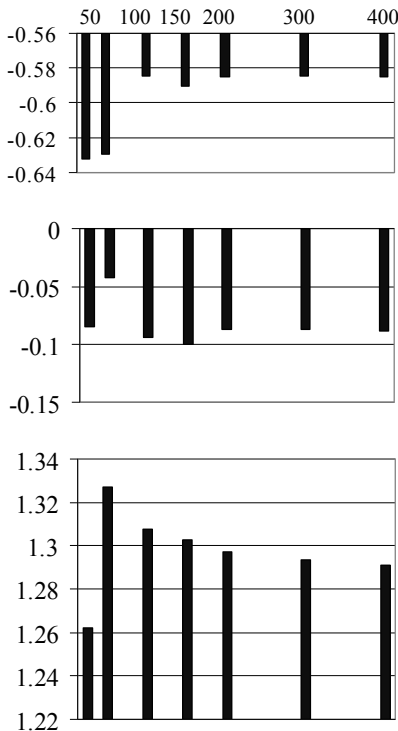


Рис. 1. Рівень складності деяких завдань закритої та відкритої форм, обчислені для різних виборок

обчислень можна зробити висновок, що чим менша трудність завдань, тим меншою є вибірка студентів, яку можна вважати репрезентативною.

Для завдань найменшої складності обсяг такої вибірки становить 120–140 осіб, а для найбільш складних 180–200. Як правило,

факультетів НТУУ «КПІ». Загальна кількість тестованих перевищувала 1300 студентів. Для тестування використовувалися завдання ЗНО 2009–2014 років. Студентам пропонувалося 16 завдань закритого типу (з вибором відповіді з числа запропонованих) на 5 завдань відкритого типу (необхідно самостійно ввести відповідь). Тестування проводилося в режимі віддаленого доступу.

З усього масиву даних випадковим чином видиралися дані тестування студентів, з яких формувалися виборки різного обсягу. Для кожної з цих виборок в двопараметричній моделі Раша-Бірнабаума обчислювалися рівні складності завдань (див. рис. 1), диференціальна здатність та інформаційна функція. За результатами наших

завдання закритої форми виявляються більш трудними, ніж завдання відкритої форми. В принципі, це зрозуміло, оскільки в закритих завданнях є натяк на можливу правильну відповідь і студент, навіть з мінімальними знаннями, може її вгадати, в той час, коли вгадати відповідь у завданнях відкритої форми значно складніше.

Зважаючи на великий обсяг вибірки, яку можна вважати репрезентативною, а також необхідність варіювати завдання і для студентів однієї студентської групи, і для різних груп, кількість завдань навіть з однієї теми стає достатньо великою. Це зумовлює суттєве збільшення часу, необхідного для одержання достатньої кількості даних для обчислення статистичних параметрів кожного завдання на репрезентативній вибірці. За таких умов можна скористатися тим, що в більшості випадків тестування студентів проводиться з метою виявлення рівня оволодіння ним запланованим навчальним матеріалом, тобто тести є критеріально орієнтованими. При складанні таких тестів увесь навчальний матеріал, що підлягає контролю, поділяється на окремі блоки – розробляється тематична специфікація, до кожного блока складаються тестові завдання певного рівня складності. При формуванні варіанту тесту завдання вибираються з відповідних блоків. На початковому етапі можна запропонувати оцінювати рівень складності не кожного конкретного завдання, а «еквівалентного завдання», яке репрезентує даний блок. Звичайно, така оцінка є певним усередненням, яке в подальшому повинно бути заміненим на статистичні параметри кожного окремого завдання.

Модель «еквівалентних завдань» використовувалася нами для аналізу матеріалів для поточного тестування студентів НТУУ «КПІ». Для завдань блоків визначалося середнє значення рівня складності, обчислювалася стандартна похибка і ті завдання, для яких цей параметр виходив за межі похибки або перероблялися, або ж переносилися в блоки іншого рівня складності. Це дозволило генерувати для різних студентських груп тести, які є мали практично однаковий рівень складності, про що свідчать близькі значення їх інформаційної функції.

## **ПРОФЕСІЙНЕ СТАНОВЛЕННЯ ОСОБИСТОСТІ МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ МИСТЕЦЬКИХ ДИСЦИПЛІН У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ ВОКАЛЬНО-ХОРОВИХ НАВИЧОК**

*Халєєва О.В., Костіна Л.М.*

*Харківська гуманітарно-педагогічна академія  
Харків, пров. Пушталелі, 7, Email: nsipatova@gmail.com*

Кардинальні зміни у суспільній свідомості людства й соціально-економічному стані передбачають суттєве реформування системи професійної підготовки фахівців будь-якого профілю, зокрема й педагогічних кадрів. Особливо актуальною стає сьогодні проблема формування творчої особистості, проблеми розвитку професійної культури, свідомості й самосвідомості майбутнього фахівця, забезпечення неперервності професійної освіти. Професійне становлення не має і не може мати чітко визначеного і наперед спланованого початку або кінця. Воно може початися на будь-якому етапі професійного розвитку і його ознакою є перші самостійні кроки у вирішенні творчих завдань.

Становлення творчої індивідуальності фахівця вважається однією з глобальних проблем, яку намагається вирішити вища школа. Отже, на сучасному етапі перебудови вищої школи актуалізується проблема професійно-педагогічної підготовки вчителів предметів естетичного циклу, зокрема музики, на музично-педагогічних та мистецьких факультетах педагогічних університетів.

Вивчення вокально-хорових дисциплін має великі можливості для розвитку важливих професійно-особистісних якостей, завдяки неперервності професійної освіти. Студентами музично-педагогічних відділень мистецьких факультетів стають учні з певною фаховою підготовкою. За п'ять–сім років навчання у музичній школі, незалежно від обраного відділення (народного, фортепіанного, вокального), вони отримують певний багаж знань, вмій і навичок: метроритмічні, звуковисотні, слухові уявлення, розвиток музичної пам'яті, навички правильного інтонування, співу з аркуша, аналізу музичного тексту, нотного запису мелодичного, ритмічного диктанту та інтервально-гармонічних послідовностей, підбору на слух та володіють певною сумою знань основних музично-теоретичних положень. В спеціалізованих школах або школах мистецтв обдаровані учні в додаток оволодівають елементами композиції і імпровізації. Тому при вивченні музично-теоретичних дисциплін у вищій школі роль викладача постає в досить широкому розумінні, висуває на перший план завдання розробки концепції вчителя музики нової формації, – вчителя-митця, в можливостях якого було б створення справжнього уроку мистецтв.

Процес вивчення вокально-хорових дисциплін – це складний багатогранний процес, метою якого є перш за все формування особистості, її світосприйняття, естетичних та етичних ідеалів, смаків, характеру, розвиток суспільно-комунікативних якостей, оволодіння

цінностями духовної культури, завдяки якому розширюється діапазон пізнання світу. В результаті вивчення та засвоєння студентом – майбутнім вчителем музики – протягом шести років навчання таких профільюючих музично-теоретичних дисциплін як: сольфеджіо та теорії музики, гармонії, поліфонії, аналізу музичних творів, історії західно-європейської, української, російської та сучасної музики, фольклору України, – у нього розвивається почуттєва сфера, художньо-образне мислення, оцінно-вибіркове ставлення до явищ художньої культури, створюються певні умови для набуття правильних пріоритетів і орієнтацій, збагачення художньо-естетичних знань, інтелектуальних здібностей, навичок сприйняття високохудожніх явищ музичної культури та творчого підходу до музичної діяльності.

«Як свідчить практика, – підкреслює Р.Н. Мойсеєнко, – ті знання, вміння і навички, які студент отримує у вузі, не в повному обсязі відображають специфіку майбутньої професії. Не завжди вчитель розуміє свою спеціальність комплексно, тобто виражає себе у одній області музично-педагогічної діяльності (виконавець, диригент тощо). Якщо при цьому педагогічні якості відсутні, то розвиток музичних здібностей відбувається сам по собі. Такий підхід вважається не тільки обмеженим, а зовсім не відповідає уявленню про особистість вчителя сучасності». Отже, постає питання: яким шляхом можливо вдосконалити набуті професійні та особистісні якості майбутнього вчителя музики у процесі вивчення музичних дисциплін та зорієнтувати не зовсім досвідченого студента як найефективніше пройти всі стадії складного, багаторівневого, комплексного процесу професійного становлення – від учня, студента, студента-практиканта до фахівця, професіонала, соціально зрілого вчителя, вчителя-митця.

Філософська категорія «становлення» відображає процес діалектичного переходу від одного ступеня розвитку до іншого як момент взаємоперетворення протилежних і разом з тим взаємопов'язаних моментів розвитку. Цей термін означає виникнення нового через знищення старого на основі постійної мінливості структур і систем матеріального світу. Зауважимо, що спрощеними, але найбільш близькими синонімами поняттю «становлення» вважається термін «розвиток» або «формування» (А.Ф. Лосєв), хоча воно не тотожне з останніми. Специфічне гносеологічне значення поняття «професійне становлення» полягає в тому, що воно дає можливість повніше розкрити механізм утворення нових якостей особистості, зокрема професійних, у їх генетичному зв'язку із попередніми особистісними станами: студента, студента-практиканта, вчителя-початківця, фахівця-професіонала.

На нашу думку, професійне становлення відбувається протягом всього життя і при переході від однієї стадії розвитку до наступної,

враховуючи ряд послідовних алгоритмів, набуватиме нових якісних змін, від яких залежить самовизначення, самореалізація та самовдосконалення майбутніх вчителів музики, яке відбувається завдяки неперервності професійної освіти.

Проблема професійного становлення особистості фахівця, саморозвитку її художньо-педагогічної культури поєднує у собі формування світоглядних позицій засобами мистецтва і визначення та усвідомлення його ролі у розвитку художньо-естетичної культури особистості, інтеграції фахової мистецької та психолого-педагогічної професійної підготовки, організації неперервної освіти та самовдосконалення, праксеологічну, рефлексивну та інформаційну озброєність майбутнього фахівця. Названі складові детермінують розвиток професійної культури і забезпечують професійне становлення, яке інтегрує в собі мистецьку та педагогічну освіту.

Важливою умовою професійного становлення, на наш погляд, є оптимальне поєднання впливу зовнішніх факторів і системи внутрішніх особистісних перетворень, що дозволяє людині стати суб'єктом саморозвитку, досягти певного рівня особистісної і професійної спрямованості з моменту усвідомлення себе, своїх здібностей, можливостей в тій чи іншій галузі людської діяльності. Саме особистісна спрямованість на пізнання художньо-естетичних явищ, поведінкова гнучкість, професійна компетентність як базові характеристики вчителів мистецьких дисциплін дозволяють реалізувати ціннісні еталони їх професійної діяльності.

Важливими чинниками досягнення вершин професіоналізму

О.О. Бодальов і Н.В. Кузьміна вважають:

- задатки, здібності, обдарованість, талант;
- умови сімейного виховання і розвитку особистості;
- виховання і навчання в закладі професійної освіти;
- саморух до вершин професіоналізму в самостійній діяльності протягом професійного життя.

Цей перелік особистісних якостей підпорядкований певній періодизації професійного розвитку особистості. Професійні якості розглядаються як вияв психічних особливостей, що необхідні для засвоєння спеціальних знань, умінь і навичок, а також для досягнення суспільноприйнятої ефективності в професійній діяльності. Вони включають інтелектуальні (мислення), моральні (поведінка), емоційні (почуття), вольові (здібність до самоуправління), організаційні (механізм діяльності) властивості особистості.

Сукупність якостей особистості, внутрішніх умов, що виникли й стабілізувалися у процесі індивідуального розвитку визначає успішність художньо-педагогічної діяльності. Професійне становлення особистості стає особливо ефективним, коли зусилля на досягнення власної мети узгоджуються із системою цінностей, що склалася на етапах її професійного становлення.

На нашу думку, педагогічна практика є найвідповідальнішим періодом професійного становлення майбутнього фахівця, але умови, за яких вона здійснюється, з різних причин бувають далекі від оптимальних. Типовою є недостатня сформованість у майбутніх учителів мистецьких дисциплін художньо- педагогічної спрямованості творчих інтенцій, невміння у повному об'ємі використовувати набуті знання в галузі педагогіки, психології та мистецтва у художньо-педагогічній діяльності. Для подолання існуючої проблеми, як зазначає В.Ф. Орлов, повинні існувати механізми внутрішньої і зовнішньої мотивації, розвиток потреб у художньо-педагогічній діяльності, диференційований підхід до розвитку професійної свідомості у відповідності з типами особистості, активізації творчого художньо-педагогічного мислення на рівні психологічної, феноменологічної та методологічної рефлексії.

Зміст мистецьких дисциплін реалізується в школі через особистість вчителя, його художньо-естетичну і професійну культуру. Школа зараз знаходиться у кризовому стані і щоб вийти з нього, повинна отримати вчителя нової формації, який володіє загальною, професійною культурою, послідовним професійно-педагогічним мисленням, а також доскональними професійними вміннями, необхідними для створення справжнього уроку мистецтва. У багатогранному процесі вивчення вокально-хорових дисциплін, на практичних, лекційних, індивідуальних заняттях протягом шести років навчання пропонується нова модель вчителя музики, яка поєднала б цілий мегакомплекс професійно-особистісних якостей: вчителя-лектора, вчителя-мистецтвознавця, вчителя-виконавця, інтерпретатора, вчителя-хормейстера, диригента, фольклориста, що володіє елементами імпровізації, композиції, аранжування, а також вчителя-сценариста, режисера, ведучого різножанрових програм тощо.

Тож протягом навчання на музично-педагогічних та мистецьких факультетах особливо важливим ми вважаємо вивчення багатогранного комплексу вокально-хорових та музично-теоретичних дисциплін, процес викладання якого вимагає від викладачів вищої школи ретельного усвідомлення основних завдань: показати студенту – майбутньому вчителю музики – напрями професійного розвитку, засоби, якими можна досягнути високого рівня професійної культури, спрямувати майбутнього фахівця на самопізнання, самовдосконалення, реа-



лізуючи основний необхідний принцип неперервної професійної освіти, допомогти у здійсненні його професійного становлення.

**ДУХОВНАЯ СВЯЗЬ ПОКОЛЕНИЙ**  
**(на примере творчества русского композитора**  
**П.И. ЧАЙКОВСКОГО)**

*Халеева Е.В., Костина Л.М., Ларионова В.И.*

*Харьковская гуманитарно-педагогическая академия  
61000, Харьков, пер. Пушталов, 7, email: nsipatova@gmail.com*

*«Я желал бы всеми силами души,  
чтобы музыка распространялась,  
чтобы увеличивалось число людей,  
любящих её, находящихся в ней  
утешение и подпору».*

В этих словах П.И. Чайковского точно определена задача его искусства, он её видел в служении музыке и людям, в том, чтобы «правдиво, искренне и просто» говорить с ними о самом главном, серьёзном и волнующем их.

В этом году исполнилось 175 лет со дня рождения великого русского композитора. Творчество Чайковского охватило почти все музыкальные жанры, среди которых ведущее место занимают самые масштабные – опера и симфония. Однако и в остальных жанрах – от романса или фортепианной миниатюры до балета – всегда слышна главная интонация его музыки – певучая, лирическая, рожденная непосредственным выражением человеческого чувства и находящая столь же непосредственный отклик у слушателей.

Не потому ли такой важной особенностью творчества Чайковского стала любовь. «Любовь враждебнее смерти, любовь есть жизнь», – эта мысль любимого писателя Льва Толстого была созвучна его собственному мировосприятию. Эти же мотивы ярко зазвучали в его романах. Камерная хоровая лирика стала для композитора своего рода лирическим дневником. Страстная жажда счастья и горечь несбывшихся мечтаний являются эмоциональной доминантой его вокальной лирики.

П.И. Чайковскому суждено было родиться в замечательной семье, в атмосфере любви и сердечности. Его родители имели значительную разницу в возрасте, но связывали их исключительные по глубине и искренности чувства. Такие же нежные отношения были и

между их детьми. Отец композитора служил директором Торгового завода на Урале. Прадед Петра Ильича был выходцем из украинских шляхтичей и участвовал в знаменитой Полтавской битве на стороне Петра I. Семья будущего композитора была музыкальна, и в доме нередко проходили любительские концерты. Как писал позднее сам Чайковский: «Я вырос в глуши, с детства самого раннего проникся неизгладимой красотой русской народной музыки», – что впоследствии и нашло отражение в его творчестве. Этим лирическим чувствам композитора, любовью к жизни и восхищением ею наполнена музыка одного из шедевров композитора, – фортепианного цикла «Времена года». В его образах запечатлены и бескрайние русские просторы, и деревенский быт, и картины петербургских городских пейзажей.

Петр Ильич в детстве был задумчивым, сосредоточенным мальчиком. Музыкальная одарённость его проявилась очень рано: в 5 лет он свободно подбирал на фортепиано. Однажды, увлекшись немой игрой на стекле оконной рамы, он так разошелся, что разбил окно и сильно поранил руку. Первые шаги в музыке он сделал под руководством матери. Тем не менее, в 10 лет, в 1850 г., его отдают учиться в Училище правоведения (готовя в будущем к карьере юриста).

С мальчиками в училище обращались очень строго: окрик и публичные порки вошли в повседневный быт (в то время директором училища был назначен бывший полицейский). Два года Петр Ильич провел в разлуке с родными, за сотни километров. Письма, написанные им в этот период к родителям, поражают огромной недетской тоской. Невозможно без волнения читать эти детские письма, полные искреннего и горячего чувства. «В среду, 25 апреля, – пишет мальчик в 1850 г., – я праздновал мое рождение и горячо плакал, вспоминая счастливые времена, которые я проводил в Алапаихе» (так нежно он называл Алапаевск).

Именно тогда психика Чайковского получила глубокую травму, что и стало одной из причин обостренной способности чувствовать трагическую сторону жизни.

Бесспорно, в эти тяжелые годы музыка была утешением мальчика. Опера Глинки «Иван Сусанин», – первый спектакль, увиденный им в театре, – оставила неизгладимый след и стала для него на всю жизнь одним из любимейших оперных сочинений. В этом же училище через несколько лет Чайковский соприкоснулся с передовой русской литературой. Будущий композитор узнал Пушкина, Некрасова, Тургенева, Толстого. В стенах училища Петя продолжал учиться музыке, как и все другие воспитанники учебного заведения, что соответствовало правилам воспитания того времени. Учась в училище, он пел в церковном хоре, имел звонкое сопрано и исполнял сольные партии.

Пение в хоре развивало будущего гения, он вникал в особенности хоровой и вокальной музыки.

В 1854 г. в жизни семьи Чайковского случилось страшное горе: от холеры умерла мать, Александра Андреевна. Петру Ильичу было 14 лет, его младшим братьям-близнецам чуть больше четырех. Огромное потрясение, оставившее след на всю жизнь, пережил будущий композитор. С момента кончины матери у Пети возникло чувство ответственности за судьбу младших братьев. В свою очередь Модест Ильич вспоминал об этом периоде своей жизни так: «Самый мудрый и опытный педагог, самая любящая и нежная мать не могла бы нам заменить Петю, он для нас был всем». Впоследствии Чайковский создает детские циклы, которые занимают особое место в его творчестве. Это – Детский альбом для фортепиано и цикл из 16 песен. В этих произведениях композитор обращается к самим детям, рассчитывая на их круг детских интересов.

После окончания училища он поступает на службу в Министерство юстиции. Однако музыкой продолжает заниматься и в 1862 г. становится студентом первой в России консерватории в Санкт-Петербурге. Учителем Чайковского, оказавшим огромное влияние на всё его будущее, стал знаменитый пианист и дирижер Антон Рубинштейн. За годы учебы в консерватории Чайковский написал множество сочинений: квартеты, пьесы для скрипки, фортепиано, романсы. А на выпускном экзамене прозвучала его кантата на текст оды Шиллера «К радости», за которую он получил серебряную медаль. Вскоре после этого друг и однокашник Чайковского Ларош написал ему: «Ваши творения превзойдут всё, что мы имели после Глинки».

По окончании консерватории (1865 г.) Чайковский был приглашен преподавать в открывшуюся Московскую консерваторию. Будучи её профессором, он много времени уделял преподавательской работе. Судьба подарила ему и выдающегося ученика – Сергея Ивановича Танеева.

Молодой композитор встретил поддержку не только в музыкальных, но и в местных кругах тогдашней Москвы. Знакомство с А.Н. Островским и актерами малого театра способствовало возрастающему интересу Чайковского к музыкальному фольклору разных народов, в том числе и украинских напевов, наиболее ярко прозвучавших в знаменитом Первом концерте для фортепиано с оркестром. Петр Ильич вообще любил бывать на Украине, живя у двоюродной сестры в Каменке, что под Киевом. И детский альбом он начал писать именно в Каменке, посвятив любимому племяннику Володе. Посещал Чайковский и Харьков, исполняя свои сочинения в оперном театре, а затем выступая и в качестве дирижера.

В Москве быстро укрепился авторитет композитора, исполняются его произведения. Он создает впервые в русской музыке классические образы разных жанров – симфонии, струнные квартеты, балеты, пишет романсы и фортепианные произведения. Чайковскому принадлежит несколько десятков пьес для фортепиано. Они привлекают слушателей своим мелодизмом и яркой образностью музыки.

Вершинными сочинениями московского периода композитора явились Четвертая симфония и опера «Евгений Онегин». И всё же он чувствовал себя в Москве одиноким. Чайковский писал брату: «К сожалению, насмешница-судьба вот уже 10 лет сряду устраивает так, что те, кого я люблю больше всего на свете, далеко от меня».

Именно в эти годы композитор переживает сложные моменты своей жизни. Он сделал попытку жениться на своей бывшей ученице. Тяжелый душевный кризис, который он пережил в то время, заставил его оставить службу в консерватории. Материальная поддержка, оказанная Чайковскому Надеждой Филаретовной фон Мекк в этот тяжёлый период, дала возможность композитору уехать из Москвы и посвятить себя всецело сочинению музыки. Следует отметить, что необыкновенная поддержка людей ни разу не встречавшихся лично, но обменивавшихся письменно мыслями по самым разным вопросам, продолжалась 13 лет.

Последние полтора десятилетия жизни Чайковского отмечены огромным расцветом его творчества и всемирным признанием его. «Я артист, который может и должен принести честь своей Родине», – писал композитор брату. Как заметил однажды Ларош, для России Чайковский становится тем же, чем Верди был для Италии.

Всё, что волновало Чайковского в жизни, вызывало боль или радость, он стремился выразить в своих сочинениях на близком ему языке музыкальных звуков.

С 1888 г начинаются триумфальные концертные поездки Чайковского по странам Западной Европы и США. Он был удостоен звания почетного доктора Кембриджского университета. В последние пять лет его жизни были созданы такие замечательные произведения, как опера «Пиковая дама» и «Иоланта», балеты «Спящая красавица» и «Щелкунчик» и, наконец, не имеющая себе равных по силе трагизма и глубине человеческих переживаний Шестая «Патетическая» симфония. Она «говорит» безгранично богатым языком музыки о жизни, смерти и борьбе, в которой человек остаётся победителем, потому что бессмертны добро, красота и творчество. «Я её считаю наилучшей и наиболее прекраснейшей из всех моих вещей», – писал брату Петр Ильич. Жизнь Чайковского оборвалась внезапно, на 53-м году жизни. Он приехал в Петербург, чтобы продирижировать своей Шестой симфо-

нией, а через несколько дней заболел холерой и скончался. Умер композитор в самом расцвете творчества, при множестве новых замыслов. Похоронили Петра Ильича в Петербурге, в Александровской Лавре.

На протяжении всей жизни Петр Ильич обращался к хоровому творчеству, создав в нём свой собственный стиль. Наиболее ярко и полно хоровое творчество выражено в органном жанре. Но и хоровые миниатюры Чайковского популярны в концертной и педагогической практике.

Песенность, являющаяся национальной чертой композитора, внося в исполнение (хоровых произведений) теплоту и непосредственность чувств, даёт возможность глубже и красочнее выразить художественные образы.

«Только та музыка, – говорил П.И. Чайковский, – может тронуть, потрясти и задеть, которая вылилась из глубины взволнованной вдохновением артистической души».

И действительно, из века в век, из поколения в поколения переходит наша любовь к Чайковскому, к его прекрасной музыке, и в этом её духовное бессмертие.

## **ДЕРЖАВНЕ УПРАВЛІННЯ СФЕРОЮ ОСВІТИ В УКРАЇНІ: ЄВРОПЕЙСЬКА ПРАКТИКА**

*Прус О.В.*

*Хмельницький інститут МАУП, e-mail:ksyu.prus@yandex.ua*

Процеси європейської інтеграції охоплюють дедалі більше сфер суспільної життєдіяльності. Україна чітко визначила орієнтир на входження в освітній простір Європи, здійснила модернізацію освітньої діяльності в контексті європейських вимог. На сучасному етапі українські вищі навчальні заклади функціонують в умовах ринкової економіки. Такі фактори як інтеграція у єдиний європейський простір вищої освіти, підвищення конкурентного тиску з боку зарубіжних вищих навчальних закладів, мобільності як студентів так і викладачів, реформування системи вищої освіти в Україні ставлять перед вищими навчальними закладами нові завдання, серед яких пошук та впровадження ефективних методів, принципів, підходів та технологій управління вищим навчальним закладом як суб'єктом ринкової економіки, своєчасне та адекватне реагування на попит та формування відповідної пропозиції освітніх послуг.

Аналіз наукових публікацій закордонних вчених: В. Струнсе, П. Друкера, М. Кастельса, Д. Ружмона, Е. Тоффлера свідчить про до-

цільність та актуальність запозичення і поширення європейського досвіду для покращення якості вищої освіти в Україні. Основними тенденціями європейської освіти є, насамперед:

- висока мотивація до фахової підготовки;
- мобільність учасників освітнього процесу;
- тісний зв'язок підготовки спеціалістів з сучасними виробничими вимогами;
- професійний розвиток особистості впродовж трудової діяльності [3, с. 7].

Процес поширення європейської практики супроводжується розробкою єдиних критеріїв і стандартів в освітній сфері, формуванням спільного освітнього і наукового простору [2].

Вітчизняні та зарубіжні науковці зробили значний науковий доробок в дослідженні освітніх послуг вищих навчальних закладів, серед вітчизняних вчених це такі автори, як В.П. Андрущенко, С.П. Архипова, В.Д. Базилевич, Л.О. Волокитіна, Л.М. Віткін, М.З. Згуровський, В.Г. Кремень, С.Б. Семенюк, В.А. Ямковий та інші. В сучасній науковій літературі приділено достатньо уваги дослідженню поняття освітньої послуги, але на сьогодні однозначного і загальноприйнятого визначення ще немає.

Освітні послуги – це нематеріальні, а соціальні блага, система знань, інформації, умінь і практичних навичок задоволення її різноманітних освітніх потреб і реалізації особистих здібностей їх споживача [1, с. 26]. Освітня послуга – це продукт, який в процесі реалізації трансформується в робочу силу, якість якої залежить не тільки від сукупності отримуваних послуг, а й від якості та кількості власної праці, витраченої в процесі споживання. Освітня послуга – це продукт спільної праці викладачів та тих, хто навчається [4, с. 121].

Базовим принципом сучасних європейських освітніх тенденцій є мобільність. Основною метою мобільності є створення освіти «без кордонів». Освіта і знання стають транскордонним та транснаціональним явищем. Навчання, стажування та дослідницька робота за кордоном збагачує індивідуальний досвід людини, надає їй можливість дізнатися більше про інші моделі створення та поширення знань, дозволяє їй розширити мережу свого спілкування, надає можливість вивчити низку іноземних мов. Тобто це допомагає фахівцям бути конкурентоздатними на ринку праці, а також зміцнювати міжкультурну і міжгалузеву комунікацію [2]. Фактично, це означає, що навчання протягом кількох семестрів чи навіть років за кордоном стає неодмінним елементом університетської освіти студента. Для забезпечення освітньої мобільності у ЄС засновано низку спеціальних програм для молоді. Найвідомішою з них є програма Erasmus, яка є

механізмом студентських та академічних обмінів між різними країнами ЄС. За 20 років існування її можливостями скористалися понад 1,7 мільйонів європейців. Здійснення студентських та академічних обмінів українських студентів та викладачів відбувається за програмою Erasmus-Mundus, в якій створено умови для міжнародних обмінів між державами Євросоюзу та країнами за його межами.

Для здійснення освітнього процесу, в контексті європейських вимог, можна виділити наступні шляхи підвищення якості та ефективності надання освітніх послуг в Україні:

- вивчення та впровадження досвіду Європейського союзу в освітній сфері;
- дослідження етапів входження освіти та науки України в європейське інформаційне та освітнє поле;
- формування активної життєвої позиції студентів, підвищення їх рівня конкурентоздатності на ринку праці та стимул до формування корпоративних зв'язків освіти, науки та виробництва;
- підвищення рівня викладання, мобільності обміну досвідом з європейськими інституціями;
- розвиток та стимулювання процесів підвищення професійного рівня надання освітніх послуг населенню відповідно до європейських стандартів на світовому рівні;
- інформаційна підтримка освітнього процесу, пропагування серед студентів розуміння необхідності безперервно навчатися протягом життя, постійно підвищувати свій професійний рівень, розвивати свої здібності, знання та вміння;
- зростання кількості професійних зв'язків європейських та українських науковців та стимулювання міждисциплінарних програм і досліджень з метою забезпечення якісної підготовки фахівців для потреб виробництва, наукових та науково-педагогічних кадрів вищої кваліфікації [5, с. 60].

Таким чином, розроблення процедури встановлення еквівалентності освітніх стандартів неможливе без гармонізації вимог системи стандартів вищої освіти України зі стандартами фахових асоціацій. Відбувається узгодження з освітніми стандартами провідних університетів за прийнятими в Європі критеріями, механізмами та методами оцінювання якості фахової підготовки.

Освітня політика України на сучасному етапі базується на принципах демократизації та гуманізму, орієнтована на досягнення світового рівня, відродження самобутнього національного характеру, докорінне покращення змісту, форм і методів навчання, збільшення інтелектуального потенціалу країни.

## **Література**

1. Дубасенюк О. А. Модернізація освіти України у контексті євроінтеграційних процесів: історико-педагогічний аспект / О. А. Дубасенюк // Житомирський державний університет імені Івана Франка. – Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2008. – 295 с.
2. Європейська освіта [Електронний ресурс] / Центр міжнародних проєктів НДІ прикладних інформаційних технологій «Євроосвіта». – Режим доступу : <http://euroosvita.net/>.
3. Семенюк С. Б. Кон'юнктура ринку освітніх послуг вищих навчальних закладів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук : 08.00.04/ С. Б. Семенюк ; Укоопспілка, Львів. комерц. акад. – Л., 2008. – 20 с.
4. Сисоєва С.О. Вища освіта України: реалії сучасного розвитку / С. О. Сисоєва, Н. Г. Батечко. – К. : ВДЕКМО, 2011. – 344 с.
5. Мінакова Т. П. Узгодження сутності та оцінювання якості освіти / Т. П. Мінакова // Економіка та держава : міжнародний науково-практичний журнал. – 2012. – № 10 – С. 58–61.

## **СОДЕРЖАНИЕ**



## Пленарне засідання

**Дунець І.І.**

Криза машинобудівної галузі України і шляхи її подолання.....3

## Секція проблем механіки

**Горошко А.В., Ройзман В.П.**

Ідентифікація ексцентриситетів ротора  
за допомогою методу усіченої оцінки найменших квадратів.....8

**Драч І.В.**

Самобалансування й автоматичне балансування валів,  
що обертаються.....10

**Головко О.В.**

Передаточні шестиланкові важільні механізми  
з регульованою амплітудою коливання кутової швидкості  
вихідної ланки.....14

**Харжевский В.А.**

Использование методов кинематической геометрии  
для синтеза рычажных механизмов IV класса  
с выстоем выходного звена.....17

**Ройзман В.П., Возняк А.Г.**

Проблема міцності і герметичності компаундованих виробів  
радіоелектронної апаратури.....22

**Ройзман В.П., Мороз В.А.**

Тарування вібровимірювальної апаратури.....32

## Секція проблем нанотехнологій

**Костюк Г.И., Павленко В.Н., Панченко Ю.С.**

Наноструктури на режущем інструменті  
из сверхтвердого материала киборита при действии лазерного излучения.....38

**Костюк Г.И., Костюк Е.Г., Тарасюк А.П.**

О взаимовлиянии размера зерна

и эффективности режущего инструмента фирмы TAEGUTEC.....42

**Костюк Г.И., Размджуи Б.**

Перспективы получения наноструктур на режущем инструменте из сверхтвёрдого материала киборита при действии ионов.....46

**Костюк Г.И., Евсеенкова А.В.1, Бруяка О.О.**

Экспериментальное исследование действия ионизирующего излучения на режущие инструменты из быстрорежущих сталей.....49

**Костюк Г.И.**

Сравнение классического и квантово-механического подхода оценки возможности получения наноструктур при действии ионов.....54

**Костюк Г.И., Воляк Е.А., Мелкозерова О.М., Григор О.Д.**

Прогнозирование размера зерна с учётом энергии на кристаллизацию в твёрдом сплаве Т15К6 при действии, ионов различных зарядов, сортов и энергии.....57

**Секция специальных проблем**

**Підгородецька В.М.**

Розробка додатків для мобільних платформ. Android-програмування.....62

**Кравчук О.А.**

Програмне забезпечення економічного аналізу.....66

**Melkadze R.G., Peikrishvili L.Sh.**

Antioxidant activity and chemical composition the bioactive additive «Grail».....69

**Melkadze R.G.**

Phenolic complex and antioxidant activity of Caucasian Blackberry (Rubus caucasicus L) leaves.....73

**Шаманаури Л.Г., Натришвили Т.М.,**

**Мелкадзе Р.Г., Пенкришвили Л.Ш.**

Антиоксидантная активность чесночной пасты в зависимости от режимов хранения.....80

**Мелкадзе Р.Г., Кинцурашвили К.М.,**

**Долидзе П.Т., Кенкишвили Р.А.**

Новый метод получения природного кофеина.....83

**Ковтун І.І., Петрашук С.А.**

Вживаність конструктивних елементів меблевих виробів.....87

**Секция проблем экономики**

**Костін Ю.Д., Пустовий О.Ю.**

Факторна регресивна модель споживання паливно-енергетичних ресурсів у машинобудуванні України.....93

**Костін Ю.Д., Ушаповський К.В.**

Інституціональне упорядкування електромережевого бізнесу в умовах нової конфігурації ринку електроенергії України.....96

**Секція проблем образования**

**Бахтіна Г.П.**

Професійна спрямованість курсу віщої математики в технічному університеті в контексті всесвітньої ініціативи CDIO: міждисциплінарний аспект..... 99

**Іванова Н.Ю., Корольова О.О.**

Практичні аспекти розвитку креативності студентів НаУКМА..... 102

**Подласов С.О.**

Деякі проблеми організації тестування студентів..... 105

**Халєєва О.В., Костіна Л.М.**

Професійне становлення особистості майбутнього вчителя мистецьких дисциплін у процесі вивчення вокально-хорових навичок..... 108

**Халєєва Е.В., Костина Л.М., Ларионова В.И.**

Духовная связь поколений (на примере творчества русского композитора П.И. Чайковского)..... 112

**Прус О.В.**

Державне управління сферою освіти в Україні: європейська практика.... 116

Scientific Edition

**SCIENCE AND EDUCATION**

IX International Conference

*January 3–10, 2016, Hajduszoboszlo, Hungary*

---

Научное издание

**НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ**

Сборник трудов IX Международной научной конференции

*3–10 января 2016 г., Хайдусобосло, Венгрия*

---

Наукове видання

**НАУКА ТА ОСВІТА**

Збірник праць IX Міжнародної наукової конференції

*3–10 січня 2016 р., Хайдусобосло (Угорщина)*

*(українською, російською та англійською мовами)*

---

Відповідальний за випуск: *Ройзман В.П.*

Технічний редактор: *Яремчук В.С.*

Комп'ютерна верстка: *Чопенко О.В.*

Підписано до друку 16.12.2015. Формат 30×42/4

Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman

Друк різнографією. Ум. друк. арк. – 7,23. Обл.-вид. арк. – 6,40.

Тираж 100. Зам. № 275/15

---

Віддруковано в редакційно-видавничому центрі ХНУ  
29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 7/1  
Свідоцтво про внесення в Державний реєстр,  
серія ДК № 4489 від 18.02.2013 р.