

**Науковий журнал 6.2011**



*стор 70-74 Р.В.Малініч  
А.С.Васютенко*

# **ВІСНИК**

**Хмельницького національного  
університету**

**Технічні науки**

## ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЕЙ КОЛЬОРУ ШКІРИ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ОБЛИЧ НА ЗОБРАЖЕННІ

*В роботі досліджуються моделі кольору шкіри для здійснення сегментації кольорових зображень з метою підвищення ефективності виявлення облич. Запропоновано метод виявлення, який базується на методі Віола-Джонса та початковій сегментації зображення. Для досліджень сегментації та виявлення облич використовується тестовий набір зображень з бази FDDB.*

*Skin color model for skin segmentation of color images to increase face detection efficiency is research in this paper. It is offered detection method based on Viola-Jones method and initial image segmentation. For segmentation and face detection researches the database FDDB test set of images is uses.*

Ключові слова: сегментація, зображення, виявлення облич, модель кольору шкіри

### Вступ

В теперішній час сегментація кольорових зображень є актуальною задачею що активно досліджується. Причиною цього є те, що кольорові зображення несуть більш повну інформацію ніж півтонові. Крім того кольорові пристрої введення та апаратні засоби обробки кольорових зображень стали досить доступними за цінами. Виявлення облич є прикладом застосувань, які потребують розробки нових ефективних методів сегментації кольорових зображень.

Метою виявлення облич є визначення присутності облич на зображенні і повернення просторових координат місцезнаходження кожного обличчя на зображенні.

Виявлення облич, як правило, є першим кроком для подальшої обробки зображення в багатьох застосуваннях, наприклад:

- розпізнавання облич;
- розпізнавання емоцій;
- гендерна класифікація;
- інтерфейс «людина-комп'ютер»;
- відеоспостереження;
- відеоконференції;
- контроль доступу;
- пошук зображень за контекстом;
- підрахунок відвідувачів.

На сьогоднішній день серед методів виявлення облич найкращі результати за критеріями вірогідності виявлення та кількості хибних виявлень показують методи, які розглядають виявлення, як задачу класифікації з двома класами (обличчя/не обличчя). Серед цих методів особливу увагу привертають boosting-методи, так як вони можуть обробляти зображення у режимі реального часу.

Обробка зображення boosting-методами виявлення відбувається шляхом повного перебору прямокутних областей зображення, в яких у кожному масштабі вікна пошуку здійснюється перевірка на наявність обличчя. Така перевірка включає велику кількість достатньо складних обчислень, що може ускладнити використання boosting-методів виявлення у деяких системах реального часу, наприклад в тих, в яких використовуються зображення високої розмірності.

Сегментація кольорових зображень на пікселі «шкіри» та «не шкіри» потенційно дає можливість пришвидшити процес виявлення, оскільки дозволяє швидко відкинути області, в яких кількість пікселів «шкіри» менша за поріг, і подальше виявлення облич проводити в областях, в яких кількість пікселів «шкіри» більша порогу [1].

В процесі виявлення облич сегментацію кольорових зображень часто здійснюють використовуючи методи, які класифікують кожен піксель кольорового зображення індивідуально, незалежно від своїх сусідів. Ці методи використовують вирішальне правило, яке здійснює перевірку кожного пікселя, і відносить його до класу "шкіри" чи до класу "не шкіри". Вирішальне правило визначається моделлю кольору шкіри [2].

Одним із підходів до побудови моделі кольору шкіри є визначення в явному вигляді (через набір правил) меж кластеру шкіри у певному колірному просторі. Перевагою такого підходу є простота правил виявлення пікселів «шкіри», що веде до побудови дуже швидкого класифікатора шкіри. Недоліком є складність досягнення високих рівнів виявлення пікселів «шкіри» в зв'язку з необхідністю емпірично знайти одночасно і хороший колірний простір і адекватний йому набір правил виявлення пікселів «шкіри» [3].

У роботі досліджується саме такий підхід до побудови моделі кольору шкіри, так як при його використанні сегментація зображень проводиться дуже швидко, і це дозволяє здійснювати виявлення облич на зображенні у режимі реального часу.

Метою роботи є підвищення ефективності виявлення облич за критеріями вірогідності виявлення, кількості хибних виявлень та швидкості виявлення при використанні складного тестового набору

кольорових зображень.

### Сегментація зображень

В багатьох методах сегментації кольорових зображень на пікселі «шкіри» та «не шкіри» дослідники намагаються побудувати модель кольору шкіри, яка б з високою вірогідністю виявляла пікселі «шкіри» при низькому рівні хибного виявлення. Недоліком такого підходу до побудови моделі є те що, при складних умовах освітлення значення пікселів «шкіри» можуть виходити за діапазони передбачені моделлю, що може призвести до зменшення вірогідності виявлення пікселів «шкіри», і, в свою чергу, до зменшення вірогідності виявлення облич та збільшення кількості хибних виявлень облич.

Для вирішення проблеми виходу значень пікселів «шкіри» за діапазони передбачені моделлю кольору шкіри при сегментації кольорових зображень пропонується побудувати модель, яка замість виявлення з високою вірогідністю пікселів «шкіри», буде з високою вірогідністю відкидати пікселі «не шкіри». Це дозволяє моделі мати такий же високий рівень виявлення, при можливому збільшенні рівня хибного виявлення. Перевагою такого підходу є те, що модель буде більш стійкішою по критерію вірогідності виявлення пікселів «шкіри» при сегментації зображень, в яких освітлення змінюється в широкому діапазоні.

Компоненти колірної моделі HSV часто використовуються для побудови моделей кольору шкіри. Дослідники відмічають, що компонент Н найкращим чином здійснює розділення пікселів "шкіри" та пікселів "не шкіри" в порівнянні з іншими компонентами моделі. Здійснимо дослідження на наборі з 200 кольорових зображень граничних значень компонента Н для побудови моделі кольору шкіри. В результаті дослідження визначається правило:  $H > 0 \text{ AND } H < 0.2$ . Це правило дозволяє правильно сегментувати більше 90% пікселів «шкіри». Під час досліджень відмічається, що кольори пікселів, які відповідають губам знаходяться в діапазоні  $H > 0.94 \text{ AND } H < 1$ , тому для віднесення цих пікселів до класу «шкіри», що може бути корисним для подальшого виявлення облич, попереднє правило підсилюється до  $(H > 0 \text{ AND } H < 0.2) \text{ OR } H > 0.94$ . Крім того пропонується використати порогові рівні  $R > 37$  та  $G > 23$  з простору RGB, з метою відкидання темних пікселів, які скоріш за все не є пікселями «шкіри». Таким чином отримуємо модель кольору шкіри:

$(H > 0 \text{ AND } H < 0.2) \text{ OR } H > 0.94) \text{ AND } R > 37 \text{ AND } G > 23$ .

В табл. 1 представлено шість моделей кольору шкіри (№1-№6), які використовуються у роботах [1, 4-7] для сегментації кольорових зображень з метою подальшого виявлення облич, а також модель №7, яка пропонується авторами.

Таблиця 1

Моделі кольору шкіри

№ моделі	Кольорові простори	Модель кольору шкіри
1	RGB	$R > 95 \text{ AND } G > 40 \text{ AND } B > 20 \text{ AND } \max\{R, G, B\} - \min\{R, G, B\} > 15 \text{ AND }  R - G  > 15 \text{ AND } R > G \text{ AND } R > B$ [4]
2	YIQ	$I > -0.02 \text{ AND } I < 0.22 \text{ AND } Q > -0.08 \text{ AND } Q < 0.12$ [5]
3	YCrCb	$Cr > 135 \text{ AND } Cr < 160 \text{ AND } Cb > 85 \text{ AND } Cb < 135$ [4]
4	rgb (нормалізований RGB), HSV	$r > 0.4 \text{ AND } r < 0.6 \text{ AND } g > 0.22 \text{ AND } g < 0.33 \text{ AND } r > g > (1-r)^2 \text{ AND } H > 0 \text{ AND } H < 0.2 \text{ AND } S > 0.3 \text{ AND } S < 0.7 \text{ AND } V > 0.22 \text{ AND } V < 0.8$ [6]
5	HSV	$H > 0 \text{ AND } S > 15 \text{ AND } S > 0.75 * H + 0.3 * V - 30 \text{ AND } S < -H - 0.1 * V + 110 \text{ AND } H < -0.4 * V + 75 \text{ AND } S < 0.08 * (100 - V) * H + 0.6 * V$ [7]
6	RGB	$R/G < 1.1 \text{ AND } R/G > 3.1 \text{ AND } R/B < 1.04 \text{ AND } R/B > 5 \text{ AND } R > 55 \text{ AND } G > 35 \text{ AND } B > 25$ [1]
7	RGB, HSV	$(H > 0 \text{ AND } H < 0.2) \text{ OR } H > 0.94) \text{ AND } R > 37 \text{ AND } G > 23$

### Метод виявлення облич

В основі методу виявлення що пропонується лежить метод Віюлі-Джонса [8], який здійснює виявлення облич фронтального вигляду з невеликими відхиленнями від центральної вісі симетрії на півтонових зображеннях. Для застосування цього методу з вхідного кольорового зображення отримуємо бінарну маску та півтонове зображення. Бінарна маска застосовується з метою зменшення кількості прямокутних областей півтонового зображення, які оброблюються методом Віюлі-Джонса.

Сегментація вхідного кольорового зображення на пікселі «шкіри» та «не шкіри» здійснюється при застосуванні моделі кольору шкіри. Отримане в результаті сегментоване зображення перетворюється на бінарне зображення, в якому одиниці відповідають пікселям «шкіри», а нулі – пікселям «не шкіри». Потім до бінарного зображення застосовуються морфологічні операції ерозії та нарощування, в результаті отримуємо бінарну маску.

Прямокутна область півтонового зображення, отриманого з вхідного кольорового зображення, оброблюється методом Віюлі-Джонса, якщо кількість одиниць у вікні пошуку у бінарній масці перевищує деякий поріг  $N$ . Загальна схема методу виявлення облич, що пропонується показана на рис. 1.

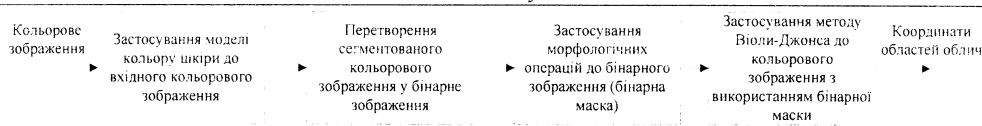


Рис. 1. Загальна схема методу виявлення облич

**Експериментальні дослідження**

У якості тестового набору для досліджень використовується набір зі 100 кольорових зображень з бази зображень облич FDDB (Face Detection Data Set and Benchmark). База FDDB містить 2845 зображень з 5171 обличчям. Зображення характеризуються широким діапазоном складностей представлення обличчя, включаючи різноманітні орієнтації облич, складні умови освітлення тощо [9].

Визначимо критерії для оцінки якості сегментації у вигляді помилок першого та другого роду. У якості нульової гіпотези приймемо пікселі «не шкіри», у якості першої гіпотези – пікселі «шкіри». Таким чином помилка першого роду представляє собою відсоток пікселів «не шкіри», які признаються моделлю за пікселі «шкіри» від загального числа пікселів «не шкіри». Помилка другого роду представляє собою відсоток пікселів «шкіри», які приймаються моделлю за пікселі «не шкіри» від загального числа пікселів «шкіри».

Узагальнені результати досліджень моделей кольору шкіри №1–№7 на тестовому наборі представлені в табл. 2.

Таблиця 2

**Результати досліджень моделей кольору шкіри**

Критерії оцінки якості сегментації	Моделі кольору шкіри						
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7
Помилка першого роду, %	12	26	11	14	30	19	24
Помилка другого роду, %	18	13	16	20	21	11	9

Результат сегментації зображення з тестового набору моделями кольору шкіри №1-7 показаний на рис. 2.

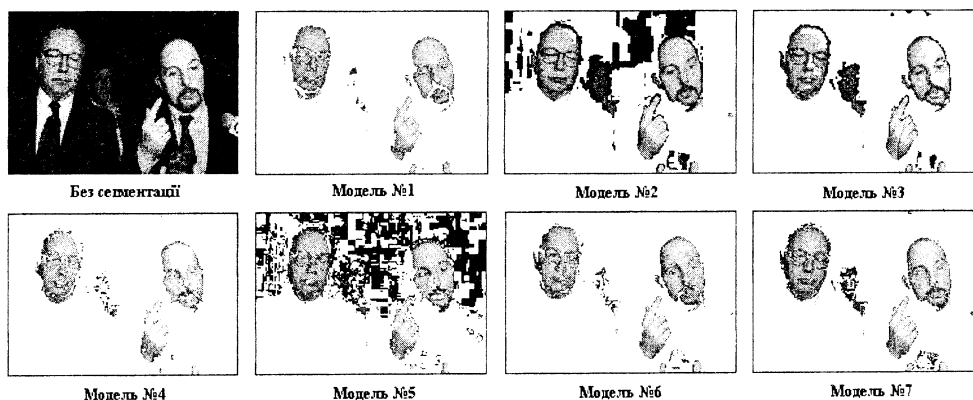


Рис. 2. Сегментація зображення моделями кольору шкіри

Як видно з табл. 2 найкращі результати по критерію помилки другого роду при сегментації показують моделі №6 та №7. Помилки першого роду цих моделей є досить високими, близько 20 %. Це пояснюється тим, що вони побудовані таким чином, щоб з високою вірогідністю відкидати пікселі «не шкіри». Це дозволяє зберігати високий рівень вірогідності виявлення пікселів «шкіри» при деякому підвищенні рівня хибного виявлення. З рис. 2 видно, що обличчя, яке знаходиться на задньому фоні і недостатньо освітлене найкраще сегментується моделями №2, 3 та 7.

Таблиця 3

**Результати досліджень моделей кольору шкіри при застосуванні морфологічних операцій**

Критерії оцінки якості сегментації	Моделі кольору шкіри			
	№2	№3	№6	№7
Помилка першого роду, %	41	24	22	28
Помилка другого роду, %	8	11	8	5

В задачах виявлення облич, як правило, акцент робиться на досягненні високого рівня вірогідності виявлення, тому відберемо для подальших досліджень моделі кольору шкіри помилки другого роду яких на

тестовому наборі найменші. Згідно з табл. 2 це моделі № 2, 3, 6, 7. Здійснено дослідження цих моделей при додатковому застосуванні морфологічних операцій. Узагальнені результати досліджень представлені в табл. 3.

Результат сегментації зображення з тестового набору моделями кольору шкіри №2, 3, 6, 7 при застосуванні морфологічних операцій показаний на рис. 3.

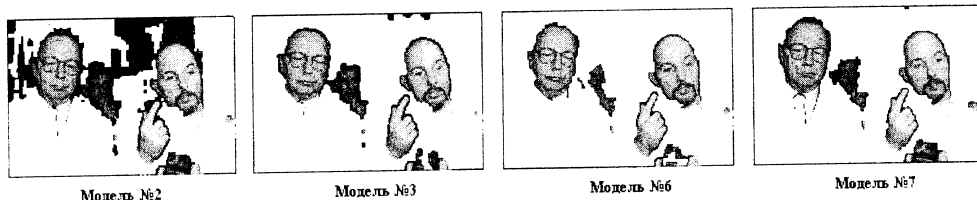


Рис. 3. Сегментація зображення моделями кольору шкіри при застосуванні морфологічних операцій

З табл. 3. видно що застосування морфологічних операцій дозволило покращити результат сегментації, особливо по критерію помилки другого роду для моделей №3, 6 та 7. Підтвердженням цьому є приклад сегментації зображення показаний на рис. 3.

Запропонований метод виявлення був досліджений при використанні моделей кольору шкіри №2,3,6,7 на тестовому наборі. Наповненість одиницями вікна пошуку у бінарній масці N = 40 %. Результати досліджень представлені в таблиці 4.

На рис. 4 показаний результат виявлення облич на зображеннях з тестового набору запропонованим методом.

Як видно з табл. 4 вірогідність виявлення облич як методом Віюлі-Джонса, так і запропонованим методом, не перевищує 75%. Це пояснюється тим, що обличчя на зображеннях з тестового набору характеризуються широким діапазоном орієнтацій і складними умовами освітлення (див. рис. 4). Тим не менш запропонований метод дозволяє покращити виявлення при використанні досліджуваних моделей кольору шкіри. Покращення виявлення облич відбувається за критеріями швидкості виявлення та кількості хибних виявлень. Підвищення швидкості виявлення здійснюється за рахунок зменшення кількості оброблюваних областей зображення, в результаті сегментації та застосування бінарної маски. Зменшення кількості хибних виявлень можна пояснити тим, що частина областей зображення, які стають причиною хибного виявлення відкидаються при застосуванні бінарної маски.

Таблиця 4

Критерії оцінки якості виявлення облич	Метод Віюлі-Джонса	Запропонований метод виявлення			
		Модель №2	Модель №3	Модель №6	Модель №7
Вірогідність виявлення, %	0,75	0,72	0,70	0,73	0,75
Кількість хибних виявлень, шт.	17	16	14	12	14
Час виявлення, секунд	0,2 – 0,5	0,2 – 0,4	0,25 – 0,45	0,1 – 0,3	0,15 – 0,4



Рис. 4. Приклади виявлень облич на зображеннях з тестового набору

Як видно з табл. 4 запропонований метод найшвидше здійснює виявлення облич при використанні моделі №6, це можна пояснити тим, що ця модель використовує лише компоненти колірному простору RGB для сегментації. В цілому найкращою по всім трьох критеріях оцінки якості виявлення облич є модель №7,

так як при її застосуванні у запропонованому методі досягається така ж вірогідність виявлення, як і у методі Віоли-Джонса, при зменшенні кількості хибних виявлень і зменшенні часу на обробку зображення.

Дослідження сегментації та виявлення облич проводяться з використанням середовища Microsoft Visual C++ 2008 Express Edition та бібліотеки Intel Open Computer Vision Library при використанні комп'ютера AMD 3000+ з частотою процесора 1,81 ГГц.

#### Висновки

Запропоновано модель кольору шкіри для сегментації зображення на пікселі «шкіри» та «не шкіри», а також метод виявлення облич, який базується на методі Віоли-Джонса та використовує етап сегментації за кольором шкіри для пришвидшення виявлення. Експериментальні дослідження на тестовому наборі з бази зображень FDDB підтверджують ефективність запропонованого методу виявлення облич та моделі кольору шкіри за критеріями вірогідності виявлення, кількості хибних виявлень та швидкості виявлення.

#### Література

1. Маслій Р.В. Метод виявлення облич на кольоровому зображенні [Електронний ресурс] / Р.В. Маслій, А.Я. Кулик, С.С. Білошкурський // Наукові праці ВНТУ. – 2011. – № 2. – Режим доступу : [http://www.nbu.gov.ua/e-journals/vntu/2011\\_2/2011-2.files/uk/11rvmoc1\\_ua.pdf](http://www.nbu.gov.ua/e-journals/vntu/2011_2/2011-2.files/uk/11rvmoc1_ua.pdf).
2. Kakumanu P.A Survey of Skin-color Modeling and Detection Methods / P. Kakumanu, S. Makrogiannis, N. Bourbakis // Pattern Recognition. – 2007. – № 40. – С. 1106–1122.
3. Маслій Р.В. Сегментація кольорових зображень в задачах виявлення облич / Р.В. Маслій, А.С. Васаженко // Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування (СПРТП-2011)». Матеріали п'ятої міжнародної науково-технічної конференції. – Вінниця. – 2011. – С. 19–20.
4. Peer J. Human Skin Colour Clustering for Face Detection / Peer J., Kovac J., Solina F. // In Proc. EUROCON Conference on Computer as a tool. – Ljubljana. – 2003. – P. 144–148
5. Палій І.О. Метод і засіб виявлення обличчя для ефективної обробки кольорових зображень/ І.О. Палій // Штучний інтелект. – 2008. – Т. 4. – С. 402–411.
6. Kong W. Multi-face Detection Based on Downsampling and Modified Subtractive Clustering for Color Images / Kong Wan-zeng and Zhu Shan-an. // Journal of Zhejiang University, SCIENCE A. – 2007. – № 8. – P. 72–78.
7. Garcia C. Face Detection in Color Images Using Wavelet Packet / C. Garcia, G. Zikos, G. Tziritas. // Analysis. In Proc. International Conference on Multimedia Computing and Systems. – Florence – 1999. – Vol. 1. – P. 703-708.
8. Viola P. Robust Real-Time Face Detection / Paul Viola, Michael Jones // International Journal of Computer Vision. – 2004. – Vol. 57, № 2. – P. 137–154.
9. Jain V. FDDB: A Benchmark for Face Detection in Unconstrained Setting [Електронний ресурс] / Vidit Jain, Erik Learned-Miller // Technical Report UM-CS-2010-009, Dept. of Computer Science, University of Massachusetts. – Amherst. – 2010. – Режим доступу : <http://vis-www.cs.umass.edu/fddb/fddb.pdf>.

Надійшла 5.8.2011 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Кулик А.Я.

УДК 681.327.12.001.33

Н.С. СВИРНЕВСКИЙ

Хмельницький національний університет

### ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ 3D-ОБЪЕКТА ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ

*Рассмотрена проблематика восстановления параметров пространственного объекта по изображению. Поставлена и алгоритмически реализована задача определения по фото объектов, которые отслеживаются рупорной антенной.*

*We consider the problems of reconstruction of the parameters of a spatial object in the image. Formulated and implemented algorithmic problem of determining the photo, some of the objects being tracked horn antenna*

Ключевые слова: распознавание, изображение, матрица, преобразование, координаты.

#### Анализ исследований и публикаций

С развитием информационных технологий все более актуальной становится проблематика распознавания объектов по их изображениям [1, 2]. В том числе рассматривается задача восстановления пространственного объекта по двум и более изображениям, например, чтения чертежа [3]. Эффективное решение этих задач обеспечивается с помощью известных математических методов. В справочной литературе по компьютерной графике [4] описывается математический аппарат аффинных преобразований. В работе [5] излагается графический способ определения матрицы преобразований для аксонометрической проекции.

#### Формулирование целей

В данной статье на примере конкретной задачи демонстрируется возможность восстановления

зависимость влияния параметров качества их поверхностного слоя на предел выносливости  $\sigma_{-1}$ :

$$\sigma_{-1} = 542 - 50,475R_a + 2,286S - 0,147\sigma_{max},$$

где  $R_a$  – величина шероховатости поверхности, мкм;  $S$  – степень наклепа, %;  $\sigma_{max}$  – максимальные сжимающие напряжения, МПа.

Проведенные исследования позволили разработать технологические рекомендации по составлению технологических процессов изготовления лопаток компрессоров в опытном производстве, выполнение которых обеспечивает требуемую геометрическую точность, параметры качества поверхностного слоя, работоспособность лопаток и высокую экономическую эффективность обработки.

Рекомендации включают: требования к оборудованию и инструменту, рекомендации по выбору и назначению стратегий и технологических параметров обработки, требования к контрольным операциям и их месту в технологическом процессе.

Производится выбор наиболее рациональной структуры технологического процесса изготовления лопаток компрессоров на основе анализа характеристик качества их поверхностного слоя, работоспособности и себестоимости (табл. 2).

Из анализа следует, что наиболее приемлемой структурой технологического процесса изготовления рабочих лопаток II ступени КВД двигателя Д-36 является заготовка – обжаренный прокат +ВСФ+П+УЗУ2.

#### Выводы

В результате выполненных комплексных исследований получено новое решение прикладной научно-технической задачи технологического обеспечения параметров качества при изготовлении рабочих лопаток компрессоров из титановых сплавов в условиях опытного производства. Оно заключается в формировании характеристик поверхностного слоя с учетом влияния технологической наследственности, сочетанием технологических операций высокоскоростного фрезерования с последующими отделочно-упрочняющими обработками, что позволяет разрабатывать гибкие технологические процессы изготовления.

#### Литература

1. Сахнюк Н.В. Технологические особенности изготовления лопаток компрессора методом высокоскоростного фрезерования / Н.В. Сахнюк, В.К. Яценко, С.Д. Зиличихис // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць. – Краматорськ : ДДМА. – 2004. – Вип. № 16. – С. 126–131.
2. Богуслаев В.А. Технологическое обеспечение эксплуатационных характеристик деталей ГТД. Лопатки компрессора и вентилятора. Часть 1 / Богуслаев В.А., Муравченко Ф.М., Жеманюк П.Д. – Запорожье : ОАО “Мотор Сич”, 2003. – 396 с.
3. Сахнюк Н.В. Анализ технологических процессов формообразования профиля пера лопаток компрессора / Н.В. Сахнюк, А.Я. Качан, С.Д. Зиличихис, В.А. Леонтьев // Технологические системы. – Киев. – 2005. – № 5–6 (31–32). – С. 7–9.
4. Сахнюк Н.В. Определение траектории перемещения заготовки и инструмента для пятикоординатной высокоскоростной обработки поверхностей лопатки компрессора / Н.В. Сахнюк, Ю.В. Грачев, А.Я. Качан // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – Запоріжжя. – 2007. – № 2. – С. 139–141.
5. Сахнюк Н.В. Регулирование физико-механических характеристик лопаток компрессора, полученных методом высокоскоростного фрезерования / Н.В. Сахнюк, Э.В. Кондратюк, С.Д. Зиличихис, М.А. Гребенников, М.Р. Орлов // Вестник двигателестроения. Запорожье. – 2004. – № 4. – С. 125–129.

Надійшла: 16.11.2011 р.

За зміст повідомлень редакція відповідальності не несе

### Повні вимоги до оформлення рукопису <http://visniktup.narod.ru/rules/>

Рекомендовано до друку рішенням вченої ради Хмельницького національного університету,  
протокол № 4 від 23.11.2011 р.

Підп. до друку 24.11.2011 р. Ум.друк.арк. 24,65 Обл.-вид.арк. 23,45

Формат 30x42/4, папір офсетний. Друк різнографією.

Наклад 100, зам. № 739

Тиражування здійснено з оригінал-макету, виготовленого редакцією журналу “Вісник Хмельницького національного університету” редакційно-видавничим центром Хмельницького національного університету 29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 7/1. тел (0382) 72-83-63