

Міністерство освіти і науки України
Українська асоціація з прикладної геометрії
Мелітопольський державний педагогічний університет
імені Богдана Хмельницького
Мелітопольська школа прикладної геометрії



**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ
МОДЕЛЮВАННЯ**
ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

Випуск 12

Наукове фахове видання

Мелітополь – 2018 р.

УДК [51+514+721+004.92]–047.58(062.552)

ББК 22.1я5

С 91

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації: Серія КВ № 21030-10830Р від 29.09.2014 р.
Збірник наукових праць включено до Переліку наукових фахових видань України з технічних наук (наказ Міністерства освіти і науки України № 241 від 09.03.2016)

Рекомендовано до друку та поширення через мережу Інтернет
Вченою радою МДПУ імені Б. Хмельницького,
протокол № 14 від 29 травня 2018 р.

Редакційна колегія: Найдиш А.В. (гол. редактор),
Верещага В.М. (заступник гол. редактора), Спірінцев Д.В.
(відповідальний секретар), Холодняк Ю.В. (технічний редактор),
Бадаєв Ю.І., Балюба І.Г., Ванін В.В., Єремєєв В.С.,
Ковальов С.М., Ковальов Ю.М., Корчинський В.М.,
Куценко Л.М., Мартин Є.В., Михайленко В.Є., Пилипака С.Ф.,
Підгорний О.Л., Плоский В.О., Подкоритов А.М., Сазонов К.О.,
Сергейчук О.В., Тулученко Г.Я.

С 91 Сучасні проблеми моделювання: зб. наук. праць / МДПУ
ім. Б. Хмельницького; гол. ред. кол. А.В. Найдиш. –
Мелітополь: Видавництво МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2018.–
Вип. 12. – 188 с.

Збірник містить статті за результатами досліджень з теорії та практики моделювання, розглядаються актуальні наукові та прикладні проблеми геометричного моделювання, методика постановки та проведення наукових та дослідницьких експериментів, результати наукових досліджень, питання підготовки фахівців та науковців.

Випуск призначений для науковців, викладачів, аспірантів і студентів.

УДК [51+514+721+004.92]–047.58(062.552)

ББК 22.1я5

© МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2018.

ISSN 2313-125X

УДК 631.362.3.002.5

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО ВИБОРУ МАШИН ІЗ МНОЖИНИ АЛЬТЕРНАТИВ

Караєв О.Г., д.т.н.,

Таврійський державний агротехнологічний

Університет (м. Мелітополь, Україна)

Пахаренко В.О., д.т.н.,

Рубцов М.О., к.т.н.

Мелітопольський державний педагогічний університет

імені Богдана Хмельницького (Україна)

Обґрунтовано застосування тензорного числення для задач прийняття рішень щодо вибору оптимального варіанту сільськогосподарських машин із множини альтернатив з урахуванням особливостей технологій. Якість виконання технологічних операцій запропоновано представляти множинами значень дійсних і нормативних параметрів, а ресурсів і часу – дійсними. Наведено математичну модель процесу вибору, за допомогою якої мінімізується сума векторів узагальнюючого тензора з урахуванням коефіцієнтів прогнозованого економічного ефекту і вартості праці оператора машин.

Ключові слова: вибір машин, оцінювання, критерії, параметричне середовище, векторні функції, тензори.

Постановка проблеми. Необхідність у визначенні оптимального складу механізованого технологічного комплексу машин виникає на стадії розробки базової технологічної документації, або у виробничих процесах певного господарства і є актуальним завданням технічної політики АПК [1]. Зараз не існує ефективних методів прийняття рішень щодо вибору у склад МТК, які б були доведені до практичного застосування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Загальним недоліком існуючих методів вибору машин [2, 3] є те, що їх алгоритми базуються на показнику приведених витрат, який має властивість цінової еластичності і не містять шкали виміру якості виконання робіт. Застосування для вибору машин методів прийняття рішень за багатьма критеріями (адитивна згортка критеріїв, мультиплікативна, логічна, часова, геометрична) ускладнюється тим, що дані методи містять математичні абстракції структур простору критеріїв (лінійна, нормована, метрична), що ускладнює (без аналітика) здійснення

вибору згортки критеріїв [4]. Зазначені недоліки суттєво знижують об'єктивність результатів моделювання за такими методами.

Формулювання цілей статті. Метою досліджень є розроблення методу вибору машин у склад технологічного комплексу з ознаками ощадного витрачання матеріальних і енергетичних ресурсів та з забезпеченням встановленої якості робіт.

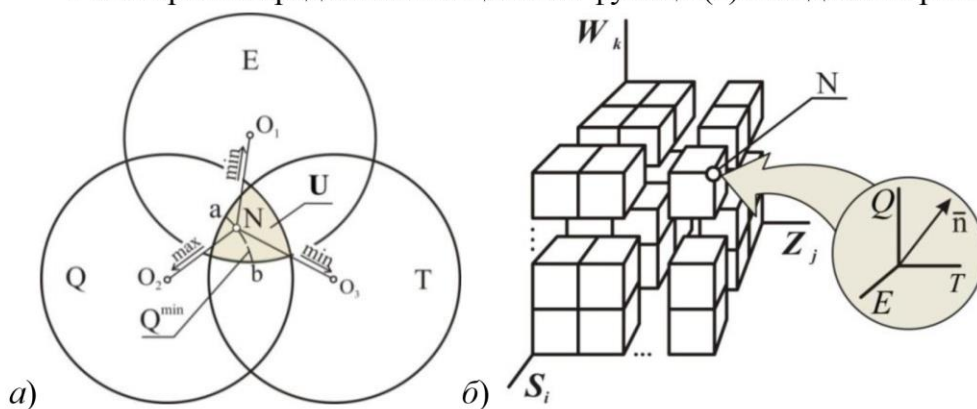
Основна частина. Оскільки машини є частиною відкритої системи, то їх параметри характеризуються неоднозначно, а вплив випадкових збурюючих факторів має суттєве значення. Процеси, які відбуваються в таких системах є стохастичними, а їх стан оцінюється в термінах математичного очікування і характеризується ймовірнісним законом розподілу. При цьому цільову функцію можна представити у вигляді:

$$\begin{cases} P_1 = P(E_{ij}^K \leq E_K^{max}); \\ P_2 = P(Q_{ij}^K \geq Q_K^{min}); \\ P_3 = P(T_{ij}^K \leq T_K^{max}); \\ Y = \min(P_1 P_2 P_3), \end{cases} \quad (1)$$

де $Y \rightarrow \max$ – критерій оптимальності;

P_1, P_2, P_3 – ймовірності витрат ресурсів E_{ij}^k і часу T_{ij}^k та забезпечення якості Q_{ij}^k на k -му процесі i -ю операцією та j -ю машиною.

Геометричне представлення цільової функції (1) наведено на рис.1.



U – множина нормативних значень E, Q і T ; N – певний варіант машини; \vec{n} – вектор-аргумент критерію оптимізації

$F(E_{ij}^k, Q_{ij}^k, T_{ij}^k)$; W – технологічні процеси;

S – технологічні операції; Z – машини.

Рис.1. Геометрична інтерпретація цільової функції 1 (а) і тензора (б)

На рис. 1 значення параметрів матеріальних ресурсів E , якості Q та часу T представлені перехресними колами. Межі перетину кіл

визначають область множини нормативних значень параметрів U . Кожна точка N_i з даної множини має відстані до центрів кіл, які визначаються відрізками O_1N_i , O_2N_i , O_3N_i . При цьому, ймовірність досягнення визначених обмежень за будь-якою з трьох функцій (1) виникає при меншому значенні відповідного відрізка до центру кола. З наведеного виходить, що оптимізація цільової функції (1) полягає в мінімізації такої з трьох функцій, у якій відрізок від точки N_i до центра кола є найбільший. У варіанті співвідношень параметрів E , Q і T (рис. 1,а)) найбільшу відстань до центра кола має функція обмеження за часом T , а лінією a b визначена межа мінімального нормативного значення якості Q^{min} . Тому при оптимізації даного варіанту необхідно мінімізувати відрізок O_3N та максимізувати критерій оптимальності Y .

При розгляді даної задачі в просторі множини параметрів можливих рішень складається з величин ресурсів E_{ij}^k , якості Q_{ij}^k та часу T_{ij}^k , які є скалярними і утворюють неоднорідне параметричне середовище. Прийняття оптимального рішення в такому середовищі супроводжується зміною системи координат та зміною значень критерію пошуку оптимального варіанту. Тобто, критерій повинен визначатися спеціальною матрицею, яка не залежить від зміни системи координат, а компоненти вектора-аргументу критерію мають перетворюватися за визначеним законом. Таким властивостям відповідає тензор, геометричний образ якого наведено на рис.1,б.

Метод розроблено за такою робочою гіпотезою: вхідні дані доцільно представляти у вигляді тензорів, кожен компонент яких може бути числом або вектором та однозначно визначається значеннями $kijl$ -індексів, а саме: $W\{W_k\}$; $S\{S_i\}$; $Z\{Z_j\}$; $E\{E_{ij}^k\}$; $T\{T_{ij}^k\}$; $Q\{Q_{ij}^k\}$; $D\{D_{kijl}\}$ – дійсні значення якості виконання S_i операції Z_j машиною.

Витрати ресурсів представимо тензором

$$I = [I_{ij}^k], \quad (2)$$

де I_{ij}^k – вектор (E_{ij}^k, T_{ij}^k) . Він не є нульовим, якщо процес W_k може бути виконаний операцією S_i і машиною Z_j .

Нормативні значення показників якості представимо тензором

$$J = [J_{kl}], \quad (3)$$

де J_{kl} – чотиривимірний вектор $(q_{dop}^{-k,l}, q_{opt}^{-k,l}, q_{opt}^{+k,l}, q_{dop}^{+k,l})$, який містить інтервали допустимих значень $(q_{dop}^{-k,l}, q_{dop}^{+k,l})$ та оптимальних $(q_{opt}^{-k,l}, q_{opt}^{+k,l})$. Тензор не є нульовим у разі, якщо k -й процес можливо оцінити за l -м параметром.

Дійсні значення параметрів якості представимо тензором

$$D = [D_{kijl}], \quad (4)$$

де D_{kijl} – дійсні значення параметра якості Q_{ij}^k .

На основі тензорів (2-4) та часу T_{ij}^k формуємо узагальнений тензор

$$A = [A_{ij}^k], \quad (5)$$

де A_{ij}^k – вектор $(E_{ij}^k, Q_{ij}^k, T_{ij}^k)$ (рис.1,б). Даний тензор не є нульовим, якщо процес W_k може бути виконаний операцією S_i та машиною Z_j із забезпеченням якості не нижче ніж k -й елемент з множини Q_{ij}^k і витрат часу не більше ніж k -й елемент з множини T_{ij}^k .

Функцію якості представимо у вигляді

$$Q_{ij}^k = \prod_{\{G_l: J_{kl} \neq \emptyset\}} \beta_{kl}(D_{kijl}), \quad (6)$$

де $\beta_{kl}(D_{kijl})$ визначається за формулою:

$$\beta_{kl}(x) = \begin{cases} \beta_{kl}^*(x), & \beta_{kl}^*(x) \geq 0 \\ 0, & \beta_{kl}^*(x) < 0 \end{cases},$$

де

$$\beta_{kl}^*(x) = \begin{cases} \frac{(q_{opt}^{-kl} - q_{dop}^{-kl}) + (1 - Q_k^{\min})(x - q_{opt}^{-kl})}{q_{opt}^{-kl} - q_{dop}^{-kl}}, & x \in [q_{dop}^{-kl}; q_{opt}^{-kl}] \\ \frac{(Q_k^{\min} - 1)(x - q_{opt}^{+kl}) + (q_{dop}^{+kl} - q_{opt}^{+kl})}{q_{dop}^{+kl} - q_{opt}^{+kl}}, & x \in [q_{opt}^{+kl}; q_{dop}^{+kl}] \\ 1, & x \in [q_{opt}^{-kl}; q_{opt}^{+kl}] \end{cases}.$$

При такому поданні якості максимальний її рівень дорівнює 1. Графічне зображення функції (6) наведено на рис. 2.

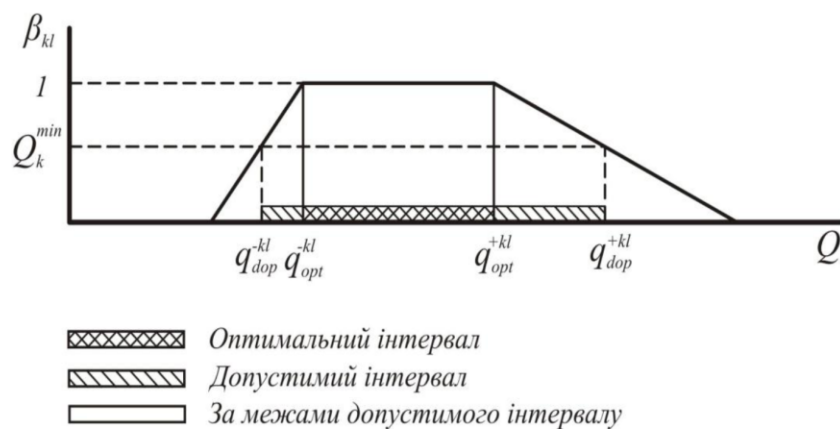


Рис.2. Графічне зображення функції $\beta_{kl}(x)$

Критерій оптимізації може бути представлений у вигляді

$$F = \sum_k (E_{i_k j_k}^k + \alpha(1 - Q_{i_k j_k}^k) + \beta T_{i_k j_k}^k) \rightarrow \min, \quad (7)$$

де α – ваговий коефіцієнт якості; β – ваговий коефіцієнт часу.

Цей критерій є частковим випадком загального критерію (1), причому цільова функція у (7) є зростаючою на будь якій послідовності точок, на якій цільова функція з (1) є спадною. Межами її визначення є множина варіантів $R^* = \{(S_{i_k}, Z_{j_k}) : k = 1 \dots l\} : Q_{i_k j_k}^k \geq Q_k^{\min}, T_{i_k j_k}^k \leq T_k^{\max}, \forall k = 1 \dots l\}$, а коефіцієнти α і β визначаються методом експертної оцінки.

Алгоритм вибору є таким: для кожного компонента тензора (2) обчислюють якість за (6) з урахуванням значень тензорів (3) та (4); формують тензор (5) – тензор (2) замінюють на вектор $(E_{ij}^k, Q_{ij}^k, T_{ij}^k)$; по кожному процесу W_k знаходять пари індекси (i_k, j_k) з множини $\{(i, j) : Q_k \geq Q_k^{\min}, T_k \leq T_k^{\max}\}$, для яких $F_k = E_{i_k j_k}^k + \alpha(1 - Q_{i_k j_k}^k) + \beta T_{i_k j_k}^k \rightarrow \min$; формують множину машин з номерами $\{j_k\}$.

Метод перевірено на прикладі вибору машин для операцій «культивуація» і «боронування» ґрунту в плодовому маточно-живцевому саду. Були отримані дійсні значення якості обробітку ґрунту, витрат енергетичних ресурсів і часу (табл. 1).

Таблиця 1

Значення дійсних параметрів обробітку ґрунту в плодовому саду

Склад машино-тракторного агрегату	Назва операції	Продукти вність, га/год.	Якість обробітку ґрунту*	Витрати пального, л / год.
Т-70 +КСГ- 3,3	культивуація	0,9	0,87	9,8
Т-70 +БДС-3,5	боронування	1,9	0,78	9,0
МТЗ-80 +БДС-3,5	боронування	2,34	0,82	11,5

* Показник: коефіцієнт брилистості ґрунту при його щільності 1,56 г/см³ і вологості 22%.

З урахуванням даних табл. 1 отримано узагальнений тензор

$$A = \begin{pmatrix} (10,89;0,87;1,11) & 0 \\ 0 & (4,74;0,78;0,53) \\ 0 & (4,92;0,82;0,43) \end{pmatrix}.$$

Після заміни нульовим вектором векторів тензора A , у яких координати компонентів не відповідають обмеженням щодо якості Q^{\min} і часу T^{\max} та обчисленням значень цільової функції (7) з урахуванням коефіцієнтів:

$$\alpha = \delta_1 \cdot \delta_2 \cdot \delta_3 / \lambda_1 \cdot \lambda_2 = 8470,58,$$

де $\delta_1 = 0,36$ – коефіцієнт витрати ресурсу техніки в процесі обробітку ґрунту; $\delta_2 = 20000$ шт./га – вихід живців; $\delta_3 = 3$ грн./шт. – вартість живців; $\lambda_1 = 15$ грн./л – вартість пального, $\lambda_2 = 0,17$ л/га – середні витрати пального,

$$\beta = \varepsilon / \lambda_1 \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2 \cdot \sigma_3 = 0,13,$$

де $\varepsilon = 3200$ грн. – вартість роботи оператора машини за місяць; $\sigma_1 = 10,1$ л/год. – середні годинні витрати пального; $\sigma_2 = 8$ год. – тривалість робочого дня; $\sigma_3 = 20$ днів – кількість робочих днів на місяць, маємо тензор

$$A = \begin{pmatrix} 1112,13 & 0 \\ 0 & 1868,21 \\ 0 & 1529,58 \end{pmatrix},$$

де мінімальне значення припадає на «Т70+КСГ3,3» (табл. 1).

Висновки. Запропонований метод забезпечує формування оптимального набору машин по кожному технологічному процесу, виходячи з умов компромісу між мінімізацією матеріальних витрат, часу та максимізації якості виконання робіт на операціях. Подальші роботи у цьому напрямку будуть спрямовані на створення класифікаторів вхідних баз даних для автоматизації процесу прийняття рішень.

Література

1. Лінник М.К. Основні завдання з механізації та електрифікації сільського господарства у зв'язку із вступом України в СОТ / М.К. Лінник // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха : ННЦ "ІМЕСГ", 2008. – Вип.92. – С. 42–48.
2. Репетов А.Н. Геометрический способ выбора агрегата для внесения минеральных удобрений / А.Н. Репетов, О.М. Лепшеев // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1999. – №2. – С.25-26.
3. Павлюченко Е.И. Анализ и совершенствование методики технико-экономического обоснования и оценки проектных решений в строительстве / Е.И. Павлюченко, Р.Р. Асланова // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2015. – №8. – С.33-37.
4. Ковальчук К.Ф. Интеллектуальная поддержка принятия экономических решений / К.Ф. Ковальчук. – Донецк: ИЭП НАНУ, 1996. – 224с.

**ГОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ВЫБОРУ МАШИН
ИЗ МНОЖЕСТВА АЛЬТЕРНАТИВ**

Караев А.И., Пахаренко В.А., Рубцов Н.А.

Обосновано применение тензорного исчисления для задач принятия решений по выбору оптимального варианта сельскохозяйственных машин из множества альтернатив с учетом особенностей технологий. Качество выполнения технологических операций предложено представлять множествами значений действительных и нормативных параметров, а ресурсы и время – действительными. Приведена математическая модель, посредством которой минимизируется сумма векторов обобщающего тензора с учетом коэффициентов прогнозируемого экономического эффекта и стоимости труда оператора машин.

Ключевые слова: выбор машин, оценивание, критерии, параметрическое пространство, векторные функции, тензоры.

**GEOMETRICAL MODELLING OF DECISION-MAKING AS
FOR MACHINES CHOOSING FROM THE SET OF
ALTERNATIVES**

Karaiev A., Pakharenko V., Rubtsov N.

Tensor calculus application has been substantiated for decision-making tasks as for choosing optimum variant of agricultural machines from the set of alternatives taking into account technologies peculiarities. It has been propose to realize the quality of technological operations by the range of real and normative parameters values, while resources and time - by real ones. The mathematical model has been given by means of which the vectors sum of super-concept tensor is minimized subject to forecasting economic effect coefficients and value of machine-operator labor.

Keywords: machine choosing, alternatives, criteria, parametric space, vector functions, tensors.

ЗМІСТ

№ п.п	ПІБ, назва статті	Стр.
1.	<i>Адоньєв Є.О., Найдиш А.В.</i> Композиційний метод геометричного моделювання у розв'язанні багатofакторних задач.....	3
2.	<i>Бадаєв Ю.І., Ганношина І.М.</i> Рациональна крива Безье 7-го степеня за заданими двома точками і кривинами та скрутом в них.....	9
3.	<i>Башта О.Т., Джурик О.В., Романенко В.Г., Сабірова І.М.</i> Нові технології викладання графічних дисциплін із застосуванням САПР.....	16
4.	<i>Бездитный А.А., Найдыш А.В., Спиринцев Д.В., Пахаренко В.А.</i> Определение эволюты кривой в точечном исчислении Балюбы-Найдыша.....	24
5.	<i>Білицька Н.В., Гетьман О.Г.</i> Про формoутворення плоскої кривої за заданим законом розподілу дотичних, що її огинають.....	27
6.	<i>Ботвіновська С.І., Золотова А.В.</i> Керування формою дискретно представленої поверхні за рахунок включення заданих вузлів.....	32
7.	<i>Верещага В.М., Найдиш А.В.</i> Точкове управління формою Б-фігур.....	43
8.	<i>Воронцов О.В., Тулупова Л.О., Воронцова І.В.</i> Аналітичні формули обчислення коефіцієнтів суперпозиції дискретно визначених кривих.....	48
9.	<i>Гавриленко Е.А., Холодняк Ю.В.</i> Формирование ДПК на участках, содержащих особые точки.....	53
10.	<i>Гумен О.М., Яблонський П.М., Шаповал С.П., Коломісць Н.Я.</i> Засоби просторового геометричного моделювання у дослідженні параметрів температурного поля приміщення.....	58
11.	<i>Дашкевич А.А., Шоман О.В.</i> Анализ геометрических характеристик точечных множеств на основе алгоритма пространственного хеширования.....	63

12. *Демчишин А.А., Аушева Н.М.* Геометричне моделювання поверхонь тентових конструкцій..... 68
13. *Залевская О.В., Литвиненко П.Л., Финогенов А.Д., Янушевська О.І.* Алгоритм полного перебора матриц в методе анализа иерархий..... 75
14. *Зданевич В.А., Кундрат Т.М., Літницький С.І., Пугачов Є.В.* Оцінка затуляння в кінотеатрі з рядами в плані у вигляді двохланкової ламаної, розміщеними на похилій площині... 80
15. *Подкоритов А.М., Ісмаїлова Н. П., Трушков Г.В., Радченко І.Г., Лебедева Л.В.* Геометричне моделювання дискової фрези на базі компютерної програми проектування AUTOCAD..... 86
16. *Караєв О.Г., Пахаренко В.О., Рубцов М.О.* Геометричне моделювання прийняття рішень щодо вибору машин із множини альтернатив..... 92
17. *Ковальов Ю.М., Шмельова Т.Ф., Калашнікова В.В.* Системна оптимізація психологічної сумісності в ергатичних системах..... 99
18. *Куценко Л.М., Запольський Л.Л.* Трансформування сферичної хрестоподібної стержневої конструкції в умовах невагомості..... 106
19. *Несвідомін В.М., Бабка В.М., Несвідомін А.В.* Ковзання частинки по шорсткій площині, яка здійснює поступальні коливання по епіциклоїді 115
20. *Ницын А.Ю.* Орнаменты на основе семейств кривых, заполняющих правильный шестиугольник..... 120
21. *Пилипака С.Ф., Муквич М.М.* Аналітичні залежності утворення ізотропних ліній на уявних поверхнях обертання..... 126
22. *Скочко В. І.* Моделювання дискретних образів плоских кривих з ланками однакової довжини..... 132
23. *Сліпченко В.Г., Полягушко Л.Г.* Система автоматизованого проектування приборів спеціального медичного призначення..... 138
24. *Тормосов Ю.М., Саєнко С.Ю.* Комп'ютерне моделювання відбивальної системи сушильної камери..... 144

25. *Холковський Ю.Р.* Використання дискретно-інтерполяційного методу при моделюванні стану багатопараметричних середовищ..... 150
26. *Церковна О.Г.* Вплив зовнішніх факторів на формоутворення фонтанів..... 156
27. *Черников А.В., Рагулин В.Н., Смирнов О.В., Черепанова Н.В.* Адаптация шаблонов AUTODESK INVENTOR для оформления чертежей зубчатых колес в учебном процессе и на производстве..... 163
28. *Черняк В.І.* Визначення дивергенції в точках дискретно представленого неупорядкованого векторного поля..... 168
29. *Якимов А.А., Бовнегра Л.В., Безнос С.В., Дмитриева С.Ю., Добровольський В.В.* Моделирование геометрических параметров рабочих поверхностей прерывистых шлифовальных кругов..... 172

Наукове фахове видання

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ

Збірник наукових праць

Випуск 12

Матеріали подано мовою оригіналу.

Автори опублікованих матеріалів несуть повну відповідальність за підбір, точність наведених фактів, цитат, власних імен та інших відомостей.

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації: Серія КВ № 21030-10830Р від 29.09.2014 р.

Збірник наукових праць включено до Переліку наукових фахових видань України з технічних наук (наказ Міністерства освіти і науки України № 241 від 09.03.2016)

Підписано до друку 29.05.2018 р. Формат 60x84 1/16
Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman Суг.
Друк цифровий. Ум. друк. арк. 10.9.
Наклад 100 прим. Зам. № 2402

Видавець

Мелітопольський державний педагогічний університет
імені Богдана Хмельницького

Адреса: 72312, м. Мелітополь, вул. Гетьманська, 20
Тел. (0619) 44 04 64

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до
Державного реєстру видавців, виробників і розповсюджувачів
видавничої продукції від 16.05.2012 р. серія ДК № 4324

Надруковано ФО-П Однорог Т.В.

72313, м. Мелітополь, вул. Героїв Сталінграду, 3а
Тел. (067) 61 20 700

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до
Державного реєстру видавців, виробників і розповсюджувачів
видавничої продукції від 29.01.2013 р. серія ДК № 4477