



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
МУКАЧІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ДВНЗ «УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»,  
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»,  
ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,  
МАЛОПОЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВІТОЛЬДА  
ПЛЕЦЬКОГО В ОСВЕНЦІУМІ (ПОЛЬЩА),  
ЛЮБЛІНСЬКА ПОЛІТЕХНІКА (ПОЛЬЩА),  
ПРЯШІВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ У ПРЯШЕВІ (СЛОВАЧЧИНА)**

**Збірник тез доповідей за матеріалами  
Міжнародної науково-практичної конференції**

**НАУКА, ОСВІТА, БІЗНЕС:  
СУЧАСНІ ВИКЛИКИ ТА СТАЛІЙ РОЗВИТОК**

**International scientific and practical conference**

**"SCIENCE, EDUCATION, BUSINESS:  
modern challenges and sustainable development**



**Мукачєво  
30 березня 2023 року**



УДК [001:378:334.012.23]:339.92(477):4(043.2)

*Рекомендовано до поширення через мережу Інтернет  
Науково-технічною радою Мукачівського державного університету  
(протокол № 2 від 24 березня 2023 р.)*

**Н 34**

**НАУКА, ОСВІТА, БІЗНЕС: сучасні виклики та сталий розвиток :** збірник тез доповідей за матеріалами Міжнародної науково-практичної конференції (30 березня 2023 р., м. Мукачево). Мукачево : Вид-во МДУ, 2023. 145 с.

**ISBN 978-617-7495-51-1 (PDF, самостійне електронне видання)**

У збірнику представлено тези доповідей за матеріалами Міжнародної науково-практичної конференції «**НАУКА, ОСВІТА, БІЗНЕС: сучасні виклики та сталий розвиток**». Учасниками конференції розглянуто проблеми у встановленні та зміцненні зв'язків між провідними освітніми, науково-дослідними установами та виробничими підприємствами; обмін науковою інформацією та досвідом, обговорення проблем ресурсозбереження та енергоефективності; актуалізація досліджень в області новітніх технологій та матеріалів; розгляд проблематики підготовки конкурентоспроможних фахівців в галузях промисловості та освіти, а також фокусування уваги на проблемах управління та впровадженні інновацій.

Видання розраховане на науковців, педагогів, викладачів, аспірантів та студентів, які займаються науково-дослідною роботою, управлінням та впровадженням інновацій.

© Мукачівський державний університет, 2023

**Міжнародна науково-практична конференція  
НАУКА, ОСВІТА, БІЗНЕС:  
СУЧАСНІ ВИКЛИКИ ТА СТАЛИЙ РОЗВИТОК**

**International scientific and practical conference  
"SCIENCE, EDUCATION, BUSINESS:  
modern challenges and sustainable development**

**Оргкомітет конференції**

**Голова оргкомітету**

**Щербан Т.Д.** - ректор Мукачівського державного університету, Україна  
проф. д-р. психол. наук.

**Заступник голови оргкомітету**

**Гоблик В.В.** – перший проректор Мукачівського державного університету,  
Україна, проф., д-р. екон. наук.

**Члени оргкомітету:**

**Ленік Клаудіус**, д-р. наук, проф., Люблінська політехніка (Польща).

**Курітнік Ігор-Петр**, д-р. техн. наук, проф., Малопольський державний  
університет імені Вітольда Пілецького в Освенціумі (Польща) .

**Березненко С.М.**, д-р. техн. наук, проф., Київський національний університет  
технологій та дизайну.

**Бабич С. Ю.**, д-р. техн. наук, проф., Інститут механіки імені Тимошенко  
НАН України, м. Київ.

**Жигуц Ю.Ю.**, д-р. техн. наук, проф., ДВНЗ «Ужгородський національний  
університет».

**Реслер М.В.**, д-р. екон. наук, проф., Мукачівський державний університет.

**Козарь О.П.**, д-р. техн. наук, проф., Мукачівський державний університет.

**Марійчук Руслан**, канд. хім.наук, проф., Пряшівський університет в  
м. Пряшів (Словаччина)

**Кущевский М.О.**, канд. техн. наук, проф., Хмельницький національний  
університет.

**Бродович Ю.Р.**, канд. с-г. наук, доц., Мукачівський державний університет.

**Герасимов В.В.**, канд. фіз.-мат. наук, доц., Мукачівський державний  
університет.

**Ількович Сергій**, PhD, Пряшівський Університет в м. Пряшів (Словаччина).

**Пристая А.О.**, канд. техн. наук, директор підприємства з виготовлення  
теплогенеруючих котлів «Shpargate», Мукачево.

Тези прорецензовані оргкомітетом конференції.

Відповідальність за достовірність фактів, власних імен, цитат, цифр та інших відомостей несуть автори публікації.

## ЗМІСТ

### СЕКЦІЯ 1. РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ

ANNA KOWALIK-KLIMCZAK, MACIEJ ŻYCKI, MONIKA ŁOŻYŃSKA, CHRISTIAN SCHADEWELL, THOMAS FIEHN, BOGUSŁAW WOŹNIAK, MONIKA FLISEK, STEFAN DROEGE <b>Innowacyjna technologia waloryzacji chromowych odpadów garbarskich oparta na odzysku chromu i produkcji biogazu.....</b>	8
ZHIGUTS Yu.Yu., LAZAR V.F., HOM'AK B.Ya <b>Increasing the reliability of assessment of material properties when using statistical methods of experimental data processing ...</b>	10
ZHIGUTS Yu.Yu., FORDZYUN Yu.I., LEGETA YA.P. <b>Technological features of titanium diffusion saturation of steel surfaces.....</b>	12
БАБИЧ С. Ю., ЛАЗАР В. Ф., МИКОРЯК М. В. <b>Дослідження впливу початкових напружень в контактній задачі про взаємодію попередньо напружених півпросторів та циліндра.....</b>	14
БРОДОВИЧ Ю.Р., БРОДОВИЧ Р.І., ДЕЛЕГАН І.І. <b>Аспекти ресурсозбереження при створенні лісових культур з участю перспективних чужоземних деревних видів рослин.....</b>	16
БРОДОВИЧ Ю.Р., БРОДОВИЧ Р.І., ДЕЛЕГАН І.І. <b>Аспекти перспективного ресурсозбереження у культивуванні псевдотсуґи мензіса.....</b>	18
ВАНТЮХ Д. Е., КАЙНЦ Д. І. <b>Деякі аспекти використання комп'ютерного моделювання у будівництві при створенні бетонних та залізобетонних конструкцій</b>	20
ГАБОВДА О.В. <b>Процес відновлення деталей машин і обладнання на основі адитивних технологій.....</b>	22
ГОЛОВЕНКО Т.М., ШОВКОМУД О.В., КИСІЛЬ С.О. <b>Дослідження екологічних напрямків у фешн-індустрії.....</b>	24
ДМИТРИК О.М., ДЗИКОВИЧ Т.А., МАСЮК А.І., ОЛЕФІРЕНКО С. М. <b>Панно у дизайні інтер'єрного простору.....</b>	26
ІГНАТИШИН М.І., МИХАЙЛИШИН М.С., ПЕЛЕХ Я.М. <b>Кінетичний акумулятор енергії.....</b>	28
КАБАЦІЙ В.М., ФОРДЗІОН Ю.І., ПИТЬОВКА О.Ю. <b>Енергозаощаджуючий пристрій для нанесення оптично прозорого покриття на світлодіоди у середній інфрачервоній області спектра.....</b>	31
КЕРНЕСШ В. П., ШЕВЦОВА Х. О. <b>Українська вишиванка та її роль у розвитку сучасних технологій автоматизованої вишивки.....</b>	33
ЛУЧКО Й.Й., КАРХУТ І.І. <b>Забезпечення надійної експлуатації ферм будівлі муздраттеатру на ділянці сейсмічної активності 8 балів у м. Ужгороді.....</b>	35
МАТВІЙЧУК С.С. ТУРЯНИЦЯ Е.-Ю. Е. <b>Актуальність проектування капсульного чоловічого гардеробу.....</b>	37
МОЛНАР О.О., ГЕРАСИМОВ В.В. <b>Система з елементами доповненої реальності для працівників екстремальних служб.....</b>	39
НАЗАРЧУК Л.В., РЯБЧИКОВ М.Л., КАГАН О.В. <b>Дослідження плечової ділянки конструкції виробу методами тривимірного проектування.....</b>	40
НІКОЛАЄВ О.Г., ГОЛОВЧЕНКО О.В. <b>Стационарний розподіл температури в нескінченному тілі від точкового джерела за наявності теплоізолюючого екрана у вигляді сферичного сегмента.....</b>	42
РОМАНЮК Є.О., КУРУШКІНА А.В. <b>Потенціал розвитку вторинної переробки текстильних матеріалів в Україні.....</b>	44
СЛАВІНСЬКА А.Л., СИРОТЕНКО О.П. <b>Оптимізація рівнів уніфікації контурів лекал чоловічого піджака.....</b>	46
ПРИСТАЯ О.Д., ГОНЧАР І. М., ГАСІЙ О.Б. <b>Інжекторні котли для отримання теплової енергії з деревної біомаси.....</b>	48

## КІНЕТИЧНИЙ АКУМУЛЯТОР ЕНЕРГІЇ

*Вказується на актуальність питань, пов'язаних з акумулюванням та зберіганням енергії в екологічному аспекті. Як один з варіантів, розглядається акумулятор кінетичної енергії (маховик). Зроблено розрахунок оптимальної форми перерізу кінетичного акумулятора енергії, що впливає з умови однаковості радіального та колового напружень в будь-якому перерізі маховика. Вказано на прямий зв'язок густини енергії маховика з його міцністю.*

**Ключові слова:** акумулятор кінетичної енергії, маховик

*Issues related to energy accumulation, storage, and increasing its density are considered, which is quite relevant from the point of view of ecology, since the accumulated energy is necessary for almost any machine and system where energy consumption and transformation takes place. Accumulated energy is much cheaper, and its use is environmentally safe. Kinetic energy accumulators (flywheels) are considered promising as one of the possible options. The calculation of the optimal shape of the cross-section of the kinetic energy accumulator, which follows from the condition of the equality of radial and circular stresses in any cross-section of the flywheel, was made. The direct connection between the energy density of the flywheel and its strength is indicated.*

**Keywords:** kinetic energy accumulator, flywheel

### Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Не тільки джерела енергії можуть бути альтернативними, але способи накопичення/зберігання енергії. Існує і використовується концепція маховикового, кінетичного акумулятора енергії, який у стаціонарному виконанні практично не має недоліків. За експлуатаційними характеристиками кінетичні акумулятори мають переваги над акумуляторними батареями.

Кінетичні акумулятори використовують уже тисячі років. Найдавніший маховик, гончарне коло. Він продовжує обертатись після розгону деякий час, отже, в ньому запасена кінетична енергія.

При інтеграції в енергосистему, кінетичний акумулятор набагато простіший і невибагливіший за будь-які акумулятори.

У Канаді вже 5 років функціонують 2 станції, що акумулюють по 5 МВт·год електроенергії. На кожній із них встановлено по 5 кінетичних акумуляторів, масою 3 тонни, що обертаються зі швидкістю близько 18000 обертів на хвилину [1].

У США збудували більш серйозні накопичувачі. У Пенсільванії, неподалік сонячних електростанцій та полів з вітрогенераторами, фірма Weason Power зібрала акумуляторну підстанцію, що працює на супермаховиках. Сумарна потужність енергії, що запасується 40 МВт·год. На об'єкті встановлені «невеликі» супермаховики вагою близько 2 тонн у кількості 200 шт. Кожен із них може запасати до 0,2 МВт·год електроенергії [1].

У України кілька фірм випускають супермаховики невеликих типорозмірів. Наприклад, цей накопичувач може зберігати близько 20 кВт·год електроенергії [1], рис.1.



Рис.1. Супермаховик невеликої ємності, 20 кВт-год

Але у конструкції супермаховика є й небезпека. Ротор обертається із швидкістю 1500-1700 об/сек! Це дозволяє зберегти колосальний запас електроенергії, але у випадку його руйнування маховик перетворюється в кінетичну бомбу. Тому маховики малої ємності повинні мати достатньо міцний корпус, а маховики масивні розміщують в вертикальних шахтах циліндричної форми.

Перспективність використання акумуляторів кінетичної енергії (маховиків) в екологічному аспекті розглядалась в [2-4]. В цих роботах було показано, що використання нових конструкційних матеріалів (волокнистих композитів) в конструкціях роторів маховиків суттєво підвищить їх питомі енергетичні характеристики, а це, в свою чергу, зробить їх використання з метою акумулювання та зберігання енергії перспективним.

Найчастіше маховичний накопичувач енергії поєднується із пристроями перетворення виду енергії - гідравлічними, пневматичними, електричними машинами, утворюючи систему накопичення енергії. Найбільшого поширення набули системи накопичення енергії з електричними оборотними машинами ( двигун - генератор ).

Оскільки радіальне та колове напруження від центра до краю маховика циліндричної форми змінюється, наприклад, радіальне напруження максимальне в центі маховика, в [4] сформульовано та вирішено задачу рівномірного розподілу напруженості в тілі маховика.

**Постановка проблеми.** В плані вдосконалення кінетичного акумулятора енергії, маховика, дослідимо шляхи збільшення густини акумульованої енергії на одиницю об'єму маховика.

Розглянемо маховик ресурсозберігаючої форми [4]. Обід маховика має форму тора круглого перерізу, рис.2.



Рис. 2. Ресурсозберігаюча форма перерізу кінетичного акумулятора, маховика.

**Вихідні дані:**  $R := 1$  - радіус диска, м;  $r_0 := 0.1$  - радіус перерізу тора (обода), м;

$h_{\min} := 0.1$  - мінімальна товщина диска, м;  $\rho := 7800$  - густина матеріалу (сталі),  $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ .

Розглянемо два випадки:

1. Маховик з сталі  $\sigma_{\max} = 140 \cdot 10^6$  - максимально допустиме напруження, Па;
2. Маховик з графена  $\sigma_{\max} = 28 \cdot 10^9$  - максимально допустиме напруження, Па;

**Результати розрахунків**

$$\text{Максимальна кутова швидкість диска } \omega_{\max} := \sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot h_{\min}}{m_0 \cdot \left(1 + \frac{r_0}{R}\right)}}, \omega_{\max} = 217.295$$

$$\text{с}^{-1}, n_{\max} = 2.075 \times 10^3 \frac{\text{об}}{\text{хв}} - \text{для сталі.}$$

$$\omega_{\max} = 5.747 \times 10^3 \text{ с}^{-1}, n_{\max} := \frac{30}{\pi} \cdot \omega_{\max} - \text{для графена.}$$

$$\text{Об'єм обода } V_{\text{об}} := 2 \cdot \pi \cdot r_0^2 \cdot (R + r_0).$$

$$\text{Об'єм маховика } V_{\text{мах}} := 2 \cdot \pi \cdot h_{\min} \cdot \int_0^R \frac{\rho \cdot \omega_{\max}^2}{2 \cdot \sigma_{\max}} \cdot (R^2 - r^2) \cdot r \, dr.$$

$$\text{Об'єм колеса, обода з диском } V_{\text{к}} := V_{\text{об}} + V_{\text{мах}}$$

$$\text{Момент інерції обода } J_{\text{об}} := \rho \cdot V_{\text{об}} \cdot (R + r_0)^2, J_{\text{об}} = 2.049 \times 10^3 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$\text{Момент інерції маховика } J_{\text{мах}} := 2 \cdot \pi \cdot h_{\min} \cdot \rho \cdot \int_0^R \frac{\rho \cdot \omega_{\max}^2}{2 \cdot \sigma_{\max}} \cdot (R^2 - r^2) \cdot r^3 \, dr,$$

$$\text{Кінетична енергія колеса } W_{\text{к}} := (J_{\text{об}} + J_{\text{мах}}) \cdot \frac{\omega_{\max}^2}{2}.$$

$$\text{Густина енергії } \frac{W_{\text{к}}}{V_{\text{к}}} = 1.101 \times 10^8 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3}, \text{ маховик з сталі.}$$

$$\text{Густина енергії } \frac{W_{\text{к}}}{V_{\text{к}}} = 2.201 \times 10^{10} \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3}, \text{ маховик з графена.}$$

**Висновок.** Запропонована форма перерізу маховика економить 48 % матеріалу, при значному зростанні густини енергії кінетичного акумулятора за рахунок зростання допустимої кутової швидкості маховика. Оскільки міцність графену у 200 разів вища за міцність сталі за даних розмірів його можна розкрутити до швидкості у 26 раз більшої як диск виготовлений зі сталі. Густина енергії маховика з графену у 200 разів більша за густину енергії сталюого маховика, тобто прямо пов'язана з міцністю матеріала.

### Література

1. Електронний ресурс <https://roadsafety.org.ua/shho-take-supermaxovik-texnologiya/>
2. Можаровський М.М. Екологічні перспективи та деякі проблеми використання акумуляторів кінетичної енергії / М.М. Можаровський // Вісник ДААУ. – 1998. – № 2. – С. 55–65.
3. Можаровський М.М. До питання акумулявання та зберігання енергії як одного з варіантів покращання екологічного стану навколишнього середовища / М.М. Можаровський // Вісник ДААУ. – 1999. – № 1–2. – С. 105–117.
4. Ігнатишин М.І. Ресурсозбереження при розрахунку кінетичних акумуляторів енергії/Ігнатишин М.І., Михайлишин М.С., Туряниця І.І./ Міжнародний науковий журнал «ОСВІТА І НАУКА». Випуск 2(33), 2022 с.27-33



# МУКАЧІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

89600, м. Мукачево, вул. Ужгородська, 26

тел./факс +380-3131-21109

Веб-сайт університету: [www.msu.edu.ua](http://www.msu.edu.ua)

E-mail: [info@msu.edu.ua](mailto:info@msu.edu.ua), [pr@mail.msu.edu.ua](mailto:pr@mail.msu.edu.ua)

Веб-сайт Інституційного репозитарію Наукової бібліотеки МДУ: <http://dspace.msu.edu.ua:8080>

Веб-сайт Наукової бібліотеки МДУ: <http://msu.edu.ua/library/>