

**Dmytro Makarenko** Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Oleksii Derkach**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Yevhen Muranov**, post graduate, **Mykola Ivashkovych**

*Dnipro State Agricultural and Economic University, Dnipro, Ukraine*

### **Influence of Lubricants on the Durability of Tribocouples**

The aim of the research is to determine the influence of motor oils on operating modes, durability of tribocouples and substantiation of expediency of use of motor oils of corresponding brands.

A study of the tribological properties of motor oils from different manufacturers. Characteristic features of friction moment change during lubrication with ZIC and Xado oils have been studied. During friction in the ZIC oil environment, significant oppositely directed changes in the moment of friction (oscillation) were recorded, which indicates an unstable friction mode. At the beginning of the experiment, a gradual increase in the friction moment when lubricating tribocouples with Xado oil was recorded. Studies of the dynamics of temperature in the friction zone depending on the lubricating medium are performed. It was found that the maximum temperature in the friction zone was when using Xado and ZIC engine oil - 90.0 °C and 84.5 °C, respectively. The value of wear intensity of steel-steel tripods depending on the engine oil of different manufacturers is determined. An analysis of micrographs of surfaces before and after the experiment was performed. It is established that the amount of damage to the surface friction as a whole without drastic changes. Unidirectional light lines are the places of direct contact between two friction bodies. After the experiment with lubrication with Xado engine oil on the friction surface of the pad recorded minor accumulations in the grooves and on their peripheries.

It was found that the moment of friction when using the selected motor oils for the selected modes of friction of the tribocouples differs slightly, 1.13 N · m and 1.15 N · m, respectively, for ZIC X5 and Xado. At the same time, it should be noted that when lubricating with Xado engine oil, a higher constancy of the friction moment was recorded, compared to working in ZIC oil environment. It is established that the dynamics of temperature rise is gradual. The intensity of linear wear when using Xado oil is 17.7% lower compared to lubrication with ZIC oil. Thus, it can be concluded that the use of Xado motor oil can increase the durability of tribocouples.

**lubricants, durability of tribocouples, engine oil, wear intensity, friction moment**

*Одержано (Received) 10.05.2022*

*Прорецензовано (Reviewed) 18.05.2022*

*Прийнято до друку (Approved) 30.05.2022*

**УДК 631.36**

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.5\(36\).2.176-185](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.5(36).2.176-185)

**Е. Б. Алієв**, проф., д-р техн. наук, ст.досл., **М. О. Лінко**, асп.

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна*

*e-mail: niklinko21@gmail.com*

**О. Ю. Алієва**, наук. співр.

*Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України, м. Запоріжжя, Україна*

*e-mail: aliev@meta.ua*

## **Симуляція процесу експандованого приготування кормів**

Процес формування експандатів в експандері з точки зору фізики процесу зводиться до пресування суміші твердої (зернові компоненти), рідкої (у вигляді вологи) і газоподібної (пар) фаз шнековим робочим органом крізь формуючу насадку під дією зовнішнього джерела тепла. З точки зору математичного описання, зазначений процес є складним і тому його можна описати комп'ютерними методами моделюванням. Проведена симуляція процесу експандованого приготування кормів в програмному пакеті Star CCM+ дає передумови для обґрунтування діапазону раціональних параметрів експандера.

**корм, експандати, моделювання, симуляція, тиск, швидкість, щільність**

© Е.Б. Алієв, М.О. Лінко, О.Ю. Алієва, 2022

**Постановка проблеми.** Експандоване приготування кормів здійснюється на відповідному високотемпературного короткочасного обладнанні сімейства HTST – експандерах, які здатні виконувати завдання приготування харчових продуктів і кормів під високим тиском. Окрім хімічних процесів, які відбуваються під час експандування (денатурації білків, амінокислот, вітамінів, крохмалю і ферментів), спостерігається зміна фізико-механічних властивостей компонентів корму і перетворення їх у експандати [1]. Так фізико-технологічні аспекти, як теплопередача, масообмін, передача імпульсу, тиск, час дії температури мають сильний вплив на властивості харчових продуктів і кормів під час експандованого приготування та можуть суттєво вплинути на якість кінцевого продукту [2].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Використання експандерів на лінії переробки кормових гранул має багато переваг, найважливішими з яких є [3]:

- покращення поживності корму (краща конверсія корму);
- більш ефективне використання сировини низької якості або навіть відходів;
- стерилізація бактеріологічно заражених матеріалів;
- кращий контроль подачі рідких добавок;
- зниження енергоспоживання пелетного преса;
- підвищення продуктивності пелетного преса;
- розширення асортименту продукції;
- можливість використання волокнистих матеріалів;
- зниження викидів пилу та втрат під час гранулювання.

Недоліком вищезгаданого рішення є подвійні витрати пари та більші витрати енергії у порівнянні із застосуванням простого гранулювання.

Застосування експандерів, як автономного пристрою може дати наступні результати [1]:

- більша модифікація крохмалистих інгредієнтів;
- знижені антихарчові фактори в продукті;
- можлива агломерація продукту;
- підвищення харчової цінності переробленої сировини.

Процес формування експандатів в експандері з точки зору фізики процесу зводиться до пресування суміші твердої (зернові компоненти), рідкої (у вигляді вологи) і газоподібної (пар) фаз шнековим робочим органом крізь формуючу насадку під дією зовнішнього джерела тепла. З точки зору математичного описання, зазначений процес є складним і тому його можна описати комп'ютерними методами моделюванням.

Найбільш відомі програмні пакети, для розрахунків за допомогою чисельних методів моделювання є AMBER, CHARMM, GROMACS, GROMOS, NAMD, Chute Maven (Hustrulid Technologies Inc.), PFC2D і PFC3D, EDEM (DEM Solutions Ltd.), GROMOS 96, ELFEN, MIMES, PASSAGE, Star CCM+ [4-5].

Аналізуючи можливості зазначених програмних пакетів для поставленої задачі симуляції формування агломератів (експандатів) в експандері було обрано Star CCM+. Star CCM+ – перший продукт, в якому реалізований спільний DEM-CFD функціонал, включено безліч опцій для моделювання мультифазної течії, з високим ступенем точності моделювати всі види теплопереносу в рідких і твердих середовищах з використанням спеціальних моделей конвекції, теплопровідності і випромінювання [6-7].

**Постановка завдання.** Метою досліджень є розробка і апробація методики симуляції процесу експандованого приготування кормів в програмному пакеті Star CCM+<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> В дослідженнях використовувалося програмне забезпечення «Simcenter STAR-CCM+ Academic Pack»,

**Виклад основного матеріалу.** Узагальнена конструктивно-технологічна схема експандера приведена на рис. 1. Основними елементами експандера є: циліндр, гвинт, горловина для подачі, формуюча насадка, нагрівач, патрубки для подачі пару. Експандер працює наступним чином. Компоненти корма подаються у горловину для подачі і потрапляють в порожнину між гвинтом і циліндром. Гвинт виконаний із змінним кроком і діаметром спіралі. В процесі руху компоненти корма ущільнюються, обробляються паром через відповідні патрубки і нагріваються з використанням нагрівача. Після ущільнення корм проходить крізь отвори формуючої насадки утворюючи відповідні агломерати – експандати. Коли експандати виходять з формуючої насадки, вони розширюються в результаті швидкого випаровування води, через різке падіння тиску. Час перебування всередині експандера становить 5–10 с при температурі 130–170 °С, при виході з матриці температура швидко зменшується до 90 °С. Після завершення цього процесу суміш поміщають в горизонтальну сушарку-охолоджувач на 10 хв, протягом яких температуру знижують до 20–24 °С відповідно до температури навколишнього середовища.

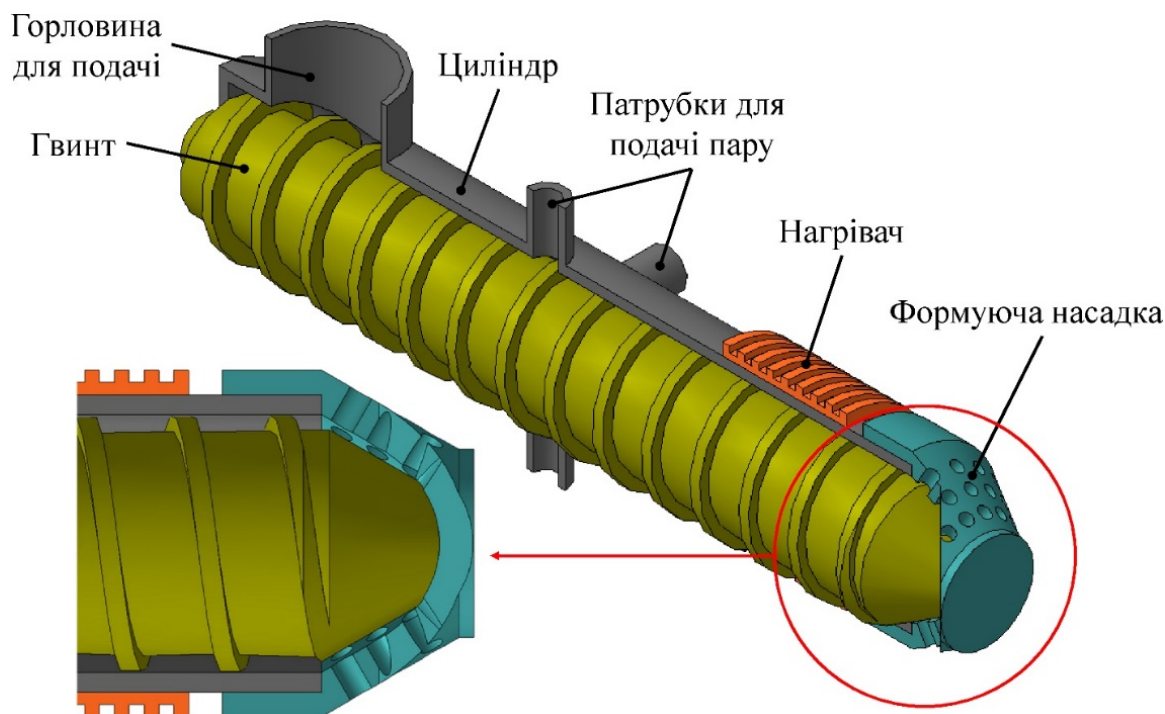


Рисунок 1 – Узагальнена конструктивно-технологічна схема експандера

Джерело: розроблено авторами

Для проведення моделювання була побудована сітка 3D моделі експандера з використанням генератора поверхневої сітки, багатограних комірок і екструдера комірок. Геометричні розміри і згенерована сітка із базовим розміром комірки 0,005 м приведено на рис. 2. Геометричні розміри елементів експандера обрані з праведного аналізу існуючих конструкції [8-9] з урахування їх мінімізації для відтворення малогабаритного лабораторного обладнання.

Моделювання проводилися із застосуванням градієнтів у тривимірному просторі, моделі руху розділеної течії багатофазної ейлерової суміші (ММР) з використанням допустимої двошарової k-ε-моделі турбулентності і багатофазного рівняння стану.

---

власником ліцензії якої є Дніпровський державний аграрно-економічний університет.

Симуляція є нестационарною неявною. Теплопровідні процеси підпорядковувалися моделі розділеної багатозафазної температури. Моделювання проводилося в полі сили тяжіння. Вектор сили тяжіння є наступним –  $(0; 0; -9,81) \text{ м/с}^2$ .

Компоненти корма були прийняті у трьох фазах: тверде (суцільне), рідина (вологість), газ (пар). Тверда фаза була представлена вкрапленням твердих (суцільних частинок) з наступними фізичними властивостями: щільність –  $800 \text{ кг/м}^3$ ; коефіцієнт теплопровідності –  $0,285 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ ; коефіцієнт питомої теплоємності –  $2404,6 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$ . Рідка фаза мала фізичні властивості води, а саме: динамічна в'язкість –  $8,88 \cdot 10^{-4} \text{ Па}\cdot\text{с}$ ; щільність –  $997 \text{ кг/м}^3$ ; коефіцієнт теплопровідності –  $0,620 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ ; коефіцієнт питомої теплоємності –  $4181,7 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$ . Газоподібна фаза мала фізичні властивості пари, а саме: динамічна в'язкість –  $1,267 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$ ; коефіцієнт теплопровідності –  $0,025 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ ; коефіцієнт питомої теплоємності –  $1938,2 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$ . Співвідношення об'ємних часток були прийняті постійними: тверда фаза –  $0,5$ , рідка фаза –  $0,45$ , газоподібна фаза –  $0,05$ . Початкова температура компонентів кормів –  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ . Абсолютний тиск навколишнього середовища –  $101,325 \text{ кПа}$ . Фазова взаємодія реалізована на основі моделі MMR-MMR.

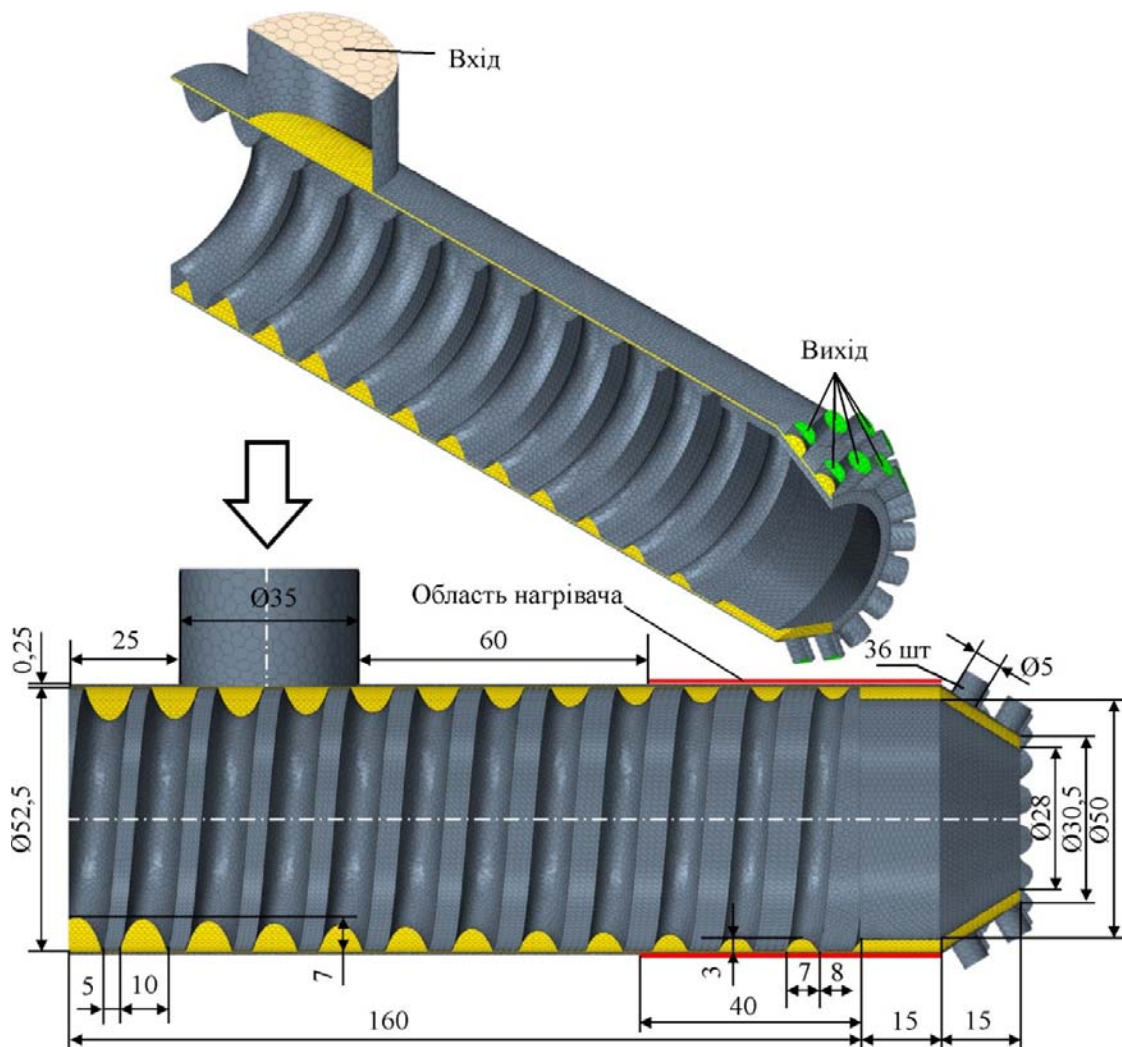


Рисунок 2 – Сітка 3D моделі експандера в Star CCM+

Джерело: розроблено авторами

Граничні параметри обрані наступні. Верхня площина горловини (вхід) для подачі представлена моделлю масового потоку суміші, яка поступає до гвинта самопливом під дією сили тяжіння. Отвори формуючої насадки (вихід) представлені вільним потоком суміші, фізичні параметри якого формуються як результат моделювання. Область нагрівача має постійну температуру 200 °С.

Гвинт обертається навколо власною осі з постійною частотою – 60 об/хв.

Вирішувач в Star CCM+ обрано нестационарний неявний із кроком за часом – 0,01 с. Дискретизація за часом першого порядку. Максимальне число ітерацій за одиницю часу – 10, що забезпечують необхідну збіжність результату. Час симуляції – 60 с.

В результаті проведеної симуляції роботи експандера отримано розподіл тиску (відносно атмосферного) в порожнині між гвинтом і циліндром (рис. 3). З рис. 3 наочно видно, що тиск збільшується по осі гвинта в напрямку переміщення багатофазної суміші. Збільшення тиску пояснюється зменшенням об'єму порожнини вздовж осі гвинта. На виході з отворів формуючої насадки значення тиску складає  $3,82 \pm 0,06$  МПа.

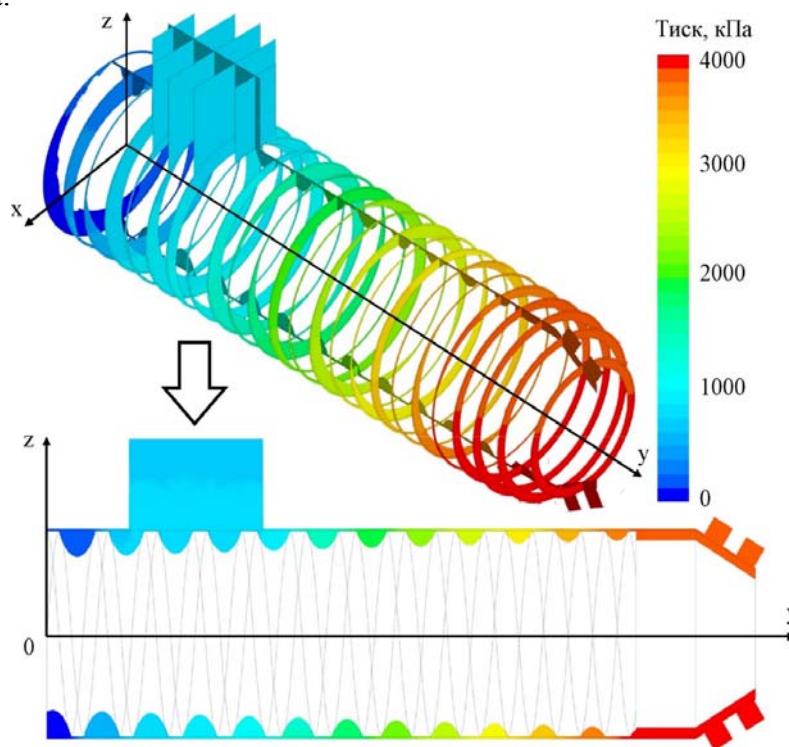


Рисунок 3 – Розподіл тиску (відносно атмосферного) в порожнині між гвинтом і циліндром експандера  
Джерело: розроблено авторами

В результаті проведеної симуляції роботи експандера отримано розподіл щільності суміші фаз в порожнині між гвинтом і циліндром (рис. 4). Ущільнення багатофазної суміші пропорційне збільшенню тиску в порожнині між гвинтом і циліндром експандера. Так на виході з отворів формуючої насадки значення щільності суміші є найбільшою і складає  $892 \pm 5$  кг/м<sup>3</sup>.

В результаті проведеної симуляції роботи експандера отримано векторне поле (рис. 5) і лінії потоку багатофазної суміші в порожнині між гвинтом і циліндром (рис. 6). Дані візуалізації наочно показують рух багатофазної суміші під дією обертання гвинта. Найбільша швидкість складає  $0,157 \pm 0,005$  м/с, середня швидкість –  $0,113 \pm 0,005$  м/с. З рис. 6 видно, що швидкість виходу сформованих експандатів



зменшується до  $0,021 \pm 0,003$  м/с. Враховуючи загальну площу отворів ( $36 \text{ шт.} \cdot 3,14 \cdot (0,005 \text{ м}/2)^2 = 0,0007065 \text{ м}^2$ ) отримуємо теоретичну об'ємну продуктивність  $0,021 \text{ м/с} \cdot 0,0007065 \text{ м}^2 = 0,0007065 \text{ м}^3/\text{с} = 0,0534114 \text{ м}^3/\text{год}$ , або в перерахунку на теоретичну масову продуктивність (враховуючи щільність згідно рис. 4)  $892 \text{ кг/м}^3 \cdot 0,0534114 \text{ м}^3/\text{год} = 47,64 \text{ кг/год}$ .

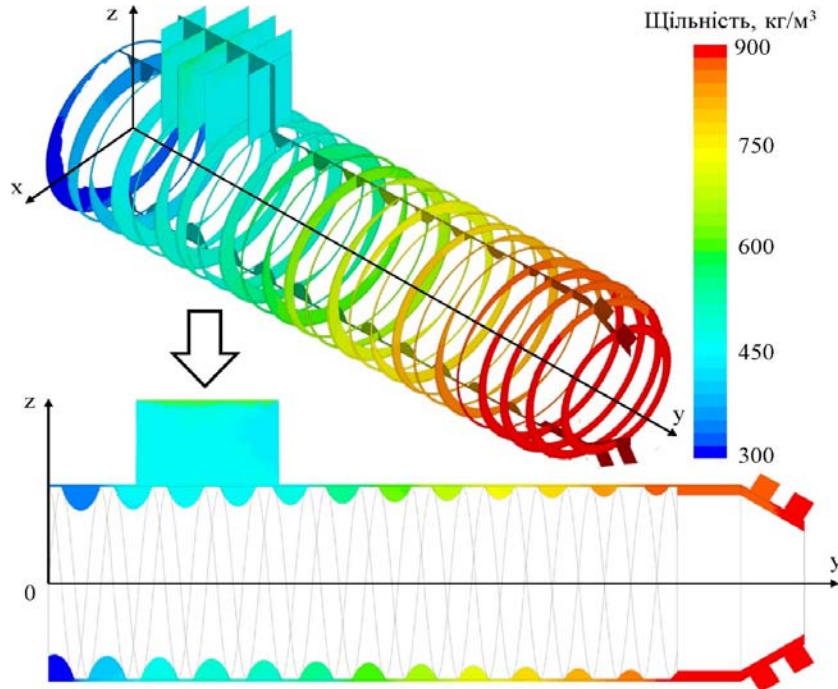


Рисунок 4 – Розподіл щільності суміші фаз в порожнині між гвинтом і циліндром експандера  
Джерело: розроблено авторами

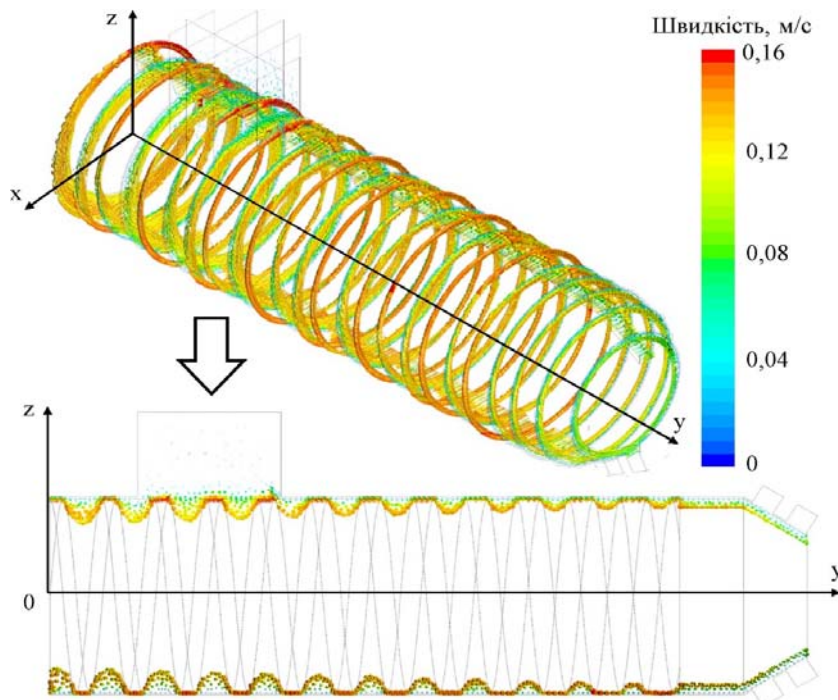


Рисунок 4 – Векторне поле суміші фаз в порожнині між гвинтом і циліндром експандера  
Джерело: розроблено авторами

Рис. 6 демонструє лінії потоку багатофазної суміші. Турбулентний потік створюється за рахунок обертання гвинта навколо власної осі. Поступове ущільнення багатофазної суміші призводить до зменшення швидкості переміщення через збільшення сил опору і в'язкого тертя.

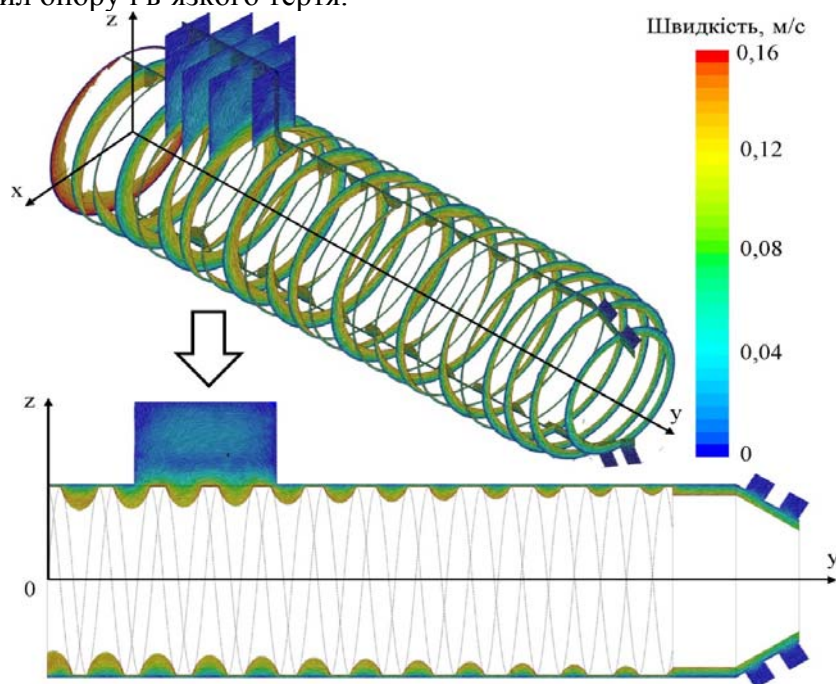


Рисунок 6 – Лінії потоку суміші фаз в порожнині між гвинтом і циліндром експандера  
Джерело: розроблено авторами

В результаті проведеної симуляції роботи експандера отримано розподіл температури суміші фаз в порожнині між гвинтом і циліндром (рис. 7).

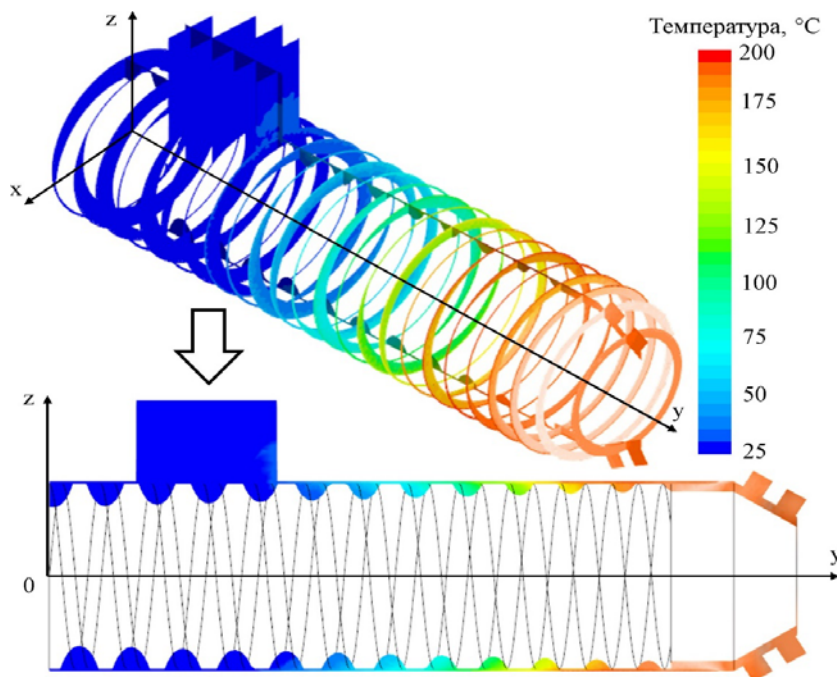


Рисунок 6 – Розподіл температури суміші фаз в порожнині між гвинтом і циліндром експандера  
Джерело: розроблено авторами

Температурне поле багатофазної суміші виникає внаслідок тертя суміші о стінки циліндри і його стискання. Окрім цього в зоні нагрівача спостерігається значне підвищення температури в наслідок явища теплопровідності. Середня температура багатофазної суміші складає  $154 \pm 5$  °С. Температура сформованих експандатів на виході складає  $146 \pm 4$  °С.

**Висновки.** Проведена симуляція процесу експандованого приготування кормів в програмному пакеті Star CCM+ дає передумови для обґрунтування діапазону раціональних параметрів експандера. Симуляція роботи експандера дає змогу визначати в якості критеріїв досліджень: тиск в порожнині між гвинтом і циліндром експандера, щільність отриманих експандатів, продуктивність експандера, температурне скалярне поле і векторне поле швидкостей багатофазної суміші. В якості факторів досліджень слід обрати: співвідношення фаз багатофазної суміші, частоту обертання гвинта, температуру нагрівача, діаметр, довжину і крок гвинта.

## Список літератури

1. Huimin, Li The effect of expanded and extruded process on pellets physical properties and in sacco rumen degradability: Master's Thesis. Department of Animal and Aquacultural Sciences Faculty of Biosciences, 2021. 40 p.
2. Guy, R (2001). Extrusion Cooking. Technologies and Applications. CRC Press Inc. Boca Ration. FL. 2001. 206 p.
3. Moscicki, L., Mitrus, M., Wojtowicz, A. Technika ekstruzjiw przetworstwie rolno-spo zywczym (in Polish). PWRiL. Warszawa, 2007. 222 p.
4. Aliev, E. B., Bandura, V. M., Pryshliak, V. M., Yaropud, V. M., Trukhanska, O. O. Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural industry. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2018. Vol. 54, Nr. 1. P. 95-104.
5. Алієв Е. Б., Лабатюк Ю. М. Чисельне моделювання механіко-технологічних процесів агропромислового виробництва. Сучасні проблеми вдосконалення технічних систем і технологій у тваринництві: *Вісник Харківського Національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2017. Вип. 180. С. 67-71.
6. Алієв Е. Б., Пацула О. М., Гриценко В. Т. Технологія комплексної безвідхідної переробки макухи з насіння олійних культур з одержанням високоякісних повноцінних протеїнових добавок у вигляді пелет та твердого біопалива: Науково-методичні рекомендації. Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України. Електронний аналог друкованого видання (електронна книга). Запоріжжя: СТАТУС, 2017.
7. Алієв Е. Б. Фізико-математичні моделі процесів прецизійної сепарації насіннєвого матеріалу соняшнику: монографія. Запоріжжя: СТАТУС, 2019. 196 с.
8. Moscicki L. Effect of screw configuration on quality and SME value of corn extrudate. *Teka Commission of Motorization Power Industry in Agriculture*. 2003. Vol. III. P. 182–186.
9. Сапа В. Ю. Совершенствование конструктивно-режимных параметров экспандера. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Специальность: 05.20.01 - Технологии и средства механизации сельского хозяйства. ФГОУ ВПО «Оренбургский государственный аграрный университет», 2009. 161 с.



## Referencis

1. Huimin, Li (2021). The effect of expanded and extruded process on pellets physical properties and in sacco rumen degradability: Master's Thesis. Department of Animal and Aquacultural Sciences Faculty of Biosciences. 40 p. [in English].
2. Guy, R (2001). *Extrusion Cooking. Technologies and Applications*. CRC Press Inc. Boca Ration. FL. 2001. 206 p. [in English].
3. Moscicki, L., Mitrus, M., Wojtowicz, A. (2007). Technika ekstruzjiw przetworstwie rolno-spo zywczym (in Polish). PWRiL. Warszawa. 222 p. [in English].
4. Aliiev, E. B., Bandura, V. M., Pryshliak, V. M., Yaropud, V. M., Trukhanska, O. O. (2018). Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural industry. *INMATEH – Agricultural Engineering. Vol. 54, Nr. 1*. P. 95-104. [in English].
5. Aliiev, E.B., Labatyuk, Yu. M. (2017). *Chysel'ne modelyuvannya mekhaniko-tekhnologichnykh protsesiv ahropromyslovoho vyrobnytstva [Numerical modeling of mechanical and technological processes of agro-industrial production]*. Modern problems of improving technical systems and technologies in animal husbandry: Bulletin of Kharkiv National Technical University of Agriculture named after Petro Vasylenko. Kharkiv, 2017. Issue. 180. pp. 67-71. [in Ukrainian].
6. Aliiev, E. B., Patsula, O. M., Gritsenko, V.T. (2017). *Tekhnolohiya kompleksnoyi bezvidkhidnoyi pererobky makukhy z nasinnya oliynykh kul'tur z oderzhannyam vysokoyakisnykh povnotsinnnykh proteyinovykh dobavok u vyhlyadi pelet ta tverdoho biopalyva: Naukovo-metodychni rekomendatsiyi. [Technology of complex waste-free processing of cake from oilseeds with obtaining high-quality full-fledged protein supplements in the form of pellets and solid biofuels: Scientific and methodological recommendations]*. Institute of Oilseeds of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. Electronic analogue of the printed edition (e-book). Zaporozhye: STATUS. [in Ukrainian].
7. Aliiev, E.B. (2019). *Fizyko-matematychni modeli protsesiv pretsyziynoyi separatsiyi nasinnyevoho materialu sonyashnyku: monohrafiya [Physico-mathematical models of processes of precision separation of sunflower seed material: monograph]*. Zaporozhye: STATUS. [in Ukrainian].
8. Moscicki, L. (2003). Effect of screw configuration on quality and SME value of corn extrudate. *Teka Commission of Motorization Power Industry in Agriculture. Vol. III. P. 182–186* [in English].
9. Sapa, V. Y. (2009). *Sovershenstvovaniye konstruktivno-rezhimnykh parametrov ekspandera [Improving the design and regime parameters of the expander]*. Candidate's thesis. FGOU VPO "Orenburg State Agrarian University" [in Russian].

**Elchyn Aliiev**, Prof., DSc. Senior Researcher, **Mykolay Linko**, post-graduate

*Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine*

**Olga Aliieva**, Researcher

*Institute of Oilseeds of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Zaporizhia, Ukraine*

### **Simulation of the Process of Expanded Feed Preparation**

Expanded feed preparation is carried out on the appropriate high-temperature short-term equipment of the HTST family - expanders, which are able to perform the task of cooking food and feed under high pressure. In addition to the chemical processes that occur during expansion (denaturation of proteins, amino acids, vitamins, starch and enzymes), there is a change in the physical and mechanical properties of feed components and their transformation into expands.

From the point of view of process physics, the process of expander formation in the expander is reduced to pressing a mixture of solid (grain components), liquid (in the form of moisture) and gaseous (vapor) phases by a screw working body through a forming nozzle under the action of an external heat source. From the point of view of mathematical description, this process is complex and therefore can be described by computer simulation. Analyzing the capabilities of these software packages for the task of simulating the formation of agglomerates (expanders) in the expander was chosen Star CCM +.

The simulation of the process of expanded feed preparation in the software package Star CCM + provides the prerequisites for justifying the range of rational parameters of the expander. The simulation of the expander operation allows to determine as research criteria: the pressure in the cavity between the screw and the cylinder of the expander, the density of the obtained expands, the performance of the expander, the temperature scalar field and the velocity field vector of the multiphase mixture. As research factors should be chosen: the

phase ratio of the multiphase mixture, the speed of rotation of the screw, the temperature of the heater, diameter, length and pitch of the screw.

**feed, expands, modeling, simulation, pressure, speed, density**

*Одержано (Received) 10.05.2022*

*Прорецензовано (Reviewed) 18.05.2022*

*Прийнято до друку (Approved) 30.05.2022*

ISSN 2664-262X

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Центральноукраїнський національний технічний університет

**ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВИЙ ВІСНИК.  
ТЕХНІЧНІ НАУКИ**

Збірник наукових праць  
За загальною редакцією М.І. Черновола  
Заснований у 1997 році

**В и п у с к 5(36)  
Частина II**

Кропивницький • 2022

---

ISSN 2664-262X

Ministry of Education and Science of Ukraine  
Central Ukrainian National Technical University

**CENTRAL UKRAINIAN SCIENTIFIC BULLETIN.  
TECHNICAL SCIENCES**

**Collected Works**  
Under the general editorship of M. Chernovol  
Founded in 1997

**Issue 5(36)  
Part II**

Kropyvnytskyi • 2022

У науковому віснику представлені статті, присвячені проблемам проектування, експлуатації та ремонту сільськогосподарської техніки і транспортних засобів, технології виробництва, транспортних технологій та логістики, будівництва, матеріалознавства, ІТ-технологій, роботизації, автоматизації в промисловості та сільському господарстві. Наведені практичні рекомендації до використання результатів досліджень у галузях народного господарства.

Науковий вісник є фаховим виданням, в якому публікуються основні результати наукових досліджень професорсько-викладацького складу, аспірантів, докторантів університету, а також науковців інших навчальних закладів, науково-дослідних інститутів НАНУ та промислових підприємств України.

Збірник розрахований на наукових, науково-технічних працівників різних галузей науки та техніки, ЗВО, здобувачів вчених ступенів і звань.

Рекомендовано до друку Вченою радою Центральноукраїнського національного технічного університету, протокол від 30 травня 2022 року № 9.

Головний редактор: д-р техн. наук, проф. Черновол М.І.

Редакційна колегія: Аулін В.В., д-р техн. наук, проф., (заступник головного редактора за галузями: 13 «Механічна інженерія», 19 «Архітектура та будівництво», 20 «Аграрні науки та продовольство», 27 «Транспорт»); Кузик О.В., канд. техн. наук, доц. (відповідальний секретар за галузями: 13 «Механічна інженерія», 19 «Архітектура та будівництво», 20 «Аграрні науки та продовольство», 27 «Транспорт»); Осадчий С.І., д-р техн. наук, проф. (заступник головного редактора за галузями: 12 «Інформаційні технології», 15 «Автоматизація та приладобудування»); Березюк І.А., канд. техн. наук, доц. (відповідальний секретар за галузями: 12 «Інформаційні технології», 15 «Автоматизація та приладобудування»); Боков В.М., канд. техн. наук, доц.; Варума Аріфа, Dg PhD (Niger); Васильковський О.М., канд. техн. наук, проф.; Віхрова Л.Г., канд. техн. наук, проф.; Гамалій В.Ф., д-р ф.-м. наук, проф.; Галкін А.С., д-р техн. наук, проф.; Гасенко А.В., канд. техн. наук, доц.; Голуб Д.В., канд. техн. наук, доц.; Гриньків А.В., канд. техн. наук, ст. наук. співр.; Дарієнко В.В., канд. техн. наук, доц.; Зоценко М.Л., д-р техн. наук, проф.; Івашук В.В., д-р техн. наук, доц.; Карпушин С.О., канд. техн. наук, доц.; Кириченко А.М., д-р техн. наук, проф.; Клименко В.В., д-р техн. наук, проф.; Коваленко О.В., д-р техн. наук, доц.; Кондратець В.О., д-р техн. наук, проф.; Лисенко С.В., канд. техн. наук, доц.; Матейчик В.П., д-р техн. наук, проф.; Мацуї А.М. канд. техн. наук, доц.; Мелешко Є.В., д-р техн. наук, проф.; Немировський Я.Б., д-р техн. наук; Павленко І.І., д-р техн. наук, проф.; Пашинський В.А. д-р техн. наук, проф.; Пашинський М.В., канд. техн. наук; Россолов О.В., д-р техн. наук, доц.; Сало В. М., д-р техн. наук, проф.; Смірнов О.А., д-р техн. наук, проф.; Смірнов С.А., канд. техн. наук; Солових Є.К., д-р техн. наук, проф.; Сторчак М.Г., д-р техн. наук, ст. наук. співр. (Німеччина); Тарандушка Л.А., д-р техн. наук, доц.; Філімоніхін Г.Б., д-р техн. наук, проф.; Шепеленко І.В., д-р техн. наук, доц.; Яцун В.В., канд. техн. наук, доц.

Адреса редакційної колегії: 25030, м. Кропивницький, проспект Університетський, 8,  
Центральноукраїнський національний технічний університет, тел.: +380 (522)  
390-472, +380 (522) 390-437, +380 (522) 55-10-49.

Офіційний сайт: <http://mapiea.kntu.kr.ua/>

Автори опублікованих матеріалів несуть відповідальність за підбір і точність наведених фактів, цитат, економіко-статистичних даних, власних імен та інших відомостей, а також за те, що матеріали не містять даних, які не підлягають відкритій публікації. Редакція може публікувати статті в порядку обговорення, не поділяючи точки зору автора.

Науковий вісник заснований у 1997 році.

Включений до Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватись результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (доктора філософії) в галузі технічних наук (постанови Президії ВАК України від 9 червня 1999 року №1-05/7, від 14 жовтня 2009 року № 1-05/4; накази Міністерства освіти і науки України від 29 грудня 2014 року № 1528, від 07 листопада 2018 року № 1218, від 02 липня 2020 року № 886, від 24 вересня 2020 року № 1188).

Науковий вісник зберігається в загальнодержавній реферативній базі даних «Україніка наукова» Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського та представлений у міжнародних наукометричних базах даних *Index Copernicus*, *CrossRef*, *Open Ukrainian Citation Index*, *WorldCat*, *ResearchBib*, *Google Scholar*

Реєстраційне свідоцтво: серія КВ № 23513-13353 ПР від 13.07.2018 р.

ISSN 2664-262X (p), 2707-9449 (o)

DOI: 10.32515/2664-262X

## ЗМІСТ

**Комп'ютерні науки**

*Oleksandr Dorenskyi, Olena Drobko, Oleksandr Drieiev*  
Improved Model and Software of the Digital Information Service of the Municipal Health Care Institutions ..... 3-10

*К.М. Марченко, О.В. Оршиака, А.К. Марченко*  
Проблеми інформаційної гігієни в ІТ-сфері ..... 11-16

*К.В. Крячко, В.В. Кулешов, А.М. Шрамко*  
Раціоналізація роботи перевантажувальних кранів на контейнерних терміналах вантажних станцій ..... 17-21

**Прикладна механіка**

*О.О. Кропивний, А.І. Гречка, А.М. Кириченко, К.К. Щербина*  
Кінематичні залежності двокоординатного механізму паралельної структури з поворотним кріпленням шарнірів штанг змінної довжини ..... 22-30

*К.К. Щербина, М.М. Підгаєцький, В.А. Мажара, А.І. Гречка, Т.В. Дяченко*  
Експериментальне дослідження деформації пружно-гвинтового хона ..... 31-38

*С.В. Конончук, О.В. Скрипник, В.В. Свяцький, В.В. Пукалов*  
Підвищення продуктивності процесу лиття шляхом регулювання теплового режиму кокіля на основі комп'ютерного дослідження потоку повітря в каналах стержня ..... 39-50

**Матеріалознавство**

*В.М. Ломакін, В.М. Кропивний, В.В. Пукалов, А.В. Кропивна, Л.А. Молокост*  
Дослідження та порівняльний аналіз зносостійкості литих мелючих тіл з хромистих чавунів ..... 51-57

*М.М. Студент, І.М. Погрелюк, С.І. Маркович, В.М. Гвоздецький, Х.Р. Задорожна, В.І. Топчій*  
Підвищення абразивної зносостійкості алюмінієвих ливарних сплавів Al-Si АК-9 та АК-12 плазмо-електролітною обробкою ..... 58-63

**Галузеве машинобудування**

*А.Ю. Лисих, В.В. Нестеренко*  
Аналіз теоретичних передумов розробки обладнання з одержання однотипної сировини для виробництва текстильних матеріалів ..... 64-72

*А. В. Новицький*  
Моніторинг технічного стану ЗПРК за керівними матеріалами на їх експлуатацію ..... 73-85

*Ю.В. Кулешков, М.В. Красота, Т.В. Руденко, Р.А. Осін, Ю.Б. Євсейчик*  
Визначення раціонального радіального зазору в шестеренному насосі гідросистем автотракторної техніки ..... 86-96



**Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології***А.П. Стахова, С.Л. Макаровський*

Розробка алгоритмів та програмного забезпечення систем вимірювання та аналізу вібрації..... 97-102

*С.І. Осадчий, Л.Г. Віхрова, В.М. Каліч, М.С. Мірошніченко*

Інформаційна технологія проектування системи автоматичної стабілізації потоку хлібної маси на вході до молотарки зернозбирального комбайну ..... 103-109

*А. Ю. Орлович*

Оптимізація теплових режимів в кондитерських електропечах харчового виробництва ..... 110-114

*О. П. Голик*

Інструменти та методи розробки стартапів в інженерних кластерах ..... 115-121

*В.П. Квасніков, М.О. Катаєва*

Метод корекції вихідного сигналу скануючого зондового мікроскопу для дослідження нанооб'єктів ..... 121-129

*В.В. Міхав, Є.В. Мелешко, М.С. Якименко, Я.П. Шуліка*

Розробка системи управління базою даних рекомендаційної системи для комп'ютерних та комп'ютерно-інтегрованих систем..... 130-136

**Будівництво та цивільна інженерія***В.А. Пашинський, М.В. Пашинський, С.О Джирма*

Імовірнісний аналіз теплової надійності вузлів цегляних стін житлових будівель ..... 137-145

*М.В. Пашинський, В.А. Настоящий, В.А. Пашинський*

Несуча здатність сонячних панелей, встановлених на похилих дахах будівель на території України..... 146-153

*О.В. Семко, А.В. Гасенко, О.Г. Фенко, В.В. Дарієнко*

Рациональне використання несучої здатності сталевих профільованих листів незнімної опалубки сталезалізобетонних перекриттів ..... 153-161

**Агроінженерія***А.С. Лімонт, З.А. Лімонт*

Вантажопідйомність і масово-розмірні параметри кузовних машин для внесення твердих органічних добрив..... 162-169

*Д.О. Макаренко, О.Д. Деркач, Є.С. Муранов, М.М. Івашкович*

Вплив мастильних матеріалів на довговічність трибоспряжень ..... 170-176

*Е. Б. Алієв, М. О. Лінко, О. Ю. Алієва*

Симуляція процесу експандованого приготування кормів..... 176-185

**Автомобільний транспорт**

*Ів.Б. Гевко, Р.М. Рогатинський, О.Л. Ляшук, М.Г. Левкович, В.О. Тесля*  
Структурний синтез кузова напівпричепа вантажного автомобіля  
з техніко-економічним обґрунтуванням ..... 186-194

*Л.А. Тарандушка, А.В. Йовченко*  
Параметричне проектування 3D-моделі кривошипно-шатунного  
механізму автомобіля з використанням САПР Solidworks ..... 195-201

*Р.І. Розум, М.В. Буряк, П.Б. Прогній, Н.М. Фалович, О.С. Шевчук,  
П.В. Попович, О.П. Захарчук*  
Експлуатаційна надійність і роботоздатність вантажного автомобільного  
рухомого складу ..... 201-205

*І.А. Шльончак, О.Ю. Лук'янченко, В.Б. Харенко*  
Дослідження фактору швидкості та методик визначення швидкості  
при проведенні автотехнічної експертизи 206-212

*С.В. Лисенко*  
Вплив трибологічної ефективності функціонування ресурсовизначальних  
спряжень деталей трансмісії на експлуатаційну надійність транспортних  
машин ..... 213-224

*А.В. Гриньків*  
Можливості логістичних моделей вибору комплексу технічних впливів  
на забезпечення працездатності транспортних машин ..... 225-239

**Транспортні технології**

*Ю.В. Дзядикевич, Н.М. Фалович, П.В. Попович, О.С. Шевчук, Л.Н. Чорній*  
Зарубіжна практика регулювання автомобільних перевезень ..... 240-245

*В.М. Никончук*  
Дослідження системи транспортного обслуговування пасажирів  
за показниками якості ..... 246-253

*Л.А. Тарандушка, І.А. Шльончак, І.П. Тарандушка*  
Оцінка якості обслуговування пасажирів міським транспортом загального  
користування в м. Черкаси ..... 253-261

*Л.А. Тарандушка, Н.Л. Костьян, І.П. Тарандушка, Ф. Яценко,  
М. Буханистий*  
Визначення оптимальної кількості транспортних засобів для функціонування  
каршерінгу в місті Києв в рамках вдосконалення транспортної системи  
міста ..... 262-273

*Н.М. Фалович, В.А. Фалович, О.С. Шевчук, П.В. Попович, П.Б. Прогній,  
В.В. Мельниченко*  
Логістична інфраструктура Тернопільської області ..... 274-283

<i>О.В. Чорна, П.Б. Прогній, П.В. Попович, О.С. Шевчук, Н.М. Фалович, М.В. Буряк</i> Забезпечення якості роботи підприємств автомобільної інфраструктури з позиції ергономіки.....	284-291
<i>І.В. Берестов, О.С. Пестременко-Скрипка, Г.І. Шелехань, Т.Т. Берестова</i> Цифровізація процесів митного контролю та митного оформлення вантажів на залізничному транспорті .....	291-298
<i>І.В. Берестов, А.В. Колісник, О.В. Щєбликіна</i> Удосконалення процесу надходження вантажних поїздів до прикордонної станції в умовах військового стану .....	298-306
<i>І.А. Шльончак, О.Ю. Лук'янченко, І.П. Тарандушка</i> Аналіз транспортних потоків та прогнозування інтенсивності руху різних видів транспорту на прикладі вулично-дорожньої мережі м. Черкаси .....	307-312
<i>В.В. Аулін</i> Тектологічний підхід формування логістичних систем на транспортних і виробничих підприємствах .....	313-324
<i>Д.В. Голуб</i> Теоретична модель транспортної системи як сукупності взаємодіючих і взаємоперетворюючих елементів та підсистем.....	324-334
<b>Комп'ютерна інженерія</b>	
<i>О. М. Дреєв, О. П. Доренський, Г. М. Дреєва</i> Нейромережевий метод виявлення текстурних аномалій у цифровому зображенні.....	335-346

## CONTENT

### Computer Science

- Oleksandr Dorenskyi, Olena Drobko, Oleksandr Drieiev*  
Improved Model and Software of the Digital Information Service of the Municipal Health Care Institutions..... 3
- Konstantyn Marchenko, Oleh Oryshaka, Anzhelyka Marchenko*  
Problems of Information Hygiene in the IT Sphere..... 11
- Kateryna Kryachko, Valerii Kuleshov, A. Shramko*  
Rationalization of Reloading Cranes at Container Terminals of Freight Stations..... 17

### Applied Mechanics

- Oleksandr Kropivny, Andrii Hrechka, Andrii Kyrychenko, Kyryl Shcherbyna*  
Kinematic Dependencies of Two-axis Parallel Manipulator With Rotary Fastening of Hinges of Variable Length Links..... 22
- Kyryl Shcherbyna, Mykhailo Pidhaietskyii, Andrii Hrechka, Tetiyna Dyachenko*  
Experimental Study of Deformation of Helix Honing Tool ..... 31
- Serhii Kononchuk, Oleksandr Skrypnyk, Volodymyr Sviatskyi, Viktor Pukalov*  
Improving the Productivity of the Casting Process by Regulating the Thermal Regime of the Chill Mold on a Basis of Computer Investigation of the Air Flow in the Channels of the Casting Core..... 39

### Materials Science

- Viktor Lomakin, Volodymyr Kropivnyi, Viktor Pukalov, Olena Kropivna, Lyudmyla Molokost*  
Research and Comparative Analysis of Wear Resistance of Cast Grinding Media From Chromium Cast Irons..... 51
- Mykhajlo Student, Iryna Pogrelyuk, Sergiy Markovych, Volodymyr Hvozdetskii, Khrystyna Zadopozna, Vladyslav Topchiiy*  
Increasing the Abrasion Resistance of Aluminum Foundry Alloys AL-SI AK9 and AK12 Plasma-electrolytic Treatment..... 58

### Industrial Engineering

- Alla Lisikh, Victoria Nestrenko*  
Analysis of Theoretical Preconditions for the Development of Equipment for Obtaining the Same Type of Raw Materials for the Production of Textile Materials..... 64
- Andrey Novitskiy*  
Monitoring of the Technical Condition of MPDF on Guidelines for their Operation ..... 73
- Yuriy Kuleshkov, Mykhailo Krasota, Timofey Rudenko, Ruslan Osin, Yuriy Evseichik*  
Measuring Rational Radial Clearance in Gear Pump Hydraulic Systems of Auto and Tractor Machinery..... 86

### Automation and Computer Integrated Technologies

*Anzhelika Stakhova, Serhii Makarovskiy*

Development of Algorithms and Software for Vibration Measurement and Analysis Systems..... 97

*Sergiy Osadchiy, Larysa Vskhrova, Viktor Kalich, Mariia Miroshnichenko*

Information Technology of Designing the System of Automatic Stabilization of the Flow of Bread Mass at the Entrance to the Thresher of the Combine ..... 103

*Anatoliy Orlovich*

Optimization of the Thermal Regime in Confectionery Electric Ovens for Food Production ..... 110

*Olena Holyk*

Tools and Methods for Developing Startups in Engineering Clusters..... 115

*Volodymyr Kvasnikov, Mariia Kataeva*

A Method of Correcting the Output Signal of a Scanning Probe Microscope for the Study of Nanoobjects ..... 121

*Volodymyr Mikhav, Yelyzaveta Meleshko, Mykola Yakymenko, Yaroslav Shulika*

Development of a Database Management System of Recommendation Systems for Computer Networks and Computer-integrated Systems ..... 130

### Construction and Civil Engineering

*Victor Pashynskiy, Mykola Pashynskiy, Stanislav Dzhyrma*

Probabilistic Analysis of Thermal Reliability of Brick Wall Units of Residential Buildings ..... 137

*Mykola Pashynskiy, Vladyslav Nastoyashchiy, Viktor Pashynskiy*

Load-bearing Capacity of Solar Panels Installed on the Hip Roofs in Ukraine..... 146

*Alexander Semko, Anton Hasenko, Fenko Oleksiy, Viktor Dariienko*

Profiled Steel Sheets of Steel-reinforced Concrete Floors Fixed Formwork Load-bearing Capacity Rational Use ..... 153

### Agricultural Engineering

*Anatoliy Limont, Zlata Limont*

The Load-carrying Capacity and Mass and Mass and Dimensional Parameters of Body Machines for Applying Solid Organic Fertilizers ..... 162

*Dmytro Makarenko, Oleksii Derkach, Yevhen Muranov, Mykola Ivashkovych*

Influence of Lubricants on the Durability of Tribocouples..... 170

*Elchyn Aliiev, Mykolay Linko, Olga Aliieva*

Simulation of the Process of Expanded Feed Preparation ..... 176



### Road Transport

<i>Ivan Hevko, Roman Rohatynsky, Oleg Lyashuk, Mykhailo Levkovich, Volodymyr Teslia</i>	
Structural Synthesis of Brake Systems with Technical and Economic Rationale .....	186
<i>Lyudmyla Tarandushka, Alla Yovchenko</i>	
Parametric Design of 3D Models of Crank Mechanism of a Car With CAD Solidworks .....	195
<i>Ruslan Rozum, Mykola Buryak, Pavlo Prohni, Natalia Falovych, Oksana Shevchuk, Pavlo Popovich, Olena Zakharchuk</i>	
Improving the Efficiency of Technical Operation of Trucks .....	201
<i>Ihor Shlionchak, Oleksandr Lukianchenko, Valerii Harenko</i>	
Research of Speed Factor and Methods of Speed Determination During Auto Technical Examination.....	206
<i>Serhii Lysenko</i>	
The Influence of the Tribological Efficiency of Resource-determining Conjugations of Transmission Parts on the Operational Reliability of Transport Vehicles .....	213
<i>Andrey Grinkiv</i>	
Possibilities of Logistic Models for Choosing a Complex of Technical Influences on Ensuring the Operational Efficiency of Transport Vehicles .....	225
<b>Transport Technologies (by types)</b>	
<i>Yuriy Dzyadykevych, Nataliia Falovych, Pavlo Popovich, Oksana Shevchuk, Lubomyr Chorniy</i>	
Foreign Practice of Regulating Road Transport.....	240
<i>Viktoria Nykonchuk</i>	
Research of Passenger Transport Service System by Quality Indicators.....	246
<i>Lyudmyla Tarandushka, Ihor Shlionchak, Ivan Tarandushka</i>	
Assessment of the Quality Passenger Service by Public Transport in Cherkasy.....	253
<i>Lyudmyla Tarandushka, Nataliia Kostian, Ivan Tarandushka, F. Yatsenko, M. Bukhanystyi</i>	
Determination of Optimal Number Vehicles for the Functioning of Carshing in Kyiv Within the Framework of Improving the Transport System.....	262
<i>Nataliia Falovych, Volodymyr Falovich, Oksana Shevchuk, Pavlo Popovich, Pavlo Prohniy, Vasil Melnichenko</i>	
Logistics Infrastructure of Ternopil Region.....	274
<i>Olga Chorna, Prohniy Pavlo, Pavlo Popovich, Oksana Shevchuk, Natalia Falovych, Mykola Buryak</i>	
Ensuring the Quality of Work of Automotive Infrastructure Enterprises in Terms of Ergonomics.....	284

<i>Ihor Berestov, Oksana Pestremenko-Skrypka, Hanna Shelekhan, Tetiana Berestova</i> Digitalization of the Processes of Customs Control and Customs Clearance of Goods in Railway Transport .....	291
<i>Igor Berestov, Alina Kolisnyk, Olena Shcheblykina</i> Improving the Process of Receiving Freight Trains to the Border Station in Martial Law .....	298
<i>Ihor Shlionchak, Oleksandr Lukianchenko, Ivan Tarandushka</i> Analysis of Traffic Flows and Forecasting the intensity of Traffic of Different Types of Transport on the Example of the Road Network of Cherkasy .....	307
<i>Viktor Aulin</i> Tectological Approach to the Formation of Logistics Systems at Transport and Production Enterprises.....	313
<i>Dmytro Holub</i> A theoretical Model of the Transport System as a Set of Interacting and Mutually Transforming Elements and Subsystems.....	324
<b>Computer Engineering</b>	
<i>Oleksandr Drieiev, Oleksandr Dorenskyi, Hanna Drieieva</i> Neural Network Method for Detecting Textural Anomalies in a Digital Image .....	335

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВИЙ ВІСНИК.  
ТЕХНІЧНІ НАУКИ

**В и п у с к 5(36)**  
**Частина II**

Відповідальний за випуск І.М. Березюк, О.М. Кузик

Комп'ютерна верстка І.М. Каліч

Тиражування О. Г. Каліч

*Приватне підприємство «Ексклюзив-Систем»  
Свідоцтво № ДК 4470 від 17.01.2013р.  
25006, м. Кіровоград, вул. Шевченка, 25  
тел./факс 24-35-53*

Підписано до друку 30.05.2022р. Формат 60x84/8. Папір офсетний.  
Гарнітура Times New Roman. Офсетний друк. Умов. друк. арк. 44,5  
Тираж 300 прим. Зам. № 0764