

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

ПРАЦІ

Таврійського державного
агротехнологічного
університету



ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Випуск 23, том 2
Наукове фахове видання
Технічні науки



Запоріжжя – 2023 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО



DMYTRO MOTORNYI TAVRIA STATE
AGROTECHNOLOGICAL UNIVERSITY



ПРАЦІ

**Таврійського державного
агротехнологічного університету**
Технічні науки

**PROCEEDINGS OF TAVRIA STATE
AGROTECHNOLOGICAL UNIVERSITY**
Technical sciences

*Виходить 3 рази на рік
Видається з 1998 р.*

**Випуск 23, том 2
Issue 23, volume 2**

WEB: <https://oj.tsatu.edu.ua>

DOI: 10.31388/2078-0877-2023-23-2

Запоріжжя – 2023



УДК [631.3+621.3+664](058)
Т 13

Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове видання / ТДАТУ; гол. ред. д.т.н., проф. В. М. Кюрчев. Запоріжжя: ТДАТУ, 2023. Вип. 23, т. 2. 217 с.

ISSN 2220-8674

Представлені результати наукових досліджень вчених у галузях галузевого машинобудування, енергетики, електротехніки, електромеханіки, харчових технологій, комп'ютерних наук та інформаційних технологій.

Видання призначене для наукових працівників, викладачів, інженерно-технічного персоналу і здобувачів вищої освіти, які спеціалізуються у відповідних або суміжних галузях науки та напрямках виробництва.

Реферативні бази: Crossref, Google Scholar, AGRIS, «Україна наукова», НБУ ім. В. І. Вернадського

Головний редактор

Кюрчев В. М., чл.-кор. НААН України,
д-р техн. наук, проф. (Україна)

Заступники головного редактора

Надикто В. Т., чл.-кор. НААН України,
д-р техн. наук, проф. (Україна)

Панченко А. І., д-р техн. наук, проф. (Україна)

Відповідальний секретар

Волошина А. А., д-р техн. наук, проф. (Україна)

Технічний секретар

Погорельцева Д. О. (Україна)

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

Белосев Христо, д-р техн. наук, проф. (Болгарія)
Даманаускас Відас, д-р техн. наук, проф. (Литва)
Івановс Семенс, д-р техн. наук, доц. (Латвія)
Ольт Юрі, PhD, д-р техн. наук, проф. (Естонія)
Паскуцці Сімоне, PhD, доц. (Італія)
Финдура Павол, PhD, проф. (Словакія)
Вершков О. О., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Дідур В. В., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Журавель Д. П., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Кувачов В. П., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Кюрчев С. В., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Скляр О. Г., канд. техн. наук, проф. (Україна)
Скляр Р. В., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Тітова О. А., д-р пед. наук, проф. (Україна)

**ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА
ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА**

Шафранець Анджей, д-р техн. наук, проф. (Польща)
Кавакзех Мохаммед, PhD, проф. (Йорданія)
Бур'ян С. О., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Галько С. В., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Гриб О. Г., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Карпалюк І. Т., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Квітка С. О., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Кузнєцов М. П., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Лисенко О. В., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Мірошник О. О., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Мороз О. М., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Плюгін В. Є., д-р техн. наук, проф. (Україна)

Editor in chief

Kyurchev V., corresponding member of NAAS of
Ukraine, Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)

Deputy editors in chief

Nadykto V., corresponding member of NAAS of
Ukraine, Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)

Panchenko A., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)

Executive secretary

Voloshina A., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)

Technical secretary

Pogoreltseva D. (Ukraine)

SECTORAL MACHINE BUILDING

Belojev Hristo, Dr. Sci. Tech., Prof. (Bulgaria)
Damanauskas Vidas, Dr. Sci. Tech. (Lithuania)
Ivanovs Semjons, Dr. Sci. Tech. (Latvia)
Olt Jüri, PhD, Dr. Sci. Tech., Prof. (Estonia)
Pascuzzi Simone, PhD, Assoc. Prof. (Italia)
Pavol Findura, PhD, Prof. (Slovakia)
Vershkov O, Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Didur V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Zhuravel D., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Kuvachov V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Kiurchev S., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Sclyar O., Cand. Sci. Tech, Prof. (Ukraine)
Sclyar R., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Titova O., Dr. Sci. Ped., Prof. (Ukraine)

**ELECTRICAL POWER ENGINEERING,
ELECTRICAL ENGINEERING AND
ELECTROMECHANICS**

Szafraniec Andrzej, Dr. Sci. Tech., Prof. (Poland)
Qawaqzeh Mohamed, PhD, Prof. (Jordan)
Burian S., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Halko S., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Gryb O., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Karpaliuk I., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Kvitka S., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Kuznietsov M., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Lysenko O., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Miroshnyk O., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Moroz O., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Pliuhin V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)

**КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ**

Гавриленко Є. А., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Гнатушенко В. В., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Гумен О. М., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Дашкевич А. О., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Лубко Д. В., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Лясковська С.Є., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Малкіна В. М., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Мацулевич О. Є., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Холодняк Ю. В., канд. техн. наук, доц. (Україна)
Яблонський П. М., канд. техн. наук, доц. (Україна)

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Дейниченко Г. В., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Євлаш В. В., д-р техн. наук проф. (Україна)
Ломейко О. П., канд. техн. наук, доц (Україна)
Паламарчук І. П., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Пилипенко Л. М., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Пріс О. П., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Самойчук К. О., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Сердюк М. Є., д-р техн. наук, проф. (Україна)
Ялпачик В. Ф., д-р техн. наук, проф. (Україна)

ПРАЦІ**Таврійського державного
агротехнологічного університету****Випуск 23, том 2****Засновник**

Таврійський державний агротехнологічний
університет імені Дмитра Моторного

Заснований у 1998 році

Свідоцтво про державну реєстрацію
КВ №24285-14125ПР від 27.12.2019 р.
Виходить 3 рази на рік

Рекомендовано до друку вченою радою
Таврійського державного агротехнологічного
університету
імені Дмитра Моторного
Протокол № 3 від 31.10.2023 р.

«Праці ТДАТУ» включено до **Категорії Б**
Переліку наукових фахових видань України
(науки: технічні), в яких можуть
публікуватися результати дисертаційних
робіт на здобуття наукових ступенів
доктора наук і доктора філософії /
кандидата наук (накази МОН України від
17.03.2020 р. № 409)

Адреса редакції

Юридична: 72312, Запорізька обл.
м. Мелітополь, пр. Б. Хмельницького, 18
Фактична: 69600, Запорізька обл.
м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 66
<https://oj.tsatu.edu.ua>
DOI: 10.31388/2078-0877-2023-23-2

COMPUTER SCIENCES

Havrylenko Ye., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Hnatushenko V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Humen O., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Dashkevych A., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Lubko D., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Liaskovska S., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Malkina V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Matsulevych O., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Kholodniak Y., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Yablonskyi P., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)

FOOD TECHNOLOGIES

Deynichenko G., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Evlash V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Lomeiko O., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)
Palamarchuk I., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Pylypenko L., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Priss, O., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Samoichuk K., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Serdyuk M., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)
Yalpachik V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)

**PROCEEDINGS OF TAVRIA STATE
AGROTECHNOLOGICAL UNIVERSITY****Issue 23, volume 2****Founder**

Dmytro Motornyi Tavria State
Agrotechnological University

Founded in 1998

Certificate of governmental registration
KB No. 24285-14125ПР dated December 27, 2019
Published 3 times a year

Recommended for publication by the Academic
Board of Dmytro Motornyi Tavria State
Agrotechnological University
Record No. 3 dated October 31, 2023

Proceedings of TSATU is included in the List of
scientific professional editions of Ukraine
(technical sciences), category B, in which the
results of theses for obtaining scientific degrees
of Doctor of Sciences and Doctor of Philosophy /
Candidate of Sciences can be published (order of
the Ministry of Education and Science of Ukraine
dated March 17, 2020, No. 409)

Address of the Editorial office

Legal adress: 72312, Zaporizhzhia region
Melitopol, 18, B. Khmel'nitskyi Ave.
Actual address: 69600, Zaporizhzhia region
Zaporizhzhia, 66, Zhukovskyy Str.
<https://oj.tsatu.edu.ua>
DOI: 10.31388/2078-0877-2023-23-2



ЗМІСТ / CONTENTS

ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

- Панченко А. І., Волошина А. А., Холод І. М., Волошин А. А.** Вплив геометричних параметрів розподільних систем на стабілізацію вихідних характеристик планетарних гідромашин 6
Panchenko A., Voloshina A., Kholod I., Voloshin A. Influence of geometric parameters of distribution systems on stabilization of the output characteristics of planetary hydromashines
- Кюрчев С.В., Самойчук К. О., Ялпачик В. Ф., Ковальов О. О.** Підвищення якості продуктів при використанні удосконаленого способу гомогенізації і нормалізації молока 25
Kiurchev S., Samoichuk K., Yalpachik V., Kovalyov A. Improving product quality using an improved method of milk homogenization and normalization
- Самойчук К. О., Самохвал В. А., Червоткіна О. О.** Дослідження ефективності роботи системи охолодження при інтенсифікації відтискання технічних олій в гвинтових прес-екструдерах для виготовлення паливних брикетів 33
Samoichuk K., Samokhval V., Chervotkina O. Studying the efficiency of the cooling system during the intensification of extrusion of industrial oils in screw press extruders for the manufacture of fuel briquettes
- Кюрчев С. В., Верхованцева В. О., Паляничка Н. О.** Дослідження холоду при зберіганні ягід 46
Kiurchev S., Verkholtantseva V., Palianychka N. Research on cold storage of berries
- Тримбач С. П., Степаненко С. П.** Теоретичні дослідження швидкості переміщення частинок сипкого матеріалу в процесі гранулювання 54
Trimbach S., Stepanenko S. Theoretical studies of the movement velocity of particles of bulk material in the granulation process
- Соломка О. В., Ачкевич О. М., Ачкевич В. І.** Застосування систем автоматизованого проектування в сільськогосподарському машинобудуванні 67
Solomka O., Achkevych O., Achkevych V. Application of automated design systems in agricultural engineering
- Коробка С. В., Стукалець І. Г., Сиротюк С. В., Скляр О. Г., Скляр Р. В., Болтянський Б. В., Баранович С. М.** Математичне моделювання процесу сушіння фруктів у геліосушарці 78
Korobka S., Stukalets I., Syrotyuk S., Skliar O., Skliar R., Boltianskyi B., Baranovych S. Mathematical modeling of the process of fruit drying in a solar dryer
- Бойко В. Б., Улексін В. О., Золотовська О. В., Лепеть Є. І., Бойко Б. В.** Проект мехатронної системи експериментальної гідропневматичної сівалки 99
Boiko V., Ulexin V., Zolotovska O., Lepet E., Boiko B. Project of mechatronic system of experimental hydropneumatic seeder



- Червоткіна О. О., Фучадчи Н. О., Паляничка Н. О., Самохвал В. А.** Вплив різних параметрів на процес гранулювання рослинної сировини та якість гранул 113
Chervotkina O., Fuchadzy N., Palianychka N., Samohval V. Influence of different parameters on the process of granou-luvanne of rosliny syrovine and yacterity granules
- Кошулько В. С., Пацула О. М.** Розробка брикетувального гвинтового пресу лушпинної фракції макухи олійних культур 124
Koshulko V., Patsula O. Development of a briquetting screw press for the husk fraction of the cake of oil crops

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

- Галько С. В., Мірошник О. О., Сивенко М. М., Qawaqzeh M. Z., Al_Issa Huthaifa.** Визначення оптимальних параметрів накопичуючих та генеруючих джерел електричної енергії в автономних локальних електричних системах 134
Halko S., Miroschnik O., Syvenko M., Qawaqzeh M.Z., Al_Issa Huthaifa. Determination of optimal parameters of accumulating and generating sources of electric energy in autonomous local electrical systems
- Дяденчук А. Ф., Філіпович Є. В.** Моделювання фотоелектричних характеристик гетероперехідного сонячного елемента ZnO/porous-Si/Si 152
Dyadenchuk A., Filipovich Ye. Simulation of the photoelectric characteristics of the ZnO/porous-Si/Si heterojunction solar cell
- Юрченко О. Ю., Барсукова Г. В., Чепіжний А. В., Зубко В. М., Тимошенко Г. А.** Пошук місця пошкодження обмотки електроенергетичного обладнання за зміною робочої температури 167
Yurchenko O., Barsukova H., Chepizhnyu A., Tymoshenko H., Zubko V. Search for the location of damage to the electrical equipment winding due to a change in the working temperature
- Попова І. О., Чаусов С. В.** Дослідження схемного рішення пристрою для застосування в якості фільтра лінійних несиметричних напруг 177
Popova I., Chausov S. Investigation of the circuit solution of a device for using linear unbalanced voltages as a filter

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

- Колісниченко Т. О., Прісс О. П., Кюрчева Л. М., Сефіханова К. А.** Дослідження органолептичних показників якості емульсійних соусів з йодміщуючими добавками 186
Kolisnychenko T., Priss O., Kiurcheva L., Sefikhanova K. Investigation of organoleptic quality indicators of emulsion sauces with iodine replacement additives
- Ткаченко Л. В., Вітряк О. П.** Технологія коктейлів підвищеної біологічної цінності з використанням молочної сироватки 195
Tkachenko L., Vitriak O. Technology of cocktails of increased biological value using milk whey
- Семко Т. В., Пахомська О. В.** Аюрведа - сучасна система оздоровлення організму людини 206
Semko T., Pahomska O. Ayurveda modern health system human organism



DOI: 10.31388/2078-0877-2023-23-2-33-45

УДК 662.8.055:665.3

К. О. Самойчук¹, д-р техн. наук

ORCID: 0000-0002-3423-3510

В. А. Самохвал¹, аспірант

ORCID: 0000-0001-5539-3647

О. О. Червоткіна¹, інженер

ORCID: 0000-0002-6214-0566

¹ *Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного*e-mail: kyrylo.samoichuk@tsatu.edu.ua, тел.: +380978805485

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ ПРИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ВІДТИСКАННЯ ТЕХНІЧНИХ ОЛІЙ В ГВИНТОВИХ ПРЕС-ЕКСТРУДЕРАХ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ

Анотація. Актуальність дослідження направлена на подолання проблеми з перегріванням шнекового пресового обладнання та сировини при виготовленні паливних брикетів з оліємістких сировин з відтисканням надмірного вмісту технічних олій, яке в свою чергу в значній мірі, впливає як на якість самих технічних олій так і на якість брикету. З даною проблемою стикаються власники шнекового пресового обладнання особливо в літній період, коли температура навколишнього середовища досить висока. Дане дослідження спрямовано на подолання проблеми перегріву найбільш високотемпературних частин обладнання, на визначення оптимальних температур при виготовленні паливних брикетів на гвинтових прес – екструдерах та розробці системи охолодження пресів. Головною метою роботи є підвищення якості готової продукції за рахунок контролю температури та зниження собівартості готової продукції. Найбільш дієвими для вирішення даної проблеми є емпіричні методи дослідження. Проведено аналіз методів усунення проблеми перегріву камери дожиму та пристрою остаточного формування брикету. При розробці та реалізації ефективних засобів реалізації належного охолодження, проаналізовано конструкції відомого пресового обладнання даного типу, та обґрунтовано необхідність розроблення нового пресового обладнання в якому камера дожиму та частина секцій пристрою остаточного формування обладнана системою контролю температури..

Ключові слова: паливний брикет, прес, пресування, температурні параметри, дожимний пристрій, вихід олії.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день при постійному підвищенні цін на енергоносії, виготовлення паливних брикетів є дуже перспективним напрямом, яке стрімко розвивається в багатьох країнах [1, 2]. Україна є аграрною країною та вирощує в великих обсягах соняшник, сою, рапс, льон та коріандр, що гарно підходять для виготовлення паливних брикетів, так як мають вміст олій, який



забезпечує високу тепловіддачу при згоранні. Найбільш підходять для переробки даної сировини шнекові прес – екструдери, так як їх конструкція дає можливість з регульованим відсотком, віджимати технічні олії під час виготовлення брикету та забезпечувати високі показники якості готової продукції.

Процес виготовлення паливних брикетів з рослинної сировини, складається з:

- провіювання сировини з розділенням її на фракції;
- дозована подача в пресуючу камеру де відбувається стискання та розтирання сировини, що приводить до нагрівання;
- подача в камеру дожиму, де вона піддається додатковому стисненню;
- стиск та транспортування дожимним шнеком в формуючу матрицю та остаточне формування брикету [3].

При цьому з сировини відтискається певний відсоток технічної олії, від кількості якої в брикеті залежить якість продукції та її екологічні показники [1]. В більшості випадків, при виготовленні паливних брикетів в літній період та при роботі з пересушеною сировиною з невеликим вмістом олій, більшість виробників стикаються з проблемою перегріву пресового обладнання, що в свою чергу призводить до погіршення якості як паливних брикетів так і технічних олій. При цьому зменшується ресурс самого пресового обладнання та збільшуються витрати на обслуговування обладнання. На сьогоднішній день в світі існує безліч технологій та конструкцій пресового обладнання здатного працювати з різними видами сировини окремо. Але практично відсутнє обладнання, яке б могло працювати з широким спектром оліємісткої сировини, здатного поєднати всі процеси в одному пресі та забезпечити гарну якість як паливних брикетів так і технічних олій. Для пресування даного типу сировини найбільше підходять преса екструдерного типу. Відмінністю даного типу пресового обладнання від інших є те, що вони гарно себе зарекомендували при роботі з оліємісткими культурами, та легко дообладнується додатковим пристроєм кінцевого формування з системою відбору технічних олій та з системою охолодження. Все частіше використовуються преса як одна та і багатошнекові. Дане пресове обладнання все більше набирає популярності завдяки невеликій собівартості та низьким витратам на обслуговування. Конструкція даного пресового обладнання дозволяє легко переобладнувати його під різні види сировини, та включає в себе заміну шнеків, камер та формуючих пристроїв.

На даний час головною метою при розробці нового пресового обладнання є розробка та виготовлення найбільш універсального преса, здатного працювати з різними типами оліємісткої сировини й



при цьому забезпечувати стабільну регульовану температуру обладнання та сировини на всіх етапах формування брикету при мінімальних затратах електроенергії. Обладнання повинно забезпечити регульований віджим технічних олій забезпечивши високу які брикету. На сьогоднішній день існує безліч видів та пропозицій удосконалення шнекового пресового обладнання. Деякі з пропозиції, передбачають модернізацію або заміну окремих частин обладнання, а деякі – додавання цілих агрегатів. При стрімкому розвитку галузі до обладнання постійно підвищуються вимоги, так як зростає конкуренція. Шнекове обладнання постійно вдосконалюють, а також вдосконалюється і сам технологічний процес шляхом одночасної дії різних фізико–механічних факторів впливу на сировину.

Аналіз останніх досліджень. Більшість наукових досліджень з напрямку виготовлення паливних брикетів з рослинної оліємісткої сировини, зосереджені на аналіз та вивчення процесів які відбуваються під час підготовки та пресування її з технологічними особливостями самого пресового обладнання різного типу. В основу більшості досліджень покладено завдання удосконалення відомого обладнання та розробка нового більш досконалого [4]. Напрямок – виготовлення паливних брикетів з відходів рослинництва є дуже перспективним, так як має постійний потенціал поповнення сировиною, та відноситься до відновлюваних джерел енергії і не несе забруднення навколишньому середовищу. На сьогоднішній день напрямок швидко розвивається, а тому, потребує постійного розвитку та удосконалення обладнання, яке використовується в галузі. Найбільш перспективним на сьогоднішній день є використання оліємісткої сировини, так як їх в нашій країні велика кількість. До них відносять відходи соняшника, сої, льону, коріандру. При цьому останнім часом дослідженню пресуванню рослинних матеріалів вчені приділяють все більше уваги [5]. Процес утворення паливних брикетів з окремих частинок оліємісткої сировини розглядається вченими як зближення їх до початку прояву сил механічної взаємодії. При цьому досить значущу частину тут займають фракції частинок та їхнє взаємне переплетення з подальшим їх з'єднанням даних під дією сил міжмолекулярного зчеплення. Зближення частинок супроводжується подоланням сировиною сил пружності просторових структур матеріалу, руйнуванням скелета сировини, видаленням газової складової, адгезійними та іншими явищами. Все частіше дослідження опираються на досвід виробників та операторів пресового обладнання, який направляють на вдосконалення та розробку більш інноваційного пресового обладнання здатного



поєднувати в собі все більше операцій, при цьому знижувати собівартість готової продукції [7].

Хоча шнекове обладнання задіяне в різних сферах вже багато років, але в напрямку виготовлення паливних брикетів з оліємісткої сировини існує недостатня кількість розробок, спроможних працювати з широким спектром оліємісткої сировини та забезпечувати стабільну роботу, при цьому поєднувати всі потрібні характеристики в одному пресі.

Якість готової продукції при виготовленні паливних брикетів з оліємістких відходів має велику залежність від багатьох факторів: вологість, температура, однорідність сировини. Сировина таких рослин як соняшник, льон, соя, рапс повинна мати вологість в межах від 5 до 12%. У разі перевищення в значній мірі зазначених вимог по вологості, паливний брикет розпадається на довільні шматки через виділення вологи, що виходить у вигляді пари з брикету, та погано відділяються технічні олії. Температура в формуючій камері повинна бути від 60 до 80°C. При виході за цей діапазон різко падають показники якості так як починається пароутворення, що призводить до збільшення навантаження на пресове обладнання, та зменшує ресурс самого обладнання [8, 9].

При процесі формування паливних брикетів з оліємісткої сировини потрібно приділити велику увагу часу перебування сировини в формуючому пристрої. При збільшенні часу обробки сировина формується більш якісно, при цьому найкраще зарекомендував себе багатосекційний пристрій остаточного формування, який дає змогу відрегулювати потрібний тиск та час при формуванні сировини в паливний брикет та відділити потрібну кількість технічних олій на потрібному нам етапі формування [10].

З аналізу літератури, патентів та наукових праць [9-11], можна виділити те, що для підвищення якості при виготовлення паливних брикетів з сировини, яка містить певний відсоток залишкової олії, часто в лінію включають додатково маслопрес для відділення олії а потім вже знежирену сировину подають на брикетування. Це в свою чергу значно здорожує собівартість лінії по виготовленню брикетів та збільшує витрати електричної енергії, а відповідно, і кінцева вартість виробу на такому обладнанні буде сильно завищеною.

Формулювання мети статті. Для визначення сучасного напрямку розвитку та вдосконалення відомих конструкцій робочих органів і вузлів шнекового обладнання було здійснено аналіз сучасних наукових праць та патентів, спираючись на досвід операторів пресового обладнання. Метою даної роботи було розробити власну більш інноваційну розробку пресового обладнання, здатну працювати з всіма видами оліємісткої сировини та поєднати всі процеси по



виготовленню готової продукції, без втрати якості в одному пресі, при цьому зберегти низькі витрати на обслуговування.

Основна частина. Всі експериментальні дослідження проводились на шнековому прес-екструдері для виготовлення паливних брикетів [11]. Прес обладаний системою контролю температури робочих органів. Даний універсальний прес-екструдер здатний працювати з оліємісткою сировиною та забезпечувати при виготовленні брикетів одночасний контрольований віджим технічної олії. Усі експериментальні дослідження проводились в умовах максимальної завантаженості обладання. При виконанні дослідів досліджувалася система контролю температури та її взаємодія з пристроєм остаточного формування брикету та її вплив на якість готової продукції та витрати електроенергії [12]. При експериментальних дослідах в якості сировини використовували відходи соняшника з однорідною структурою та вмістом зернової частини не менше 20%, вологість якої складала 9%. За умов температури навколишнього середовища від +25 до +35°C. Під час експерименту сировина подавалася в прес рівномірним, постійним потоком за допомогою дозатора, а саме обладнання заздалегідь було виведене на робочий режим роботи.

Основна технічна характеристика серійного прес-екструдера який використовувався при дослідженнях приведена в таблиці 1.

Таблиця 1

Технічна характеристика прес-екструдера для виготовлення паливних брикетів.

Показник	Величина
Продуктивність (по відходах соняшника), кг/год	120-150
Встановлена потужність, кВт	до 7,5
Споживана потужність, кВт/т	55
Потужність електродвигуна, кВт	11
Температура нагріву корпусів (залежно від сировини), °C	Від 60...80
Частота обертання валів, об/хв	70-85
Об'єм охолоджуючої рідини, л.	25
Потужність насоса для прокачки охолоджуючої рідини, кВт.	0,15

Всі досліді проводилися в декілька етапів. Перший етап включав в себе виведення пресового обладнання на робочий режим, та налаштування усіх робочих органів. Під час другого етапу дослідів вивчалася залежність якості паливних брикетів та технічної олії від температури в камері дожиму та температури всіх секцій пристрою остаточного формування паливного брикету, та виходу на



максимальний показник по відборі технічної олії з паливного брикету [13]. Було поставлено завдання дослідити розроблені камеру дожиму з системою охолодження та пристрій остаточного формування з системою охолодження, які одразу повинні були вирішити частину проблем з якими стикаються виробники паливних брикетів з оліємісткої сировини.

Розроблений прес-екструдер для виготовлення паливних брикетів з оліємісткої сировини працює таким чином. Сировина, за допомогою дозатора, рівномірним потоком подається в завантажувальний бункер 3, який розташований на загрузочній камері преса 1, при цьому сировина захоплюється шнеком 20. В рух який приводить привод 19 та вал приводу 2. Під час обертання шнеків сировина переміщується в зазорі між витками шнека і стінками пресуючої камери 21, щоб сировина не оберталася на витках щнеку а переміщалася та стискалася камера обладнана змінними направляючими ребрами 24. При цьому сировина розтирається та стискається, завдяки чому відбувається її нагрів, та через конічні отвори 22 які заходять в пресуючій камері 21 частково починає виділяється рідка фракція сировини – технічна олія [14]. Тиск з яким шнек діє на сировину регулюється за допомогою зміни зазору між торцевою поверхнею пресуючого шнека 20, що значно розширює можливості даного пресового обладнання, та вхідною частиною дожимної камери 6, яка за допомогою накидної гайки має можливість осьового зсуву та фіксується фіксатором 4 який не дає камері переміщуватися в процесі роботи. Потім вже підготовлена сировина під великим тиском протискається через зазор між торцевою поверхнею пресуючого шнека 20 і вхідною частиною стінки дожимної камери 6 що забезпечує додаткове стискання сировини, проходячи між витками дожимного шнека 5 і дожимної камери 6 без провертання, що забезпечується ребрами 28. Щільність сировини стає граничною що сприяє зростанню температури. Для того щоб температура не перевищувала граничну використовується охолоджувальний пристрій 7, який знижує температуру в зоні дожимання сировини та формування брикету. Він потрібний для унеможливлення пароутворення в середині брикету, що значно поліпшує якість готового виробу [15]. Тиск на виході з дожимної камери можливо змінювати в залежності від сировини, за допомогою матриці 8, осьовим переміщенням за рукоятку 27 за рахунок різьбового з'єднання 25. В процесі проходження матриці сировина набуває форми матриці та подається в пристрій пристрій остаточного формування 9, який представляє собою трубу 23, просовуючись через кожену секцію труб 11, 15, 17. При проходженні кожної нової секції зростає ступінь ущільнення брикетів, а рідка фракція сировини

виділяється через зазори між секціями труб. Секції труб (а отже і брикети) охолоджуються за допомогою проходження охолоджуючої рідини через системи охолодження секцій труб 12, 16, 18.

Конструкція робочих органів зображено на (рис. 1). [11]

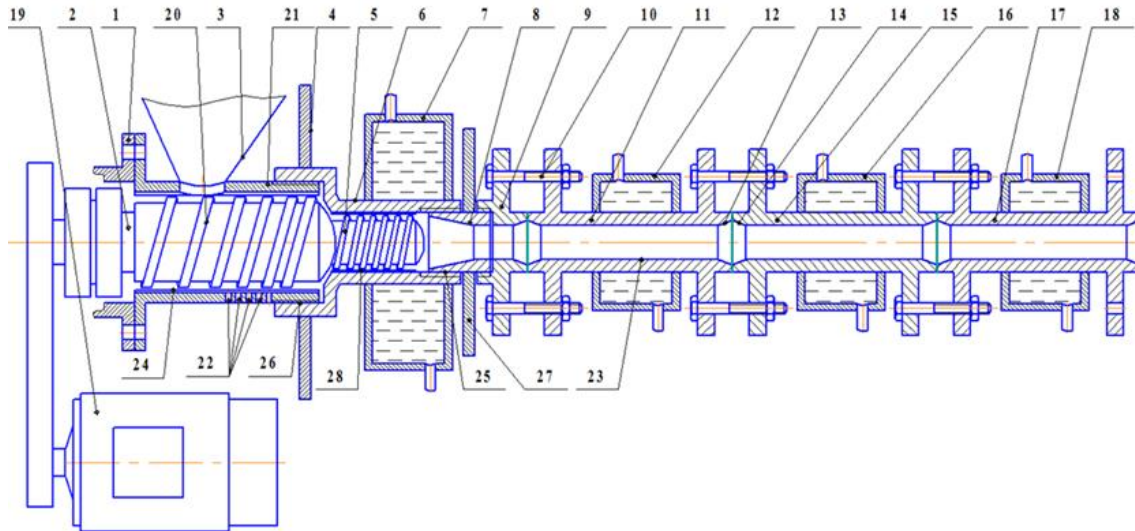


Рис. 1. Схема шнекового прес-екструдера для отримання паливних брикетів з пристроєм остаточного формування: 1 – підшипниковий вузол; 2 – вал приводу; 3 – бункер; 4 – фіксатор; 5, 20 – шнек; 6 – камера дожиму; 7, 12, 16, 18 – сорочка охолодження; 8 – матриця; 9 – пристрій остаточного формування; 10 – болт; 11, 15, 17 – секції труб; 13, 14 – масло згінні фаски; 19 – електродвигун; 21 – пресуюча камера; 22 – отвори для відводу масла; 23 – труба; 24, 28 внутрішні ребра; 25, 26 – різьбове з'єднання; 27 – рукоятка

Під час проведення дослідів температуру робочих органів пресового обладнання вимірювали інфрачервоним пірометром GM320. Силу струму на кожній з фаз заміряли кліщами струмовимірювальними UNI-T UT-204. Заміри проводилися як з задіяною системою охолодження так і без. За допомогою системи охолодження плавно змінювали температурні показники на камері дожиму та на пристрої остаточного формування брикету, при цьому робили заміри виходу технічних олій, продуктивності по брикету та сили струму яку використовує обладнання. Температуру охолодження регулювали за рахунок зміни потоку охолоджуючої рідини через робочі органи та радіатор охолоджувач.

Конструкція робочих органів з системою охолодження зображено на (рис. 2) [11].



Рис. 2. Фрагмент робочих органів, до складу якого увійшли розроблені камера дожиму та орган остаточного формування брикету з системою контролю температури та відбору технічних олій

Для підвищення точності, всі заміри робилися на завчасно прогрітому пресі та повторювалися по 5 разів та бралось середнє значення величин. Час для всіх замірів складав 30 хв. Готова продукція збиралася в окремі ємкості а потім проходила зважування на електронних вагах. Для дослідів в якості сировини використовували відходи провіювання соняшника. Під час дослідів було задіяно сім секцій пристрою остаточного формування, з яких три секції були обладнані системою охолодження [16-18]. Вся система охолодження побудована таким чином, що частини пресу, які піддаються найбільшому нагріву, тобто камера дожиму та перші три секції пристрою остаточного формування, завдяки системі охолодження, мають однакову регульовану температуру, так як мають послідовне з'єднання вхідних та вихідних патрубків. Вся система охолоджується за допомогою прокачки охолоджуючої рідини через радіатор з вентилятором. Довжина пристрою остаточного формування становила 1,67 м.

З дослідів ми бачимо що при занадто низькій температурі робочих органів пресу різко зменшується відділення технічних олій [19-21] та збільшується навантаження на електродвигун. А при високих температурах відбувається пароутворення та закипання олій. З даних занесених в (табл. 2). ми бачимо що оптимальною



температурою при роботі з відходами соняшника є температура від 65 до 80°C.

Таблиця 2

Кількісні показники

Температура робочих органів °С	40	45	50	55	60	65	70	75	80
Кількість технічної олії при виготовленні 100кг. брикету, кг	1,9	3,2	4,1	4,5	4,9	5,1	5,2	5,6	5,2
Сила струму на фазу А	20,0	18,5	17,9	17,4	17,0	16,6	16,5	16,0	16,5

Вихід олії вираховували на основі рівняння:

$$V_o = \frac{m_m}{m_o} \cdot 100, \quad (1)$$

де V_o - вихід олії, %;

m_o – маса віджатої олії, кг;

m_m – маса паливних брикетів, кг.

З отриманих даних ми бачимо, що основними технологічними і конструктивними параметрами які мають великий вплив на ефективну роботу прес-екструдера для виготовлення паливних брикетів з оліємісткої сировини, є величини: температури нагріву робочої зони, зазору в матриці, часу перебування сировини в пристрої остаточного формування та частоти обертання шнеку [22-25]. З метою отримання найбільшого результату були проведені поетапні дослідження при різних значеннях цих величин.

Висновки. На підставі досліджень фізико-механічних і теплофізичних властивостей відходів соняшнику можна зробити такі висновки.

На основі проведеного аналізу принципів дії та конструкцій відомого пресового обладнання та його роботи з різними видами сировини розробили нове пресове обладнання та провели експериментальні дослідження, якими підтвердили, що температура робочих органів найбільшим чином впливає на якість готової продукції та на вихід олії з оліємістких відходів, та витрат електричної енергії. Відносна вологість для виготовлення паливних брикетів з одночасним відтисканням технічних олій є 5 – 12 % а температура пресування 65...80°C є оптимальною.

Експериментальним шляхом підтверджено, що при правильно підбраному температурному режиму робочих органів та при



поетапному відборі олії за допомогою пристрою остаточного формування можливо працювати з сировиною з високим вмістом олій та отримувати високоякісний брикет та технічні олії.

Розроблене обладнання найбільшим чином спрямоване для регіонів, де вирощують в великих об'ємах такі культури як соняшник, льон, рапс, сою. Дане обладнання забезпечує стабільну роботу та високу якість готової продукції незалежно від температури навколишнього середовища та дає можливість отримати додатковий прибуток від продажу технічних олій.

Список використаних джерел

1. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії: підручник / О. Адаменко, В. Височанський, В. Лютко В та ін. Івано-Франківськ: Полум'я, 2000. 225 с.
2. Єременко О. І., Василенков В. Є., Руденко Д. Т. Дослідження процесу брикетування біомаси шнековим механізмом. *Інженерія природокористування*. 2020. № 3(17). С. 15-22.
3. Choton S., Gupta N., Bandal J. D., Anjum N., & Choudary, A. Extrusion technology and its application in food processing. *The Pharma Innovation Journal*. 2020. Vol. 9(2). P. 162-168. <https://doi.org/10.22271/tpi.2020.v9.i2d.4367>.
4. Полянський О. С., Дьяконов В. І., Дьяконов О. В. Комплексна оцінка і аналіз енергетичних показників існуючих технологій переробки рослинних відходів у паливні брикети. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. Серія Механізація сільськогосподарського виробництва*. 2018. Вип. 190. С. 192–202.
5. Bogaert L., Mhemdi H., & Vorobiev E. Residence time distribution and flow pattern modeling of oilseeds in a pilot screw press. *Oilseeds & Fats Crops and Lipids*. 2020. Vol. 27. № 65. <https://doi.org/10.1051/ocf/2020060>.
6. Самойчук К. О., Самохвал В. А. Розробка міні-лінії для виготовлення паливних брикетів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2021. Вип. 21, т. 1. С.152-159.
7. Процеси і апарати. Механічні та гідромеханічні процеси / В. С. Бойко, К. О. Самойчук, В. Г. Тарасенко та ін. Київ: ПрофКнига, 2021. 468 с.
8. Indartono Y. S., Heriawan H. & Kartika I. A. Innovative and flexible single screw press for the oil extraction of Calophyllum seeds. *Research in Agricultural Engineering*. 2019. Vol. 65. P. 91-97.
9. Mushtruk M., Gudzenko M., Palamarchuk I., Vasylyv V., Slobodyanyuk N., Kuts A., Nychyk O., Salavor O., & Bober A. Mathematical modeling of the oil extrusion process with pre-grinding of



raw materials in a twin-screw extruder. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2020. Vol. 14. P. 937–944. <https://doi.org/10.5219/1436>.

10. Кіндзера Д. П., Атаманюк В. М., Госовський Р. Р., Мотіль І. М. Дослідження процесу формування паливних брикетів із рослинної сировини та визначення їх характеристик. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2013. Вип. 16. С. 138–146.

11. Шнековий прес-екструдер для отримання брикетів: пат. 127064, Україна, МПК В 11/22, В 30 В 11/24. № а202007249: заявл. 13.11.2020: опубл. 30.03.2023, Бюл. № 13.

12. Самойчук К. О., Самохвал В. А. Характеристики використання брикетування в переробній промисловості. *Новачії в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв*: міжнародна науково-практична інтернет-конференція, 24 листопада 2020 р. Мелітополь : ТДАТУ, 2020. С. 182–184.

13. Pedretti F., Gatto D., Pieri S., Mangoni L., Ilari A., Mancini M., Feliciangeli G., Leoni E., Toscano G., & Duca D. Experimental study to support local sunflower oil chains: Production of cold pressed oil in central Italy. *Agriculture*. 2019. Vol. 9(11). No 231. <https://doi.org/10.3390/agriculture9110231>.

14. Alabi K., Busari R. & Joel O. Development and performance evaluation of a variable-pitch tapered-shaft screw press for palm oil extraction. *Gazi University Journal of Science Part A: Engineering and Innovation*. 2022. Vol. 9(2). P. 49-61. <https://doi.org/10.54287/gujasa.1069996>.

15. Antoniassi R., Wilhelm A.E., Reis S.L.R., Regis S.A., Faria-Machado A.F., Bizzo H.R., & Cenci S.A. Expeller pressing of passion fruit seed oil: Pressing efficiency and quality of oil. *Brazilian Journal of Food Technology*. 2022. 25, № 2021168. doi: 10.1590/1981-6723.16821.

16. Самохвал В. А., Самойчук К. О. Виготовлення паливних брикетів на пресі екструдерного типу. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*: III Міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених (24 лютого 2023). Запоріжжя: ТДАТУ, 2023. С. 11.

17. Carré P. New approach for the elucidation of the phenomena involved in the operation of vegetable oil extraction presses. *Oilseeds & Fats Crops and Lipids*. 2022. Vol. 29(6). <https://doi.org/10.1051/ocl/2021048>.

18. Дідур В., Кюрчев В., Чебанов А., Асєєв А. Підвищення ефективності технологічного процесу переробки насіння рицини на рицинову олію. *Modern Development Paths of Agricultural Production*. 2019. С. 17-27. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-5_3.



19. Самойчук К. О., Самохвал В. А. Підвищення ефективності виробництва паливних брикетів з оліємістких сировин в шнекових прес–екструдерах. *Раціональне використання енергії в техніці. TechEnergy 2023*: Зб. тез доповідей XIX Міжнар. наук. конф. (18-19 травня 2023 року). . Київ: НУБіП, 2023. С. 56-59.

20. Самохвал В. А., Самойчук К. О. Дослідження ефективності роботи обладнання для інтенсифікації відтискання технічних олій в гвинтових прес-екструдерах для виготовлення паливних брикетів. *Праці ТДАТУ*. 2023. Вип. 13, т.1. С. 16. <https://doi.org/10.31388/2220-8674-2023-1-16>.

21. Самойчук К.О., Самохвал В. А. Перспективи використання біопалива з рослинної сировини. *Інтеграційні та інноваційні напрями розвитку харчової індустрії* : Матер.VI між нар. наук.-прак. конф. (3-4 листопада 2022 р). Черкаси, 2022. С. 158–161.

22. Alonge A. F., Jackson N. Extraction of vegetable oils from agricultural materials: A review. *Proceedings of the 12th CIGR Section VI International Symposium*. 2019. P. 1184-1206.

23. Bălțatu C., Mateescu M., Anghelache D., Tăbărașu A. The importance of moisture in extracting oils from oilseeds. *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara-International Journal of Engineering*. 2022. Vol. 2. P. 167-170.

24. Fakayode O., & Ajav E. Development, testing and optimization of a screw press oil expeller for moringa (*Moringa oleifera*) seeds. *Agricultural Research*. 2019. Vol. 8. P. 102–115. <https://doi.org/10.1007/s40003-018-0342-6>.

25. Gudzenko M. M., Vasylyv V. P., Mushtruk M. M., Zheplinska M. M., Palamarchuk I. P., Burova Z. A., Sarana V. V. Parameters of screw nozzles of twin-screw extruder-press on oil yield. *Animal Science and Food Technology*. 2021. Vol. 12(3). P. 5-17. <https://doi.org/10.31548/animal2021.03.001>.

Стаття надійшла до редакції 18.10.2023



K. Samoichuk¹, V. Samokhval¹, O. Chervotkina¹
¹Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University

**STUDYING THE EFFICIENCY OF THE COOLING SYSTEM DURING THE
INTENSIFICATION OF EXTRUSION OF INDUSTRIAL OILS IN SCREW
PRESS EXTRUDERS FOR THE MANUFACTURE OF FUEL BRIQUETTES**

Summary

The relevance of the study is aimed at overcoming the problem of overheating of screw press equipment and raw materials in the manufacture of fuel briquettes from oil-containing raw materials with the squeezing out of excessive content of industrial oils, which in turn significantly affects both the quality of the industrial oils themselves and the quality of the briquette. This problem is faced by owners of screw press equipment especially in summer, when the ambient temperature is quite high. This study aims to overcome the problem of overheating of the most heated parts of the equipment and to determine the optimal temperatures for the production of fuel briquettes using screw press extruders and the development of a cooling system. The main goal of the work is to improve the quality of finished products by controlling the temperature and reducing the cost of finished products. Empirical methods of research are the most effective for solving this problem. The paper analyzes methods for eliminating the problem of overheating of the squeezing chamber and the final briquette formation device. When developing and implementing methods for solving this problem, the designs of well-known press equipment of this type were analyzed, and the need to develop new press equipment in which the press chamber and part of the sections of the final forming device are equipped with a temperature control system was substantiated. Each of the sections of the final molding device should be equipped with a system of regulated selection of industrial oils, with the ability to interchange sections. Since when forming a briquette from oil-containing raw materials, the time spent in the press plays an important role, increasing which allows for better compression of the raw material to be formed into a briquette and separation of a larger percentage of industrial oils, the new device should increase the time spent in the compressed state. The developed equipment is mainly intended for regions where such crops as sunflower, flax, rapeseed, soybean are grown in large volumes. This equipment ensures stable operation and high quality of finished products regardless of the ambient temperature and provides an opportunity to obtain additional profit from the sale of technical oils.

Key words: production of briquettes, press, temperature parameters, pressing device, oil output.

ПРАЦІ
Таврійського державного агротехнологічного університету

Наукове фахове видання

Випуск 23, том 2

Заснований у 1998 р
Виходить три рази на рік

Свідоцтво про державну реєстрацію
Друкованого засобу масової інформації
Міністерство юстиції
КВ 24285-14125 ПР від 27.12.2019 р.

Відповідальний за випуск – д.т.н., професор Панченко А. І.

Підписано до друку 01.11.2023 р. Формат 60x84/8. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman. Ум.-друк. арк. 15 Наклад 100.
ТОВ «Науково-виробнича компанія «Інтер-М»
Свідоцтво 33 № 26 від 23.06.2008 р.
69014, Україна, м. Запоріжжя, вул. Колерова,5