АЛІЄВ
Ельчин Бахтияр огли

aliev.in.ua
ORCID: **0000-0003-4006-8803**
Scopus ID: **57203904662**
WoS Research ID: **D-5266-2018**
aliev@meta.ua

Доктор технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва, старший дослідник за спеціальністю 133 – галузеве машинобудування (13 – механічна інженерія), магістр за спеціальністю фізика, професор кафедри інжинірингу технічних систем Дніпровського державного аграрно-економічного університету, головний науковий співробітник Інституту олійних культур Національної академії аграрних наук України.

Автор понад 300 наукових праць, з них 6 монографій, 14 патентів (4 на винахід) і 35 публікацій у періодичних виданнях, які включено до наукометричних баз Scopus і Web of Science.

Лауреат премії Президента України для молодих вчених 2020 р. за роботу «Обґрунтування адаптивних механотронних систем прецизійного цільового поділу та відбору насіннєвого матеріалу соняшника» (Указ Президента України від 29 грудня 2020 р. № 595/2020).

Лауреат Премії Верховної Ради України молодим ученим за 2021 р. за роботу «Техніко-технологічне забезпечення безвідходного виробництва біологічно цінних хлібних виробів і кормової продукції» (Постанова Верховної Ради України 2833-IX від 13 грудня 2022 р.).

Член International Association of Engineers (з 2020 р.), член редакційних колегій Науково-технічного бюлетеня ІОК НААН (з 2019 р.), наукового журналу «Наукові горизонти» (з 2021 р.), Загальнодержавного міжвідомчого науково-технічного збірника «Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин», член Експертної ради Міністерства освіти і науки України з експертизи проектів наукових робіт (2018–2020 рр.), стипендіат Кабінету Міністрів України (2018–2020 рр., 2022–2023 рр.), член галузевої Експертної ради за напрямом 13 – механічна інженерія Національного агентства із забезпечення якості вищої освіти (2019–2021 рр.).

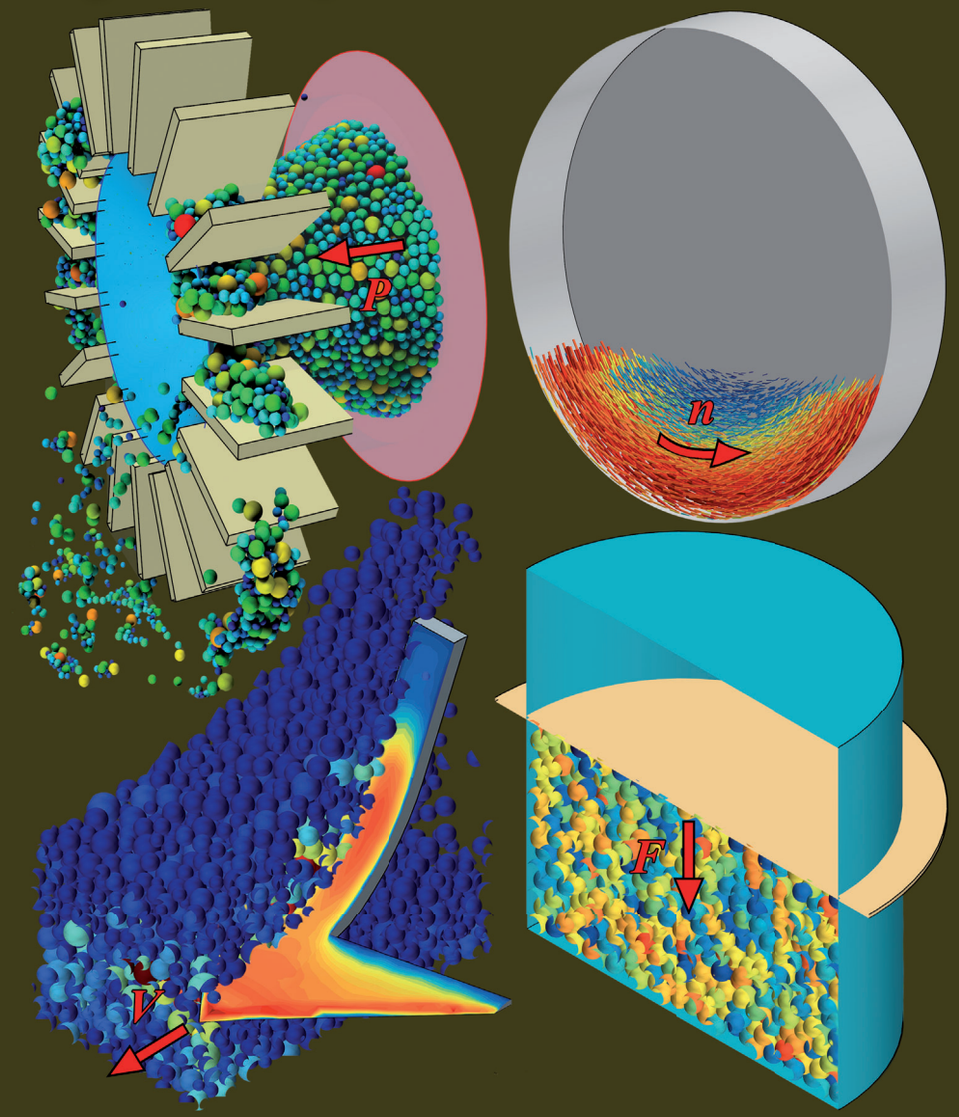
Аграрна наука

Е. Б. Алієв

Чисельне моделювання процесів агропромислового виробництва

Е. Б. Алієв

Чисельне моделювання процесів агропромислового виробництва



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
Інститут олійних культур

АЛІЄВ Ельчин Бахтияр огли

Чисельне моделювання процесів агропромислового виробництва

ПІДРУЧНИК

Київ
Аграрна наука
2023

УДК 631.3:519.6 (075.8)
DOI: 10.31073/978-966-540-584-9
А 45

Рекомендовано до друку вченою радою
Дніпровського державного аграрно-економічного університету
25 травня 2023 р. (протокол № 8)
та вченою радою Інституту олійних культур НААН
29 червня 2023 р. (протокол № 3)

Рецензенти:
В. М. Сало – доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, декан агротехнічного факультету (*Центральноукраїнський національний технічний університет*);
В. І. Пастухов – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри сільськогосподарських машин та інженерії тваринництва (*Державний біотехнологічний університет*);
В. В. Братішко – доктор технічних наук, старший науковий співробітник, декан механіко-технологічного факультету (*Національний університет біоресурсів і природокористування України*);
В. Б. Говоруха – доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри вищої математики, фізики та загальноінженерних дисциплін (*Дніпровський державний аграрно-економічний університет*);
В. М. Яропуд – кандидат технічних наук, доцент, декан інженерно-технологічного факультету (*Вінницький національний аграрний університет*)

Алієв Е. Б.

А45 Чисельне моделювання процесів агропромислового виробництва: підручник. Київ: Аграрна наука, 2023. 340 с. [Aliiev Elchyn. Numerical simulation of agricultural production processes: textbook. Kyiv: Agrarna nauka, 2023. 340 p.].

ISBN 978-966-540-584-9

У підручнику представлено матеріали проведення обчислювальних експериментів технологічних процесів агропромислового виробництва на базі CAD/CAE-системи Simcenter STAR-CCM+. Це повнофункціональна мультидисциплінарна платформа для інженерних розрахунків і аналізу поведінки технічних систем у реальних умовах експлуатації при взаємодії з різноманітними середовищами. Метою підручника є формування системи наукових і професійних знань, умінь та навиків, які спрямовано на проведення інженерних і наукових досліджень у галузевому машинобудуванні й агроінженерії.

Призначений для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) і третього (освітньо-наукового) рівнів вищої освіти, викладачів закладів вищої освіти, науковців наукових установ та інженерів машинобудівних підприємств.

This textbook presents materials for conducting computational experiments of technological processes of agro-industrial production based on the Simcenter STAR-CCM+ CAD/CAE system. It is a fully functional multidisciplinary platform for engineering calculations and analysis of the behavior of technical systems in real operating conditions when interacting with various environments. The purpose of the textbook is the formation of a system of scientific and professional knowledge, skills and abilities aimed at conducting engineering and scientific research in the field of mechanical engineering and agricultural engineering

It is intended for students of higher education of the second (master's) and third (educational and scientific) levels of higher education, teachers of higher education institutions, scientists of scientific institutions and engineers of machine-building enterprises.

УДК 631.3:519.6 (075.8)
DOI: 10.31073/978-966-540-584-9

ISBN 978-966-540-584-9

ЗМІСТ

Розділ 3

ВСТУП

На сьогодні **інжиніринг технічних систем** неможливий без використання сучасних методів і програмних засобів чисельного моделювання (**CAD/CAE-системи**). Не винятком є проєктування машин і засобів механізації сільськогосподарського машинобудування (**Agricultural Engineering**).

У рамках підготовки висококваліфікованих **фахівців галузевого машинобудування і агроінженерії** потрібне формування системи наукових і професійних знань та умінь, які спрямовано на проведення **інженерних і наукових досліджень**, а саме – загальних питань теорії чисельного моделювання, методів побудови математичних моделей технологічних процесів і технічних систем агропромислового виробництва, їх використання для проведення обчислювальних експериментів на базі CAE-систем і рішення оптимізаційних завдань.

Дніпровський державний аграрно-економічний університет (ДДАЕУ) долучений до академічної програми «**SIEMENS PLM**». У рамках цієї програми ДДАЕУ є ліцензованим користувачем програмного забезпечення «**Simcenter STAR-CCM+ Academic Pack**». Це повнофункціональна мультидисциплінарна платформа для інженерних розрахунків і аналізу поведінки технічних систем у реальних умовах експлуатації при взаємодії із різноманітними середовищами. Вивчення принципів роботи в програмному пакеті **Simcenter STAR-CCM+** дасть здобувачам **другого (магістерського) рівня вищої освіти** і **третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (доктор філософії, PhD)** можливості виконувати науково-дослідні роботи на високому технічному рівні, що скоротить час на проведення і підготовку до експериментальних досліджень розроблених технічних систем завдяки чисельному моделюванню процесу на персональному комп'ютері.

У підручнику систематизовано теоретичний і практичний матеріал чисельного моделювання технологічних процесів агропромислового виробництва. У **першому розділі** представлені основні поняття, методи і засоби чисельного моделювання, принципи побудови сіткових та фізичних моделей, фізико-математичний апарат проведення чисельного моделювання, планування і статистичну обробку отриманих результатів. **Другий розділ** присвячено методичним рекомендаціям до практичних робіт з чисельного моделювання в Simcenter STAR-CCM+ і подальшої статистичної обробки результатів. У **третьому розділі** наведено методичні рекомендації до індивідуальних завдань, які спрямовано на закріплення вивченого теоретичного і практичного матеріалів і перевірки засвоєних знань.

INTRODUCTION

Today, the engineering of technical systems is impossible without the use of modern methods and numerical modeling software (CAD/CAE systems). The design of machines and means of mechanization of agricultural engineering (Agricultural Engineering) is no exception.

As part of the training of highly qualified specialists in mechanical engineering and agricultural engineering, it is necessary to form a system of scientific and professional knowledge and skills aimed at conducting engineering and scientific research, namely, general issues of the theory of numerical modeling, methods of building mathematical models of technological processes and technical systems of agro-industrial production, and their use for conducting computational experiments based on CAE systems and solving optimization tasks.

Dnipro State Agrarian and Economic University (DDAEU) is included in the "SIEMENS PLM" academic program. As part of this program, DDAEU is a licensed user of the "Simcenter STAR-CCM+ Academic Pack" software. It is a fully functional multidisciplinary platform for engineering calculations and analysis of the behavior of technical systems in real operating conditions when interacting with various environments. Studying the principles of work in the Simcenter STAR-CCM+ software package will give applicants of the second (master's) level of higher education and the third (educational and scientific) level of higher education (doctor of philosophy, PhD) the opportunity to perform scientific research work at a high technical level, which will reduce the time conducting and preparing for experimental studies of developed technical systems due to numerical simulation of the process on a personal computer.

The textbook systematizes theoretical and practical material of numerical modeling of technological processes of agro-industrial production. The first chapter presents the basic concepts, methods and means of numerical modeling, the principles of building mesh and physical

models, the physical-mathematical apparatus for conducting numerical modeling, planning and statistical processing of the obtained results. The second section is devoted to methodical recommendations for practical works on numerical modeling in Simcenter STAR-CCM+ and further statistical processing of the results. The third section contains methodological recommendations for individual tasks, which are aimed at consolidating the studied theoretical and practical materials and checking the acquired knowledge.

Розділ 1

МЕТОДИ І ЗАСОБИ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

1.1. Основні поняття чисельного моделювання

Розділ складено на основі літературних джерел [1, 2].

Моделювання є найефективнішим способом дослідження складних систем різного призначення – технічних, економічних, екологічних, соціальних, інформаційних – як на етапі їх проєктування, так і в процесі експлуатації. Можливості моделювання систем далеко не вичерпані, тому постійно з'являються найновіші методи та технології моделювання.

Створення моделі – кропіткий і творчий процес, що потребує від дослідника не лише глибоких теоретичних знань з різних математичних та технічних дисциплін, а й творчого підходу до розв'язання задач, уміння генерувати певні евристики, що відповідають глибинній суті досліджуваного об'єкта.

Моделювання як спосіб пізнання використовувалось людиною з давніх часів. Але з появою комп'ютера моделювання систем збагатилось появою принципово нових методів моделювання таких як імітаційне моделювання, еволюційне моделювання, методи групового урахування аргументів. Моделі і методи моделювання використовують при створенні систем автоматизованого проєктування, систем прийняття рішень, систем автоматизованого керування, систем штучного інтелекту. Потрібність у розв'язанні задач моделювання систем виникає не тільки у науковця, але й у проєктувальника, виробника, ділової людини під час повсякденної праці.

Сучасні технології моделювання не лише полегшили і прискорили процес побудови та дослідження моделі, а й значно наблизили сприйняття інформації спеціаліста з моделювання систем і спеціаліста, що працює у галузі, яка моделюється. Результати моделювання, які представлені засобами 3D-анімації, допомагають знайти

Розділ 2

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ПРАКТИЧНИХ РОБІТ З ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В SIMCENTER STAR-CCM+

2.1. Обтікання симетричного тіла в аеродинамічній трубі

Постановка задачі. У цьому прикладі виконується розрахунок навколозвукового потоку, що обтікає симетричне тіло в аеродинамічній трубі (рис. 2.1).

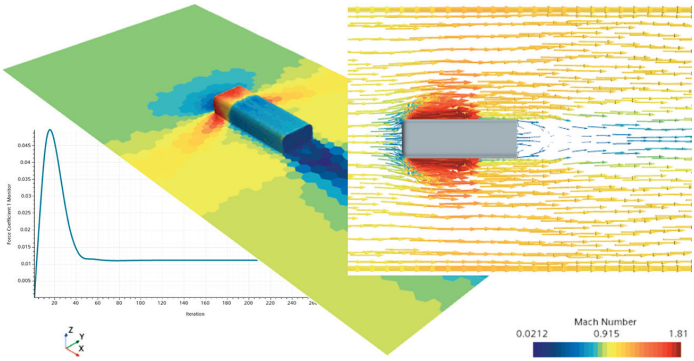


Рис. 2.1. **Постановка задачі**

Потрібно виконати такі кроки:

- імпортування файлів геометрії;
- створення сітки із багатогранних комірок;
- завдання найменувань та типів границь;
- завдання моделей у меню завдання фізичних моделей (Continua) та застосування їх до різних областей моделі;
- завдання умов, величин та граничних умов для цих областей;
- запуск завдання на розрахунок;
- аналіз результатів.

Розділ 3

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ З ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ У SIMCENTER STAR-CCM+

3.1. Симуляція деформації зернової суміші

Постановка задачі. Мета – визначити параметри деформації зерна залежно від його фізико-механічних властивостей.

Деформація відбувається під дією поршня (plunger) на зерно (grain), яке знаходиться в циліндричній ємності (cylinder). Розрахункова схема і геометричні розміри наведено на рис. 3.1.

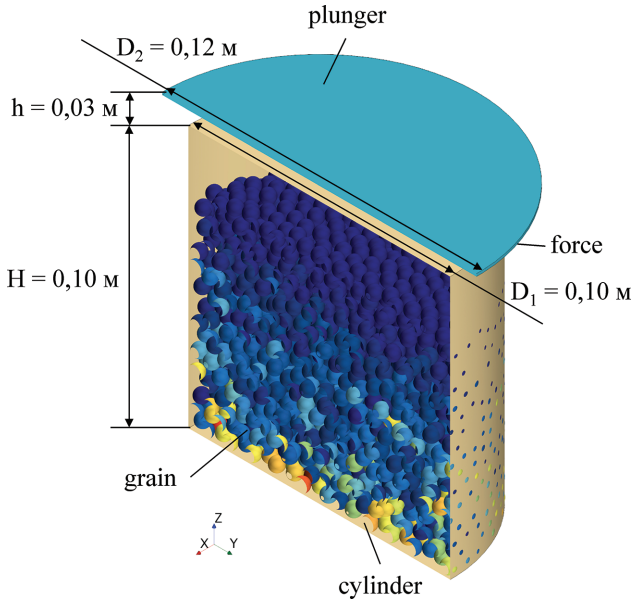


Рис. 3.1. Розрахункова схема дослідження деформації зернової суміші

Планом досліджень передбачено варіювання трьома рівнями за трьома факторами досліджень. План досліджень наведено у *табл. 3.8*.

Обробка результатів багатофакторного моделювання. Для кожного досліду необхідно відповідно до плану *табл. 3.11* зберегти зображення всіх сцен. Крім того, слід сформувати узагальнену таблицю (див. *табл. 3.11*), в яку потрібно додати розраховані значення η_t.

Таблиця 3.11. **План досліджень**

№ досліду	x_1	x_2	x_3	η_t
1	-1	-1	-1	
2	-1	-1	0	
3	-1	-1	1	
…	…	…	…	
10	0	-1	-1	
11	0	-1	0	
…	…	…	…	
26	1	1	0	
27	1	1	1	

Далі скласти програму розрахунку рівняння регресії в програмному пакеті Wolfram Cloud згідно з методикою, описаною у розділі 2.7. У результаті обробки даних у програмному пакеті Wolfram Cloud необхідно встановити рівняння регресії зміни коефіцієнта температурної ефективності η_t від факторів досліджень. Далі побудувати тривимірні графіки цієї залежності і провести їх наочний опис. Розрахувати раціональні значення факторів досліджень, при яких тиск η_t є найбільшим.

3.6. Досвід рішення задач агропромислового виробництва в Simcenter STAR-CCM+

Для ознайомлення з унікальним досвідом чисельного моделювання технологічних процесів агропромислового виробництва в Simcenter STAR-CCM+ скористайтеся зазначеною науковою літературою:

- Сепарація насіннєвого матеріалу на малогабаритному аеродинамічному сепараторі [143, 144];
- Сепарація насіннєвого матеріалу на аеродинамічному сепараторі [143, 145–150];

- Сепарація насіннєвого матеріалу на віброрешітному сепараторі [143–146, 151–157];
- Сепарація насіннєвого матеріалу на вібропневматичному сепараторі [143–146, 158, 159];
- Переміщення насіння під дією робочого органу блока подачі фотоелектронного сепаратора [143–146, 160–166];
- Переміщення насіння у сповільнювачі пневматичної сівалки точного висіву [167, 168];
- Формування псевдозрідженого шару в забірній камері гідропневматичного висівного апарата [169, 170];
- Потокове змішування та видача кормосуміші одновальним лопатевим змішувачем [171–174];
- Сепарація насіннєвого матеріалу дрібнонасіннєвих культур на циліндричному чарунковому трієрі [175–179];
- Аеродинамічні процеси в жниварці обчісувального типу [180–182];
- Змішування компонентів гноє-компостної суміші барабанно-лопатевим робочим органом [183–186];
- Висів насіння дрібнонасіннєвих культур селекційною сівалкою [187–189];
- Переміщення молокоповітряної суміші в доїльному апараті [190–192];
- Рух двофазного миючого розчину горизонтальною молокопровідною лінією з повітряним інжектором [193,194];
- Робочий процес ротаційного пластинчастого вакуумного насоса доїльної установки [193, 195, 196];
- Процес формування експандатів кормів [175, 197–199];
- Дослідження процесу роботи кавітаційного диспергатор-гомогенізатора [175, 200–202];
- Взаємодія робочих органів ґрунтообробних машин із ґрунтом [203, 204].

Список використаних джерел

1. *Фельдман, Л. П., Петренко, А. І., Дмитрієва, О. А.* (2006). Чисельні методи в інформатиці. Київ: Видавнича група BHV. 480 с. ISBN 966-552-155-1.
2. *Бойцова, І. А.* (2015). Чисельні методи: конспект лекцій. Одеса: Видавництво ОНУ ім. І. І. Мечникова. 126 с.
3. *Задачин, В. М., Конюшенко, І. Г.* (2014). Чисельні методи: навчальний посібник. Харків: Вид. ХНЕУ ім. С. Кузнеця. 180 с. ISBN 978-966-676-547-6.
4. *Вислоух, С. П., Волошко, О. В., Тимчик, Г. С., Філіппова, М. В.* (2021). Комп'ютерне моделювання процесів та систем. Чисельні методи : підручник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка». 228 с. ISBN 978-966-990-028-9.
5. *Стеценко, І. В.* (2010). Моделювання систем: навч. посіб. М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. Черкаси : ЧДТУ. 399 с. ISBN 978-966-402-073-9.
6. *Амосов, В. В., Сало, В. М., Свірень, М. О.* (2022). Математичне моделювання процесів і машин: навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. Харків: Мачулін. 218 с. ISBN 978-617-7813-59-9.
7. *Павленко, П. М., Філоненко, С. Ф., Чередніков, О. М., Трейтяк, В. В.* (2017). Математичне моделювання систем і процесів: навч. посіб. Київ : НАУ. 392 с. ISBN 978–966–598-925-7.
8. *Ситник, В. Ф., Орленко, Н. С.* (1998). Імітаційне моделювання: навч. посіб. Київ : КНЕУ. 230 с. ISBN 966-574-077-6.
9. *Тимченко, А. А.* (2000). Основи системного проектування та системного аналізу складних об'єктів: підручник для студентів вищих закладів освіти; за ред. В. І. Бикова. Київ: Либідь. 270 с. ISBN 966-06-0058-5.
10. *Чуйко, Г. П., Дворник, О. В., Яремчук О. М.* (2015). Математичне моделювання систем і процесів: навчальний посібник. Миколаїв: ЧДУ імені Петра Могили. 244 с.
11. *Тимченко, А. А.* (2004). Основи системного підходу та системного аналізу об'єктів нової техніки: навч. посіб.; за ред. Ю. Г. Леги. Київ: Либідь. 288 с.
12. *Томашевський, В. М.* (2005). Моделювання систем. Київ: Видавнича группа BHV. 352 с. ISBN 966-552-120-9.

13. *Струтинський, В. Б.* (2001). Математичне моделювання процесів та систем механіки: підручник. Житомир: ЖІТІ. 612 с. ISBN 966-7570-94-0.
14. *Пальчевський, Б. О.* (2001). Дослідження технологічних систем (моделювання, проектування, оптимізація): навч. посіб. Львів: Світ. 232 с. ISBN 966-603-137-X.
15. *Бахрушин, В. Є.* (2009). Математичні основи моделювання систем: навч. посіб. для студентів. Запоріжжя: Класичний приватний університет. 224 с. ISBN 978-966-414-019-2.
16. *Василенко, О. В.* (2020). Комп'ютерне моделювання: навч. посіб. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка». 175 с. ISBN 978-617-529-293-8.
17. *Гребеников, А. Г.* (2004). Основи комп'ютерного моделювання за допомогою інтегрованої системи CAD/CAM/CAE/PLM UNIGRAPH3CS NX. Харків, ХАИ.
18. *Абакумова, О. О.* (2019). Чисельні методи. Комп'ютерний практикум: навч. посіб. для студ. спеціальності 122 «Комп'ютерні науки та інформаційні технології», спеціалізації «Інформаційні технології в біології та медицині». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. 69 с.
19. *Андруник, В. А., Висоцька, В. А., Пасічник, В. В. та ін.* (2017). Чисельні методи в комп'ютерних науках:навчальний посібник. Львів: Видавництво «Новий світ – 2000». 470 с. ISBN 978-617-7519-06-4.
20. *Андруник, В. А., Висоцька, В. А., Пасічник, В. В., Чирун, Л. Б., Чирун, Л. В.* (2020). Чисельні методи в комп'ютерних науках: навч. посіб.; за ред. В. В. Пасічника. Львів: Видавництво «Новий світ – 2000». 536 с. ISBN 978-617-7519-12.
21. *Лазарєв Ю. Ф.* (2007). Моделювання на ЕОМ: навч. посіб. Київ: Політехніка. 290 с. ISBN 966-7599-46-9.
22. *Карвацький, А. Я., Мікульонок, І. О., Витвицький, В. М.* (2021). Моделювання статики і динаміки сипких матеріалів у LIGGGHTS [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра за спеціальностями 131 Прикладна механіка, 133 Галузеве машинобудування. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. 76 с.
23. *Півторак, Д. О., Лазарєв, Ю. Ф., Лакоза, С. Л.* (2021). Комп'ютерне моделювання процесів і систем. Практикум: навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. 207 с.
24. *Simcenter STAR-CCM+ 2021.3.* Verification Suite. (2021). 333 p.
25. *Simcenter STAR-CCM+. Help.* User guide, tutorials, knowledge base, and tech support. (2022).
26. *Авдєєва, Т. В., Качаєнко, О. Б.* (2016). Звичайні диференціальні рівняння вищих порядків: практикум. Київ: НТУУ «КПІ». 67 с.

27. *Богач, І. В., Краковецький, О. Ю., Крилик, Л. В.* (2020). Чисельні методи розв'язання диференціальних рівнянь засобами MathCAD: навч. посіб. Вінниця: ВНТУ. 106 с. ISBN 978-966-641-802-2.
28. *Богданський, Ю. В., Бондаренко, В. Г., Мальцев, А. Ю., Подколзін, Г. Б.* (2020). Математичний аналіз. 1 Диференціальне числення функцій дійсної змінної: Збірник задач для розрахункових робіт: навч. посіб. для студентів спеціальності 124 «Системний аналіз». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. 59 с.
29. *Гончаров О. А., Васильєва Л. В., Юнда А. М.* (2020). Чисельні методи розв'язання прикладних задач: навч. посіб. Суми: Сумський державний університет. 142 с. ISBN 978-966-657-828-3.
30. *Задачин, В. М., Конюшенко, І. Г.* (2014). Чисельні методи: навчальний посібник. Харків : Вид. ХНЕУ ім. С. Кузнеця. 180 с. ISBN 978-966-676-547-6.
31. *Квєтний, Р. Н., Богач, І. В., Бойко, О. Р., Софина, О. Ю., Шушура, О. М.* (2012). Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Ч. 1. навч. посіб.; за заг. ред. Р. Н. Квєтного. Вінниця: ВНТУ. 193 с. ISBN 978-966-641-520-5.
32. *Квєтний, Р. Н., Богач, І. В., Бойко, О. Р., Софина, О. Ю., Шушура, О. М.* (2013). Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Ч. 2: навч. посіб.; за заг. ред. Р. Н. Квєтного. Вінниця: ВНТУ. 235 с. ISBN 978-966-641-521-2.
33. *Самборська, О. М., Шелестовський, Б. Г.* (2010). Чисельні методи: навч. посіб. для студентів вищих технічних навчальних закладів. Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя. 164 с.
34. *Попов, В. В.* (2012). Методи обчислень: конспект лекцій для студентів механіко-математичного факультету. Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет». 303 с
35. *Balci, N., Thomases, B., Renardy, M., Doering, C.R.* (2011). Symmetric factorization of the conformation tensor in viscoelastic fluid models. J. Non-Newtonian Fluid Mechanics. 166: 546–553.
36. *Chima, R. V., Liou, M.-S.* (2003). Comparison of the AUSM+ and H-CUSP Schemes for Turbomachinery Applications. NASA/TM-2003-212457.
37. *Chung, D. H., Kwon, T. H.* (2002). Invariant-based optimal fitting closure approximation for the numerical prediction of flow-induced fiber orientation. *J. Rheology.* 46. 169 p.
38. *Demirdzic, I. Muzaferija, S.* (1995). Numerical method for coupled fluid flow, heat transfer and stress analysis using unstructured moving meshes with cells of arbitrary topology. *Comput. Methods Appl. Mech. Eng.* 1–21.

39. *Dinh, S. M., Armstrong, R. C.* (2000). A Rheological Equation of State for Semiconcentrated Fiber Suspensions. *J. of Rheology.* 28: 207.
40. *Ferziger, J. H., Peric, M.* (2002). *Computational Methods for Fluid Dynamics*. 3rd rev. ed., Springer-Verlag, Berlin.
41. *Giles, M. B.* (1990). Non-reflecting boundary conditions for Euler equation calculations. *AIAA Journal.* 28 (12): 2050–2058.
42. *Guenette, R., Fortin, M.* (1995). A new mixed finite element method for computing viscoelastic flows. *J. Non-Newtonian Fluid Mechanics*. 60: 27–52.
43. *Hansen, M.* (2007). Aerodynamics of Wind Turbines. 2nd ed. Routledge.
44. *Lee, J. S., Dylla-Spears, R., Teclemariam, N. P., Muller, S. J.* (2007). Microfluidic four-roll mill for all flow types. *Applied Physics Letters.* 90: 074103.
45. *Loehmer, R.* (2009). On Limiters for Minimal Vorticity Dissipation. *AIAA.* 2009–135.
46. *Lynn, N., Steinhoff, J.* (2007). Large Reynolds Number Turbulence Modeling with Vorticity Confinement. *AIAA 2007–3965*.
47. *Poling, B. E., Prausnitz, J. M., O'Connell, J. P.* (2001). The Properties of Gases & Liquids. 5th Ed., McGraw-Hill.
48. *Saxer, A. P.* (1992). A numerical analysis of three-dimensional inviscid rotor/stator interactions using non-reflecting boundary conditions. Ph.D. Thesis. MIT Dept. of Aero. and Astro.
49. *Tezduyar, T. E., Osawa, Y.* (2000). Finite element stabilization parameters computed from element matrices and vectors. *Computer Methods in Applied Engineering*, 190. 3–4: 411–430.
50. *Varchanis*, *S., Syrakos, A., Dimakopoulos, Y., Tsampoulos, J.* (2019). A new finite element formulation for viscoelastic flows: Circumventing simultaneously the LBB condition and the high-Weissenberg number problem. *J. Non-Newtonian Fluid Mechanics.* 267: 78–97.
51. *Verbeeten, W. M. H., Peters, G. W. M., Baaijens, F. P. T.* (2002). Viscoelastic analysis of complex polymer melt flows using the eXtended Pom-Pom model. *J. Non-Newtonian Fluid Mech*. 108: 301–326.
52. *Weiss, J. M., Maruszewski, J. P., Smith, W. A.* (1999). Implicit solution of preconditioned Navier-Stokes equations using algebraic multigrid. *AIAA Journal.* 37(1): 29–36.
53. *Baaijens, F. P. T.* (1998). Mixed finite element methods for viscoelastic flow analysis: a review. *J. Non-Newton Fluid.* 79: 361–385.
54. *Burton, T., Jenkins, N., Sharpe, D., Bossanyi, E.* (2011). Wind Energy Handbook, 2nd ed., Wiley.
55. *Hosangadi, A., Sachdev, J. , Sankaran, V.* (2012). Improved Flux Formulations for Unsteady Low Mach Number Flows. ICCFD7 proceedings.

56. *Howard, A., Tartakovsky, A.* (2021). A conservative level set method for N-phase flows with a free-energy-based surface tensions model. *J. Computational Physics.* 426: 109955.
57. *Lockwood, B. A.* 2012. Gradient-based Approaches for Sensitivity Analysis and Uncertainty Quantification within Hypersonic Flows. Ph. D. Dissertation, University of Wyoming.
58. *Hosangadi, A., Sachdev, J., Sankaran, V.* (2012). Improved Flux Formulations for Unsteady Low Mach Number Flows. ICCFD7 proceedings.
59. *Howard, A., Tartakovsky, A.* (2021). A conservative level set method for N-phase flows with a free-energy-based surface tensions model. *J. Computational Physics.* 426. 109955.
60. *Saad, Y.* (2003). Iterative Methods for Sparse Linear Systems. 2nd ed., Society for Industrial and Applied Mathematics.
61. *Steinhoff, J., Lynn, N. and Wang, L.* (2005). Computation of High Reynolds Number Flows Using Vorticity Confinement: I. Formulation. UTSI Preprint.
62. *Dacles-Mariani, J., Zilliac, G., Chow, J. S., Bradshaw, P.* (1995). Numerical/experimental study of a wingtip vortex in the near field. *AIAA Journal.* 33(9): 1561–1568.
63. *Shur, M. L., Strelets, M. K., Travin, A. K., and Spalart, P. R.* (2000). Turbulence Modeling in Rotating and Curved Channels: Assessing the Spalart-Shur Correction. *AIAA Journal.* 38(5): 784–792.
64. *Spalart, P. R.* (2000). Strategies for turbulence modelling and simulations. *International Journal of Heat and Fluid Flow.* 21. 252–263.
65. *Jongen, T.* (1998). Simulation and Modeling of Turbulent Incompressible Flows. Ph.D. Thesis, Lausanne EPFL.
66. *Xu, W., Chen, Q., Nieuwstadt, F.T.M.* (1998). A new turbulence model for near-wall natural convection. *Int. J. Heat Mass Transfer.* 41: 3161–3176.
67. *Xu, W., Chen, Q., Nieuwstadt, F.T.M.* (1998). A new turbulence model for near-wall natural convection. *Int. J. Heat Mass Transfer.* 41: 3161–3176.
68. *Hellsten, A.* (2005). New Advanced k-omega Turbulence Model for High-Lift Aerodynamics. *AIAA Journal.* 43 (9): 1857–1869.
69. *Spalart, P. R.* (2000). Strategies for turbulence modelling and simulations. *Int. J. of Heat and Fluid Flow.* 21(3). 252–263.
70. *Wilcox, D. C.* (2008). Formulation of the k-ω turbulence model revisited. *AIAA Journal.* 46 (11): 2823–2838.
71. *Durbin, P. A., Medic, G., Seo, J. M., Eaton, J. K., Song, S.* (2001). Rough Wall Modification of 2-layer k-epsilon. *ASME Journal of Fluids Engineering.* 123: 16–21.

72. *Knopp, T., Eisfeld, B., Calvo, J. B.* (2009). A new extension for k-omega turbulence models to account for wall roughness. *International Journal of Heat and Fluid Flow.* 30: 54–65.
73. *Lardeau, S., Manceau, R.* (2014). Computations of Complex Flow Configurations Using a Modified Elliptic-Blending Reynolds-Stress Model. Proc. of the 10th Eng. Turb. Modelling and Measurement Conf., Marbella, Spain.
74. *Kenjeres, S., Gunarjo, S. B., Hanjalic, K.* (2005). Contribution to elliptic relaxation modelling of turbulent natural and mixed convection. *International Journal of Heat and Fluid Flow.* 26 (4): 569–586.
75. *Durbin, P. A., Medic, G., Seo, J. M., Eaton, J. K., Song, S.* (2001). Rough Wall Modification of 2-layer k-epsilon. *ASME Journal of Fluids Engineering.* 123: 16–21.
76. *Hadzic, I.* (1999). *Second-moment closure modeling of transitional and unsteady turbulent flows*. Doctoral thesis, Technical University of Delft.
77. *Knopp, T., Eisfeld, B., Calvo, J. B.* (2009). A new extension for k-omega turbulence models to account for wall roughness. *International Journal of Heat and Fluid Flow.* 30: 54–65.
78. *Balachandar S., Eaton J. K.* (2010). Turbulent dispersed multiphase flow. *Annu. Rev. Fluid Mech*. 42: 111–133.
79. *Benyahia, S., Syamlal, M., O'Brien, T. J.* (Accesses Jan 2012). *Summary of MFIX equations 2012-1*. From URL: https://mfix.netl.doe.gov/documentation/MFIXEquations2012-1.pdf
80. *Borissova, A.* (2009). General systems modeling of multi-phase batch crystallization from solution. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification.* 48. 268–278.
81. *Burns, A. D., Frank, T., Hamill, I., Shi, J-M.* (2004). The Favre averaged drag model for turbulent dispersion in Eulerian multi-phase flows. Technical report, Internation Conference on Multiphase Flow.
82. *Casenave, C., Dochain, D., Alvarez, G., Arellano, M., Benkhelifa, H., Leducq, D.* (2014). Model identification and reduction for the control of an ice cream crystallization process. *Chemical Engineering Science.* 119: 274–287.
83. *Cerne, G., Petelinb, S., Tiselja, I.* (2001). Coupling of the Interface Tracking and the Two-Fluid Models for the Simulation of Incompressible Two-Phase Flow. *Journal of Computational Physics.* 171 (2): 776–804.
84. *Coste, P.* (2013). A Large Interface Model for Two-Phase CFD. *Nuclear Engineering and Design.* 255: 38–50.
85. *Darbouret, M., Cournil, M., Herri, J. M.* (2005). Rheological study of an hydrate slurry for air conditioning application. *Fifth International Conference on Gas Hydrates (ICGH 5)*. Trondheim, Norway, 2005.

86. *Eskin, D., Taylor, S. D., Yang, D.* (2017). Modeling of droplet dispersion in a turbulent Taylor-Couette flow. *Chemical Engineering Science.* 161: 36–47.
87. *Esmaili, E., Mahinpey, N. (*2011). Adjustment of drag coefficient correlations in three dimensional cfd simulation of gas-solid bubbling fluidized bed. *Advances in Engineering Software.* 42: 375–386.
88. *Fox, R. O.* (2014). On multiphase turbulence models for collisional fluid-particle flows. *J. Fluid Mech.* 742: 368–424.
89. *Gera, D., Syamlal, M., O'Brien, T.J.* (2002). Int. J. Multiphase flow. 30 (4): 419–428.
90. *Gilman, L.A.* (2014). Development of a :general purpose subgrid wall boiling model from improved physical understanding for use in computational fluid dynamics. PhD thesis, MIT.
91. *Höhne, T., Porombka, P.* (2018). Modelling horizontal two-phase flows using generalized models. *Annals of Nuclear Energy.* 111: 311–316.
92. *Liao, Y., Lucas, D.* (2010). A literature review on mechanisms and models for the coalescence process of fluid particles. *Chemical Engineering Science.* 65: 2851–2864.
93. *Lo, S., Zhang, D.* (2009). Modelling of Break-up and Coalescence in Bubbly Two-Phase Flows. *J. Comp. Multiphase Flows.* 1(1): 23–38.
94. *Lubchenko, N., Magolan, B., Sugrue, R., Baglietto, E.* (2018). A more fundamental wall lubrication force from turbulent dispersion regularization for multiphase CFD applications. *Int. J. Multiphase Flow.* 98: 36–44.
95. *Miller, R.M., Singh, J.P., Morris, J.F.* (2009). Suspension flow modeling for general geometries. *Chemical Engineering Science.* 64 (22): 4597-4610.
96. *Rahman, M. S., Ahmed, M., Chen, X. D.* (2006). Freezing-melting process and desalination: I. Review of the state-of-the-art. *Separation & Purification Reviews.* 35: 59–96.
97. *Sugrue, R. M.* (2017). A Robust Momentum Closure Approach for Multiphase Computational Fluid Dynamics Applications. PhD Thesis, Massachusetts Institute of Technology.
98. *Yu, X., Hendrickson, K., Yue, D. K. P.* (2019). Scale separation and dependence of entrainment bubble-size distribution in free-surface turbulence. *Journal of Fluid Mechanics.* 885.
99. *Woo, X. Y., Tan, R. B. H., Braatz, R. D.* (2009). Modeling and computational fluid dynamics-population balance equation-micromixing simulation of impinging jet crystallizers. *Crystal Growth & Design.* 9: 156–164.
100. *Fujimoto, H.* (2007). Three-dimensional numerical analysis of the deformation behavior of droplets impinging onto a solid substrate. *Int. J. Multiphase Flow.* 33: 317–332.

101. *Gopalakrishnan, S. Schmidt, David P.* (2009). A Computational Study of Flashing Flow in Fuel Injector Nozzles. *SAE Int. Journal of Engines*. 1(1): 160–170.
102. *Hardt, S., Wondra, F.* (2008). Evaporation model for interfacial flows based on a continuum-field representation of the source terms. *Journal of Computational Physics.* 227 (10): 5871–5895.
103. *Neroorkar, K. D., Gopalakrishnan, S., Schmidt, David P., Grover, R. O. Jr.* (2011). Simulation of FlashBoiling in Pressure Swirl Injectors. *Atomization and Sprays.* 21 (2): 179–188.
104. *Sazhin, S. S.* (2006). Advanced models of fuel droplet heating and evaporation. *Progress in Energy and Combustion Science.* 32: 162–214.
105. *Schlottke, J., Weigand, B.* (2008). Direct numerical simulation of evaporating droplets. *Journal of Computational Physics.* 227 (10): 5215–5237.
106. *Teskeredzic, A., Demirdzic, I., Muzaferija, S.* (2002). Numerical method for heat transfer, fluid flow, and stress analysis in phase-change problems. *Numerical Heat Transfer,* Part B. 42: 437–459.
107. *Kenjeres, S., Gunarjo, S. B., Hanjalic, K.* (2005). Contribution to elliptic relaxation modelling of turbulent natural and mixed convection. *International Journal of Heat and Fluid Flow.* 26(4): 569–586.
108. *Hibiki, T., Ishii, M.* (2003). One-dimensional drift-flux model and constitutive equations for relative motion between phases in various two-phase flow regimes. *Int. Journal of Heat and Mass Transfer.* 46: 4935–4948.
109. *Hibiki, T., Ishii, M.* (2011). Thermo-Fluid Dynamics of Two-Phase Flow. Springer, ISBN 978-1-4419-7985-1.
110. *Apte, S.V., Mahesh, K., Gorokhovski, M., Moin, P.* (2009). Stochastic modeling of atomizing spray in a complex swirl injector using large eddy simulation. Proceedings of the Combustion Institute.
111. *Apte, S. V., Gorokhovski, M., Moin, P.* (September 2003). LES of of atomizing spray with stochastic modeling of secondary breakup. *International Journal of Multiphase Flow.* 29 (9): 1503–1522.
112. *Bai, C. X., Rusche, H., Gosman, A. D.* (2002). Modeling of gasoline spray impingement. *Atomization & Sprays.* 12 (1–3): 1–27.
113. *Birkhold, F., Meinast, U., Wassermann, P., Deutschmann, O.* (2006). Analysis of the Injection of Urea-water-solution for Automotive SCR DeNOx-Systems: Modelling of Two-phase Flow and Spray-Wall Interaction. SAE-2006-01-0643.
114. *Kawano, D., Ishii, H., Suzuki, H., Goto, Y., Odaka, M., Senda, J.* (2006). Numerical study on flash-boiling spray of multicomponent fuel. *Heat Transfer – Asian Researc.*, 35(5).

115. *Oka, Y. I, Okamura, K., Yoshida, T.* (2005). Practical estimation of erosion damage caused by solid particle impact. Part 1: Effect of impact parameters on a predictive equation. *Wear.* 259: 95–101.
116. *Oka, Y. I., Yoshida, T.* (2005). Practical estimation of erosion damage caused by solid particle impact. Part 2: Mechanical properties of materials directly associated with erosion damage. *Wear.* 259: 102–109.
117. *Schmidt, D. P., Rutland, C. J.* (2000). A New Droplet Collision Algorithm. *J. Comput Phys.* 164: 62–80.
118. *Wallace, M. S., Peters, J. S., Scanlon, T. J., Dempster, W. M., McCulloch, S., Ogilvie, J. B.* (2000). CFD-based erosion modeling of multi-orifice choke valves. *ASME*, Paper FEDSM2000-11244.
119. *Xiao, J., Yang, S., George, O. A., Putranto, A., Wu, W. D., Chen, X. D.* (2019). Numerical simulation of mono-disperse droplet spray dryer: Coupling distinctively different sized chambers. *Chemical Engineering Science.* 200: 12–26.
120. *Iwasaki, T., Munetake, S., Takaomi, K.* (2001). Analysis of collision energy of bead media in a high-speed elliptical rotor-type poweder mixer using the discrete element method. *Powder Technology.* 121: 239–248.
121. *Kosteski, L., D'Ambra, R. B., Iturrioz, I.* (2012). Crack propagation in elastic solids using the truss-like discrete element method. *Int. J. Fract*. 174: 139–161.
122. *Potyondy, D. O., Cundall, P. A*. (2004). A bonded-particle model for rock. *Int. J. Rock Mechanics & Mining Sciences.* 41: 1329–1364.
123. *Rojek, J.* (2014). Discrete element thermomechanical modelling of rock cutting with valuation of tool wear. *Comp. Part. Mech*. 1: 71–84.
124. *Sommerfeld, M.* (2000). Theoretical and Experimental Modelling of Particulate Flows. *Technical Report Lecture Series 2000-06*, von Karman Institute for Fluid Dynamics, 20–23.
125. *Кисельов, О. В., Комарова, І. Б., Мілько, Д. О., Бакарджиєв Р. О.* (2017). Статистична обробка і оформлення результатів експериментальних досліджень (із досвіду написання дисертаційних робіт): навч. посіб.; за заг. ред. Д. О. Мілька. Інститут механізації тваринництва НААН. Запоріжжя: СТАТУС. 1181 с.
126. *Shumway, R. H., Stoffer, D. S.* (2011). Time series analyses and its applications: With R examples. 3-rd ed. New York : Springer. 596 p.
127. *Everitt, B., Hothorn, T.* (2009). A handbook of statistical analyses using R. 2-nd ed. Chapman and HALL/CRC. 376 p.
128. *Вашків, П. Г., Пастер, П. І., Сторожук, В. П., Ткач, Є. І.* (2001). Теорія статистики: навч. посіб. Київ: Либідь. 320 с.

129. *Дубовой, В. М., Квєтний, Р. Н., Михальов, О. І., Усов, А. В.* (2017). Моделювання та оптимізація систем: підручник. Вінниця: ПП «ТДЕдельвейс». 804 с. ISBN 978-617-7237-23-4.
130. *Царенко, О. М., Злобін, Ю. А., Скляр, В. Г., Панченко, С. М.* (2000). Комп'ютерні методи в сільському господарстві та біології: навч. посіб. Суми: Університетська книга. 203 с.
131. *Сердюк, А. М., Антомонов, М. Ю., Бардов, В. Г., Прилуцький, О. С.* (2010). Подання результатів математичної та статистичної обробки даних медичних та біологічних досліджень у дисертаційних роботах. *Бюл. Вищої атестац. комісії України*. 6. С. 31–33.
132. *Ушкаренко, Е. О., Нікішенко, В. Л., Голобородько, С. П., Коковіхін, С. В.* (2008). Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві: навч. посіб. Херсон: Айлант. 272 с.
133. *Кисельов, О. В., Комарова, І. Б., Бакарджиєв, Р. О.* (2011). Дослідження неорганізованих масивів вибірок. *Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві:* зб. наук. праць. Запоріжжя: ІМТ НААН. Вип. 1(7). С. 254–259.
134. *Єщенко, В. О., Копитко, П. Г., Костогриз, П. В., Опришко, В. П.* (2014). Основи наукових досліджень в агрономії: підручник; за ред. В. О. Єщенка. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К». 332 с.
135. *Ушкаренко, Е. О., Вожегова, Р. А, Голобородько, С. П., Коковіхін, С. В.* (2013). Статистичний аналіз результатів польових дослідів у землеробстві: монографія. Херсон: Айлант. 378 с.
136. *Кисельов, О. В., Антонов, Є. Є., Бакарджиєв Р. О.* (2011). Використання пакету програм Statist для аналізу результатів багатофакторного активного експерименту. Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві: зб. наук. праць. Запоріжжя*:* ІМТ НААН. 1(7): 243–253.
137. *Бакарджиєв, Р. О., Комарова, І. Б., Кисельов, О. В.* (2012). Розрахунок математичної моделі багатофакторного експерименту за допомогою ППП Statistica. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь: ТДАТУ. 2 (2): 59–65.
138. *Бакарджиєв, Р. О., Комаров А. О.* (2015). Особливості оцінки результатів регресійного аналізу. Збірник наукових праць КНТУ. Техніка в с.-г. виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. 28: 237–249.
139. *Кисельов, О. В., Комарова, І. Б., Бакарджиєв, Р. О.* (2012). Порівняння результатів рівняння регресії з незадіяним і задіяним рангом. Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві: зб. наук. пр. Запоріжжя: ІМТ НААН. 1(9): 97–102.

140. *Бакарджиєв, Р. О.* (2011). Застосування тернарних графіків при аналізі теплоти згорання для трикомпонентних паливних брикетів. Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві: зб. наук. пр. Запоріжжя: ІМТ НААН. 2(8): 220–224.
141. *Мілько, Д. О., Бакарджиєв, Р. О., Комарова, І. Б.* (2015). Тернарне представлення поверхні відклику трифакторного експерименту. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь: ТДАТУ. 15 (3): 224–229.
142. *Літун, П. П., Кириченко, В. В., Петренкова, В. П., Коломацька, В. П.* (2009). Системний аналіз в селекції польових культур: навч. посіб. Харків: Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва. 354 с.
143. *Алієв, Е. Б.* (2020). Механіко-технологічні основи процесу прецизійної сепарації насіннєвого матеріалу соняшнику: дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.11. Запоріжжя. 530 с.
144. *Алієв, Е. Б.* (2019). Фізико-математичні моделі процесів прецизійної сепарації насіннєвого матеріалу соняшнику: монографія. Запоріжжя: СТАТУС. 196 с. ISBN 978-617-7759-32-3.
145. *Aliev, 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*. 54 (1): 95–104.
146. *Shevchenko I., Aliiev E.* (2022). Precise grading and sorting of sunflower plant materials in industrial facilities. *Journal of Central European Agriculture*. 23(2): 327–341. doi: 10.5513/JCEA01/23.2.3345
147. *Aliev, E. B., Yaropud, V. M., Dudin, V. Yr., Pryshliak, V. M., Pryshliak, N. V., Ivlev, V. V.* (2018). Research on sunflower seeds separation by airflow. *INMATEH – Agricultural Engineering.* 56 (3): 119–128.
148. *Алієв, Е. Б., Бабин, І. А.* (2023). *Чисельне моделювання процесу аеродинамічної сепарації дрібнозернистого сипкого матеріалу*. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 1 (120): 5–13. doi: 10.37128/2520-6168-2023-1-1
149. *Алієв, Е. Б.* (2018). Патент на корисну модель України 136828, МПК B07B 4/02 (2006.01). Адаптивний аеродинамічний сепаратор: заявник: Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України, № u201902090; заявл. 01.03.2019; опубл. 10.09.2019. Бюл. № 17.
150. *Алієв, Е. Б., Гаврильченко О. С.* (2019). Обґрунтування автоматизованої системи керування потоком повітря в аеродинамічному сепараторі насіннєвого матеріалу. Сучасні проблеми вдосконалення технічних систем і технологій у тваринництві: Вісник Харківського Національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Харків. 201: 132–140.

151. *Алієв, Е. Б.* (2019). Патент України на винахід 120235 , МПК (2006) B07B 1/00, B07B 1/40 (2006.01), B07B 1/42 (2006.01), G05B 13/00, G05B 15/00. Адаптивний віброрешітний сепаратор: заявник: Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України, № a201811084; заявл. 25.10.2019; опубл. 25.10.2019. Бюл. № 20.
152. *Алієв, Е. Б., Пацула, О. М., Кутіщев В. Л.* (2017). Методика чисельного моделювання процесу переміщення насіннєвого матеріалу олійних культур під дією вібруючого решета «Сучасні напрями селекції, технології вирощування та переробки олійних культур: : збірник тез Міжнар. наук. інтернет-конф. (16 листопада 2017, м. Запоріжжя). Запоріжжя: ІОК НААН. 170–171.
153. *Алієв, Е. Б.* (2017). Фізико-математичний апарат пружно-демпферної взаємодії насінин під дією вібруючого решета. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодержавний міжвід. наук.-техн. зб.* 47 (I): 31–39.
154. *Алієв, Е. Б.* (2017). Результати чисельного моделювання процесу переміщення насіннєвого матеріалу олійних культур під дією вібруючого решета. *Механізація та електрифікація сільського господарства:* [загальнодержавний збірник]. 6 (105): 97–103.
155. *Алієв, Е., Яропуд, В.* (2018). Математична модель взаємодії сипкого матеріалу із вібруючим решетом. *Вібрації в техніці та технологіях: XVII Міжнар. наук.-техн. конф*. (11–12 жовтня 2018 р). Посвіт. 28–29.
156. *Алієв, Е. Б., Яропуд, В. М., Гаврильченко, О. С., Кунда, В. Г.* (2018). Фізико-математичний апарат взаємодії сипкого матеріалу із вібруючим решетом. *Вібрації в техніці та технологіях: всеукр. наук.-техн. журн.* Вінниця. 3 (90): 5–10.
157. *Shevchenko, I., Aliiev, E.* (2018). Study of the process of calibration of confectionery sunflower seeds. *Food Science and Technology.* 12 (4): 135–142.
158. *Шевченко, І. А., Алієв, Е. Б.* (2021). Адаптивний вібропневматичний сепаратор. Патент України на винахід 122809, МПК (2006), B03B 4/02 (2006.01), B07B 4/00, B07B 13/18 (2006.01). Заявник: Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України, № a201807029; заявл. 22.06.2018; опубл. 06.01.2021, Бюл. № 1.
159. *Алієв, Е. Б.* (2018). Фізико-математична модель процесу переміщення насіннєвого матеріалу олійних культур під дією вібруючої поверхні. *Вібрації в техніці та технологіях: всеукр. наук.-техн. журн.* ВНАУ. 1 (88): 54–59.
160. *Shevchenko, I. A., Aliev, E. B.* (2018). Research on the photoelectronic separator seed supply block for oil crops. *INMATEH – Agricultural Engineering.* 54 (1): 129–138.

161. *Aliiev, E.* (2019). Justification of constructive-mode parameters of a photo-electron separator of sunflower seeds. [Обґрунтування конструктивно-режимних параметрів фотоелектронного сепаратора насіння соняшнику]. *Scientific Horizons*. 5 (78): 23–30. doi: 10.33249/2663-2144-2019-78-5-23-30
162. *Алієв, Е. Б.* (2018). Патент на корисну модель України 136829, МПК (2006) B07B 13/18, (2006.01) B07B 4/00. Фотоелектронний сепаратор; заявник: Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України, № u201902091; заявл. 01.03.2019; опубл. 10.09.2019, Бюл. № 17.
163. *Алієв, Е. Б., Яропуд, В. М.* (2017). Результати чисельного моделювання процесу роботи блока подачі насіння фотоелектронного сепаратора. *Техніка, енергетика, транспорт АПК: Всеукр. наук.-техн. журн.* 4 (99): 18–23.
164. *Алієв, Е., Пацула, О., Стрельченко Ю.* (2017). Математична модель процесу роботи блока подачі насіння фотоелектронного сепаратора. *Інноваційні технології та інтенсифікація розвитку національного виробництва:* матеріали IV міжнар. наук.-практ. конф. (30 листоп.) Ч. 1. Тернопіль: Крок. 219–220.
165. *Алієв, Е. Б.* (2017). Модель системи фотоелектронного сепаратора насіннєвого матеріалу. *Вісник Степу:* наук. зб. *Стан та перспективи розвитку агропромислового виробництва України.* 14: 135–138.
166. *Алієв, Е. Б.* (2018). Результати експериментальних досліджень блока подачі фотоелектронного сепаратора насіння олійних культур. Проблеми надійності машин: *Вісник Харківського Національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка.* 192: 185–193.
167. *Алієв, Е. Б., Безверхній, П. Є.* (2022). Чисельне моделювання сповільнювача насіння пневматичної сівалки точного висіву. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин.* Центральноукраїнський національний технічний університет. Кропивницький. 52: 86–98. doi: 10.32515/2414-3820.2022.52.86-98
168. *Алієв, Е., Безверхній, П.* (2022). Перспективні напрями розвитку машин для АПК. *Шляхи інноваційного розвитку агровиробництва в Україні:* матеріали Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. Аграрна наука Західного Полісся. Рівне. 88–89.
169. *Бойко, В. Б., Алієв, Е. Б.* (2015). Теоретичні дослідження руху рідини в ємності гідропневматичного висівного апарата. *Інженерія природокористування.* 2 (4): 78–84.
170. *Бойко, В. Б., Алієв, Е. Б.* (2015). Дослідження процесу зарядження насінини в насіннєпровід гідропневматичного висівного апарата.

Перспективи та стратегія адаптивного і ресурсозберігаючого вирощування олійних культур в умовах зміни клімату: зб. тез міжнар. наук. інтернет-конф. (30 жовтня 2015, м. Запоріжжя). Запоріжжя: ІОК НААН. 148–149.

171. *Shevchenko, I., Aliiev, E.* (2020). Improving theefficiency ofthe process ofcontinuous flowmixing of bulkcomponents. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 6/1 (108): 6–13. doi: 10.15587/1729-4061.2020.216409
172. *Шевченко, І. А., Алієв, Е. Б., Доруда, С. О.* (2013). Моделювання процесу потокового змішування кормосумішей з використанням методу дискретних елементів. *Механізація та електрифікація сільського господарства.* 97 (1): 536–544.
173. *Шевченко, І. А., Алієв, Е. Б., Доруда, С. О. (2013). Результати моделювання процесу потокового змішування кормосумішей* змішувачем-кормороздавачем. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*: Кіровоградський національний технічний університет. 43 (1): 202–207.
174. *Доруда, С. О., Алієв, Е. Б.* (2015). До оцінки якості роботи змішувача-кормороздавача потокового типу. *Інтенсифікація кормовиробництва – основа сталого розвитку галузі тваринництва:* зб. наук. пр., присвяч. 150-й річниці з дня організації Полтавського губернського земства та 85-річчю заснування Інституту свинарства і АПВ. 75–77.
175. *Алієв, Е. Б., Миколенко, С. Ю., Сова, Н. А. та ін.* (2022). Техніко-технологічне забезпечення безвідходної переробки зернової сировини у харчові продукти і корми: монографія; за заг. ред. Е. Б. Алієва. Дніпро: ЛІРА. 192 с. ISBN 978-966-981-687-0.
176. *Алієв, Е. Б., Лупко, К. О., Бєлка, О. В., Алієва, О. Ю.* (2021). Трієрний сепаратор насіннєвого матеріалу дрібнонасіннєвих олійних культур. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН.* 31: 118–132. doi: 10.36710/ioc-2021-31-11
177. *Алієв, Е. Б., Лупко, К. О.* (2022). Результати симуляції процесу сепарації насіннєвого матеріалу дрібнонасіннєвих культур на циліндричному чарунковому трієрі при змінній частоті обертання. *Сучасні напрями та досягнення селекції і насінництва сільськогосподарських культур:* матер. наук.-практ. інтернет-конф. Полтавський державний аграрний університет. 135–137.
178. *Алієв, Е.Б., Лупко, К. О.* (2023). Методика симуляції процесу сепарації насіннєвого матеріалу дрібнонасіннєвих культур на циліндричному чарунковому трієрі. *Вібрації в техніці та технологіях*. 1 (108): 36–44. doi: 10.37128/2306-8744-2023-1-4

179. *Алієв, Е. Б., Лупко, К. О., Долгіх, Д. О.* (2022). Фізико-математична модель взаємодії компонентів насіннєвої суміші дрібнонасіннєвих олійних культур із робочим органом трієра. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН.* 32. 123–131. doi: 10.36710/IOC-2022-32-12
180. *Пахучий, А. М., Алієв, Е. Б.* (2021). Симуляція процесу роботи жниварки обчісувального типу для збирання насіння льону олійного. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН.* 30: 129–137. doi: 10.36710/ioc-2021-30-13
181. *Kozachenko, O., Pakhuchyi, A., Shkregal, O., Dyakonov, S., Bleznyuk, O., Kadenko, V.* (2019). Results of numerical modeling of the process of harvesting the seeds of flax by a harvester of the stripping type. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologie.* 3 (1–99): 66–74.
182. *Kozachenko, O., Pahuchiy, A.* (2019). Modeling of interaction with plants linseed occupancy drum. *TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering*. Lublin-Rzeszow. 19 (1): 59–64.
183. *Aliiev E., Pavlenko S., Golub G., Bielka O.* (2022). Research of mechanized process of organic waste composting. *Agraarteadus, Journal of Agricultural Science.* XXXIII (1): 21–32. doi: 10.15159/jas.22.04
184. *Павленко, С. І.* (2016). Чисельне моделювання процесу змішування компонентів компостної суміші робочим органом змішувача формувальника буртів. *Зб. наук. праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки.* 3 (95): 42–48.
185. *Павленко, С. І.* (2016). Чисельне моделювання процесу змішування компонентів гноє-компостної суміші лопатевим робочим органом. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка і енергетика АПК.* 254: 44–55.
186. *Павленко, С. І.* (2017). Результати чисельного моделювання процесу змішування компонентів гноє-компостної суміші двобарабанним лопатевим робочим органом. *Механізація та електрифікація сільського господарства.* 5 (104): 149–159.
187. *Дацюк, Д. А., Яропуд, В. М., Алієв, Е. Б.* (2021). Висівний апарат селекційної сівалки дрібнонасіннєвих культур: заявник: Вінницький національний аграрний університет, № u202101285; Патент України на корисну модель 149682, МПК A01C 7/04 (2006.01), A01B 49/06 (2006.01).. Заявл. 15.03.2021. Опубл. 01.12.2021, Бюл. № 48.
188. *Яропуд, В. М., Алієв, Е. Б., Дацюк, Д. А.* (2021). Методика чисельного моделювання висівного апарата селекційної сівалки дрібнонасіннєвих

культур. Machinery & Energetics. *Journal of Rural Production Research.* 12 (3): 121–127. doi: 10.31548/machenergy2021.03.121

189. *Yaropud, V., Honcharuk, I., Datsiuk, D., Aliiev, E.* (2022). The model for random packaging of small-seeded crops' seeds in the reservoir of selection seeders sowing unit. Agraarteadus. *Journal of Agricultural Science.* XXXIII (1): 199–208. doi: 10.15159/jas.22.08
190. *Линник, Ю. А., Алиев, Э. Б., Павленко, С. И.* (2014). Математическая модель движения молочно-воздушной смеси по молокопроводной линии доильной установки. *Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве:* материалы междунар. науч.-техн. конф.; в 3 т. РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». 3: 181–185.
191. *Павленко, С. И., Алиев, Э. Б., Линник, Ю. А.* (2014). Результаты численного моделирования процесса перемещения молочно-воздушной смеси в доильном аппарате. *Вестник ВНИИМЖ. Серия: Механизация, автоматизация и машинные технологии в животноводстве.* 4 (16): 77–81.
192. *Линник, Ю. О., Дудін, В. Ю., Алієв, Е. Б.* (2015). Експериментальні дослідження процесу переміщення молочно-повітряної суміші в доїльній установці з верхнім молокопроводом. Технічні системи і технології тваринництва. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка.* 157: 146–152.
193. *Хмельовський, В. С., Павленко, С. І., Линник, Ю. О., Дудін, В. Ю., Алієв, Е. Б.* (2017). Механіко-технологічні основи використання вакуумних насосів доїльних установок: монографія. Київ: ЦП «Компринт». 177 с. ISBN 978-966-929-645-0.
194. *Gunko, I., Babyn, I., Aliiev, E., Yaropud, V., Hrytsun, A.* (2021). Research into operating modes of the air injector of the milking parlor flushing system. *U.P.B. Sci. Bull., Series D.* 83 (2): 297–310. URL: https://www.scientificbulletin.upb.ro/rev_docs_arhiva/rez4fb_469127.pdf
195. *Линник, Ю. О., Павленко, С. І., Алієв, Е. Б., Грицун, А. В.* (2014). Результати чисельного моделювання робочого процесу ротаційного пластинчастого вакуумного насоса доїльної установки. *Зб. наук. пр. Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки.* 2 (85): 74–80.
196. *Гаврильченко, О. С., Линник, Ю. О., Черніков, Р. С., Алієв, Е. Б.* (2015). Моделювання роботи ротаційного пластинчастого вакуумного насоса доїльної установки. *Strategiczne pytania światowej nauki – 2015:*

materiały XI Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji. Techniczne nauki – Przemysl. Nauka i studia. 19: 33–36.

197. *Алієв, Е. Б., Лінко, М. О.* (2022). Методика чисельного моделювання процесу експандованого приготування кормів. *Наукові аспекти формування сучасних агротехнологій – інновації молодих вчених для забезпечення сталого розвитку агропромислового комплексу:* матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, присвяченої Дню науки (20 травня 2022, м. Херсон). Херсон: ІЗЗ НААН. 160–161.
198. *Алієв, Е. Б., Лінко, М. О., Алієва, О. Ю.* (2022). Симуляція процесу експандованого приготування кормів. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки.* 5 (36); II: 176–185. doi: 10.32515/2664-262X.2022.5(36).2.176–185
199. *Aliiev, E., Dudin, V., Linko, M.* (2022). Physico-mathematical apparatus for numerical modelling of feed expander. *Machinery & Energetics.* 13(3): 9–16. doi: 10.31548/machenergy.13(3).2022.9-16
200. *Алієв, Е. Б., Дудін, В. Ю., Алієва, О. Ю., Малєгін, Р. Д.* (2020). Роторний кавітаційний диспергатор-гомогенізатор: патент України на корисну модель 147500, МПК (2006) B01F 7/00, B01F 13/06 (2006.01). Заявник: Дніпровський державний аграрно-економічний університет, № u202008225; заявл. 22.12.2020; Опубл. 12.05.2021, Бюл. № 19.
201. *Алієв, Е. Б., Алієва, О. Ю., Малєгін, Р. Д.* (2020). Результати чисельного моделювання кавітаційного диспергатора-гомогенізатора сільськогосподарської сировини рослинного походження. Біоенергетичні системи: *Біоенергетичні систем: матер. IV міжнар. наук.-практ. конф. (29 травня 2020, м. Житомир)*. Житомир: Поліський національний університет. 76–79.
202. *Алієв, Е. Б., Дудін, В. Ю., Алієва, О. Ю., Малєгін, Р. Д.* (2020). Результати чисельного моделювання кавітаційного диспергатора рідких кормів. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів.* 21: 33–40. doi: 10.37700/ts.2020.21.33-40
203. *Алієв, Е. Б., Теслюк, Г. В.* (2023). Перспективи чисельного моделювання взаємодії ґрунтообробних робочих органів із ґрунтом у Simcenter STAR-CCM+. Зб. тез Міжнар. наук. інтернет-конф. (21 березня 2023, м. Запоріжжя). *Олійні культури: сьогодення та перспективи.* Запоріжжя. ІОК НААН. С. 120–121.
204. *Kobets, A., Aliiev, E., Tesliuk, H., & Aliieva, O.* (2023). Simulation of the interaction between the working bodies of tillage machines and the soil in Simcenter STAR-CCM+. Machinery & Energetics. 14(1): 9–23. doi: 10.31548/machinery/1.2023.09

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

АЛІЄВ Ельчин Бахтияр огли
ALIIEV Elchyn

Чисельне моделювання процесів агропромислового виробництва

ПІДРУЧНИК

Редактор *Т. В. Пономарьова*
Комп'ютерна верстка *Л. О. Гордієнко*
Дизайн обкладинки *І. Г. Хорошого*
Коректор *І. М. Баланчук*

Підписано до друку 20.12.2023. Формат 60×84 $^{1}/_{16}$.
Папір офс. Гарнітура «Таймс». Друк офс.
Ум. друк. арк. 19,76.
Наклад 300 пр. Зам. № 389.

Державне видавництво «Аграрна наука» НААН
Свідоцтво про державну реєстрацію № 4116 від 21.07.2011 р.
вул. Васильківська, 37, м. Київ, 03022
Тел. (044) 257-85-27
e-mail: agrarnanauka@ukr.net

Віддруковано у ПП «ЛІРА ЛІД»
вул. Наукова, 5, м. Дніпро, 49107
e-mail: dnipro.lira@gmail.com