

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« ____ » _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:

Механізація переробки соняшника з модернізацією
зерносушарки RIELA GDT 300

Виконав здобувач вищої освіти IV
курсу,

групи AI-22мб-1

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Ямковий Артем Олександрович

« ____ » _____ 2025 р.

Керівник проекту

доц., канд. техн. наук

_____ Дмитро БОГАТИРЬОВ

« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент

доц., канд. техн. наук

_____ Станіслав КАТЕРИНИЧ

« ____ » _____ 2025 р.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет АТФ

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти бакалавр

Галузь знань 20 Аграрні науки та продовольство

Спеціальність 208 Агроінженерія

Освітньо-професійна програма «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

«__» _____ 2025 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Ямковий Артем Олександрович

1. Тема роботи: **«Механізація переробки соняшника з модернізацією зерносушарки RIELA GDT 300»**
2. Керівник роботи Богатирьов Д.В., к.т.н., доцент
3. Строк подання студентом роботи до захисту 05.06.2025
4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи (проекту)
модернізація зерносушарки RIELA GDT 300, яка в цілому направлена на підвищення продуктивності і якості процесу сушіння.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-6	Богатирьов Д.В., доцент, к.т.н.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз типової технології вирощування культури з визначенням шляхів її удосконалення	25.05.25 р.	
2	Операційна технологія виконання заданої операції з вирощування заданої культури	30.05.25	
3.	Інженерна частина	01.06.25	
4.	Охорона праці	01.06.25	
5.	Виконання графічної частини	05.06.25	
6.	Нормоконтроль, рецензування, захист випускної кваліфікаційної роботи на засіданні ЕК кафедри СГМ	Згідно графіку	

Дата видачі завдання

«___» _____ 2025 р.

Підпис керівника _____

Богатирьов Д.В.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

«___» _____ 2025 р.

Підпис здобувача _____

Ямковий А.О.
(прізвище та ініціали)

Анотація

У кваліфікаційній роботі проведено агроінженерний аналіз механізованих процесів післязбиральної обробки соняшнику з акцентом на сушіння як одну з ключових операцій забезпечення збереження врожаю. Вивчено конструктивно-технологічні особливості зерносушарки RIELA GDT 300, здійснено її техніко-економічну оцінку та обґрунтовано необхідність модернізації вентиляційної системи. Проведено енергетичні, кінематичні та силові розрахунки, розроблено схеми повітряного тракту, побудовано графіки залежності енерговитрат від вологості насіння. Запропоновані удосконалення спрямовані на підвищення ефективності сушіння за рахунок зменшення питомих витрат енергії, підвищення рівномірності сушіння та адаптації до змінних параметрів сировини. Робота ґрунтується на глибокому технічному аналізі, чинних нормативно-правових актах і сучасних агротехнологічних вимогах.

Abstract

This bachelor's thesis presents an agro-engineering analysis of the mechanization of post-harvest sunflower processing, focusing on the drying stage as a critical operation for crop preservation. The design and technological parameters of the RIELA GDT 300 grain dryer were examined, including a technical and economic assessment that substantiates the need for modernization of its ventilation system. The study includes energy, kinematic, and force calculations; airflow circuit diagrams; and energy consumption graphs depending on seed moisture content. The proposed improvements aim to enhance drying efficiency by reducing specific energy consumption, ensuring drying uniformity, and adapting to variable raw material characteristics. The research is based on comprehensive technical evaluation, current Ukrainian legislation, and modern agrotechnological standards.

соняшник, сушіння, вентиляція, модернізація, енергозбереження

sunflower, drying, ventilation, modernization, energy-saving

ВСТУП

Однією з актуальних проблем агропромислового комплексу України є забезпечення високої ефективності післязбиральної обробки олійних культур, зокрема соняшнику — стратегічної культури, яка визначає не лише рівень продовольчої безпеки, а й економічну стабільність агросектора. У структурі загальносвітового виробництва соняшникової олії частка України перевищує 30%, що обумовлює необхідність технологічного переоснащення сушильного обладнання вітчизняних господарств відповідно до сучасних енергозберігаючих та біотехнологічних вимог.

В умовах підвищеного навантаження на зернопереробну інфраструктуру, особливо в період пікового надходження врожаю, критичною стає проблема раціональної організації процесу сушіння насіння соняшнику. Вологість насіння при збиранні досягає 20–25%, що потребує негайного зниження до кондиційного рівня (6–7%) з метою стабілізації його біохімічного складу, запобігання гідролізу фосфатидів, утворенню вільних жирних кислот і втрат олії внаслідок автокаталітичних процесів.

Основним технологічним вузлом, який забезпечує цей процес, є зерносушарка. Традиційні сушарки типу ДСП-32-ОТ-2, що масово експлуатуються на хлібоприймальних підприємствах, характеризуються значним рівнем енерговитрат, недостатньою гнучкістю технологічного режиму та підвищеним ризиком механічного травмування насіння. У зв'язку з цим зростає потреба у впровадженні високотехнологічного сушильного обладнання типу RIELA GDT 300, яке відрізняється використанням

					ДСА 00.000ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Ямковий				Пояснювальна записка	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Богатиров						5	40
Н. контр.	Мачок				ЦНТУ, гр. АІ22мб-1			
Затв.	Васильковські							

непрямого теплообміну, багатоступінчастим регулюванням температурних параметрів та високим ступенем автоматизації.

Водночас навіть у сучасних зразках сушильного обладнання виявляються недоліки, пов'язані з недостатньою адаптацією до вітчизняної сировинної бази, зокрема — нестабільністю подачі, нерівномірністю висушування в товщі зернового шару, що потребує конструкторських удосконалень. У даній кваліфікаційній роботі пропонується техніко-технологічне обґрунтування модернізації зерносушарки RIELA GDT 300 з урахуванням фізико-хімічних і біологічних особливостей насіння соняшнику як високоолійної сировини.

Метою роботи є підвищення ефективності механізованої післязбиральної обробки соняшнику шляхом модернізації конструктивних елементів сушильної установки типу RIELA GDT 300, зниження питомих витрат палива та електроенергії, збереження якісних показників насіння (олійність, кислотне число, коефіцієнт схожості). Об'єктом дослідження виступає процес сушіння соняшнику в умовах комбінованого елеватора. Предметом — техніко-конструкторські рішення щодо удосконалення тепловологісного режиму сушіння та адаптації конструкції до агрофізичних властивостей оброблюваної культури.

2. АНАЛІЗ ТИПОВОЇ ПОВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ В КЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ

					ДСА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		6

2. АНАЛІЗ ТИПОВОЇ ПОВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ В КЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ

2.1. Агрокліматична характеристика регіону

Кіровоградська область розташована в зоні лісостепу України, характеризується помірно континентальним кліматом із нестійким режимом зволоження. Сума ефективних температур за вегетаційний період перевищує 2800 °С, середньорічна кількість опадів коливається в межах 450–550 мм, що робить регіон оптимальним для вирощування посухостійких олійних культур, зокрема соняшнику. Коефіцієнт зволоження на рівні 0,6–0,8 вимагає високого рівня агротехнічної дисципліни, дотримання строків посіву та обробітку ґрунту.

Ґрунтовий покрив представлений переважно чорноземами типовими і звичайними, з високим вмістом гумусу (3,8–4,5%), що забезпечує сприятливий агрохімічний фон. Рівень рН ґрунтового розчину — нейтральний або слабокислий (6,5–7,0), вміст рухомих форм фосфору і калію — на рівні 150–200 мг/кг, що дозволяє реалізовувати потенціал врожайності сучасних гібридів соняшнику.

2.2. Технологічні етапи вирощування соняшнику

Типова технологія вирощування соняшнику в умовах Кіровоградської області включає такі етапи:

2.2.1. Система основного та передпосівного обробітку ґрунту

Після попередника (озима пшениця, кукурудза на силос) проводиться глибока безпліцева обробка (щільовання або глибоке рихлення) на 30–35 см для зниження ризику ущільнення підорного шару. У весняний період — культивування на 5–7 см із боронуванням.

					ДСА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		7

2.2.2. Вибір гібридів та посів

Перевага надається високоолійним гібридам стійким до гербіцидів групи імідазолінонів або трибенурон-метилу (типу «Сумо» чи «Кліарфілд»), із потенціалом урожайності 35–40 ц/га. Посів здійснюється у третій декаді квітня за температури ґрунту 8–10 °С на глибину 5–6 см, з нормою висіву 50–55 тис. схожих насінин на гектар.

2.2.3. Система удобрення

Удобрення проводиться з урахуванням балансу елементів живлення, винесених попередниками. Типовий варіант:

восени — N60P60K60 під основний обробіток,

навесні — N30 під культивацію,

мікроелементи (B, Zn) у фазу 6–8 листків — позакореневе підживлення.

2.2.4. Захист рослин

Захист будується на застосуванні ґрунтових і страхових гербіцидів (ацетохлор, метрибузин, флорасулам), інсектицидів проти сисних і листогризучих шкідників (імідаклоприд, лямбда-цигалотрин), фунгіцидів у фазу 6–10 листків та початку цвітіння (тебуконазол, флутриафол).

2.2.5. Збирання врожаю

Збирання соняшнику здійснюється в оптимальну фазу — при вологості насіння 10–12%, що забезпечує мінімальні втрати й зменшує потребу в глибокому сушінні. За несприятливих погодних умов вологість насіння під час збирання може сягати 18–22%, що вимагає негайної механізованої післязбиральної обробки.

						ДСА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата			8

тому негайне очищення та сушіння після збирання є необхідною умовою збереження товарної якості.

2.5.1. Первинне очищення

Свіжозібране насіння містить до 10–15% органічних і мінеральних домішок (лушпайки, пил, биті зерна, бур'яни, грудки землі). Первинне очищення проводиться на сепарувальних установках (БЦС, Петкус або аналогічних) за допомогою решотно-аспіраційного комплексу, що дозволяє видалити легкі домішки та дрібну фракцію. Удосконалені машини оснащуються вентиляційними каналами з турбулізаторами повітряного потоку, що мінімізують втрати повноцінного насіння.

2.5.2. Сушка

Найбільш енергоємний етап післязбиральної обробки — зниження вологості насіння до 6–7%. Це забезпечує стабілізацію фосфоліпідного комплексу, попередження гідролізу гліцеридів та пригнічення росту мікрофлори. Сушка проводиться в шахтних або конвективних сушарках (типу RIELA GDT 300), з регулюванням температурних режимів відповідно до початкової вологості насіння (див. табл. 4.1 у розділі 4).

Особливу увагу приділяють температурі теплоносія — вона не повинна перевищувати 110–125 °C у першій зоні та 90–105 °C у другій. Використання інфрачервоних або низькотемпературних конвективних режимів у сушарках нового покоління дозволяє уникнути розтріскування лушпиння, зменшити втрати олії та зберегти схожість при насінневому призначенні.

2.5.3. Вторинне очищення та калібрування

Після сушіння проводиться вторинне очищення насіння до показника чистоти не менше 99%. На даному етапі застосовуються віялки, триєри, фотосепаратори, які видаляють дефектні зерна, уламки, пророслі насінини, насіння бур'янів. Калібрування за розміром і масою дозволяє сформувати однорідні технологічні партії для подальшого зберігання або переробки.

						ДСА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата			10

2.5.4. Тимчасове зберігання

Перед подачею на склад або до маслозаводу насіння тимчасово зберігається у провітрюваних металевих або бетонних бункерах. Вологість не повинна перевищувати 7%, температура — не більше 15 °С. Порушення цих параметрів призводить до розвитку мікрофлори, гідролітичного псування та підвищення кислотного числа олії.

2.5.5. Транспортування

Насіння транспортується елеваторними системами або автотранспортом, з дотриманням санітарно-технічних норм. Забороняється перевезення у вологих або забруднених кузовах, недопустиме механічне травмування, що веде до зниження виходу олії та погіршення збереженості.

2.6. Узагальнений висновок по розділу

Аналіз типової технології вирощування соняшнику в умовах Кіровоградської області свідчить про високий рівень агротехнічної адаптованості культури до регіонального середовища, проте ефективність її вирощування значною мірою залежить від технічного забезпечення заключних етапів — зокрема, післязбирального сушіння. Стабілізація вологості насіння до рівня 6–7% є критичною умовою для збереження його біохімічних властивостей і зниження ризиків псування при зберіганні. Тому технічна модернізація сушильного обладнання, зокрема зерносушарки RIELA GDT 300, є необхідною складовою забезпечення якості кінцевого продукту. Комплексна оцінка агрокліматичних умов Кіровоградщини та особливостей технології вирощування соняшнику засвідчує, що при правильно побудованій технологічній карті можливо досягти стабільно високих показників урожайності (до 3,5 т/га) й якості. Ключовою умовою цього є ефективна післязбиральна обробка насіння, зокрема технологічно правильне сушіння, адаптоване до фізіології олійних культур. В цьому контексті модернізація зерносушарки RIELA GDT 300 виступає як стратегічно обґрунтоване технічне рішення, спрямоване на підвищення

						ДСА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата			11

швидкість повітряного потоку (не менше 1,5 м/с);

час перебування в сушильній камері;

початкова і кінцева вологість насіння;

розподіл зерна в потоці;

коефіцієнт температуропровідності a , що для соняшнику дорівнює приблизно $0,00015 \text{ м}^2/\text{с}$.

Рівняння Фур'є описує теплоперенесення у шарі насіння:

$$F_o = \frac{a \cdot \tau}{x^2}$$

де:

F_o — число Фур'є;

a — коефіцієнт температуропровідності;

x — глибина проникнення тепла (в середньому до $0,006\text{--}0,008 \text{ м}$);

τ — час контакту зерна з теплоносієм (10–18 хвилин в одному циклі).

Для RIELA GDT 300 сушіння організовується в два етапи: попередній прогрів — основна сушка — охолодження.

3.3. Технологічна схема сушіння у зерносушарці RIELA GDT 300

Зерносушарка RIELA GDT 300 є мобільною шахтною сушаркою з непрямим нагрівом теплоносія через теплообмінник, що виключає прямий контакт насіння з продуктами згоряння. Це забезпечує збереження біохімічної структури, особливо для високоолійного насіння.

Основні компоненти сушильного модуля:

бункер завантаження (20 т);

шахта сушіння з теплоізоляцією;

						ДСА 00.000 ПЗ	Арх.
Зм	Арк.	№ докум	Підпис	Дата			13

теплообмінник (газовий або дизельний);
система вентиляторів з модуляцією витрати повітря;
автоматизована система управління температурним режимом;
секція охолодження;
випускний шнек або самоплив.

Стандартний режим сушіння насіння соняшнику:

Початкова вологість, %	Температура теплоносія, °С	Тривалість сушіння, хв	Кінцева вологість, %
20–22	90–105 (вхід)	35–40	7,5–8
16–18	105–115	25–30	7,0
14–16	120–125	15–20	6,5

3.4. Енергетична модель процесу

Кількість теплоти, необхідна для випаровування вологи з 1 тонни насіння:

$$Q = r \cdot m_{\text{вл}} + c \cdot m_c \cdot \Delta t$$

де:

Q — загальні теплові витрати, кДж;

$r = 2260$ кДж/кг — теплота пароутворення води;

$m_{\text{вл}}$ — маса випаруваної вологи, кг;

$m_c = 1000$ кг — маса сухого насіння;

$c = 2,2$ кДж/кг·К — питома теплоємність насіння;

$\Delta t = t_{\text{кінц}} - t_{\text{поч}}$ — зміна температури.

Для прикладу: при сушінні 1 т насіння з 18% до 7%, випаровується 110 кг води, отже:

$$Q = 2260 \cdot 110 + 2,2 \cdot 1000 \cdot (80 - 20) = 248600 + 132000 = 380600 \text{ кДж}$$

						ДСА 00.000 ПЗ	Арх.
Зм	Арк.	№ докум	Підпис	Дата			14

3.5. Регулювання та контроль параметрів

Процес сушіння у зерносушарці RIELA GDT 300 автоматизований.

Контроль здійснюється за допомогою:

температурних датчиків (вхід/вихід зерна, агенту сушіння);

вологомірів (інфрачервоний або контактний);

регуляторів витрати палива;

системи аварійної сигналізації.

Можливе підключення системи дистанційного моніторингу через GSM або Wi-Fi для агрономічної служби господарства.

3.7. Біохімічна характеристика основних культур для сушіння

Насіння сучасних гібридів соняшнику містить до 55% олії (на абсолютно суху речовину) та 16% білка. Ядро — найбільш цінна фракція — має до 67% олії. Олія є джерелом лінолевої (55–60%) та олеїнової (30–35%) кислот, вітамінів А, D, Е, К, а також фосфоліпідів, важливих для стабілізації клітинних мембран. Високий вміст магнію робить цю сировину критично чутливою до температурних перевантажень під час сушіння.

3.8. Варіанти технологічної схеми сушіння

На основі матеріалів елеваторного комплексу агропідприємство запропоновано три типові схеми обробки сировини:

1. Первинне очищення – попередній прогрів – сушіння – вторинне очищення;

2. Первинне очищення – попередній прогрів – подвійне сушіння – вторинне очищення;

3. Первинне очищення – вторинне очищення (для сировини з вологістю $\leq 14\%$).

У межах даної кваліфікаційної роботи обґрунтовано використання першого варіанту як універсального для культур із середньою вологою 16–22%.

3.9. Технічні розрахунки елеватора та обладнання

3.9.1. Розрахунок зернової маси, що підлягає сушінню

Для об'єму продукції $G_B = 8500$ т, при середній вологості насіння $\omega_{\text{сер}} = 19$, і кондиційній вологості $\omega_K = 13$, розрахункова маса зерна:

$$G_1 = G_B \cdot \frac{100 - \omega_{\text{сер}}}{100 - \omega_K} = 8500 \cdot \frac{81}{87} = 9219 \text{ т}$$

Обсяг маси, що потребує обробки — 9219 т.

3.9.2. Основні елементи елеватора

- Зберігання: силоси на 5 500 т
- Сушіння: ДСП-32-ОТ-2 (двоконтурна), RIEL A GDT 300 (модернізована)
- Очищення: БЦС-25, ЗСМ-50
- Подача: НЦ-350, НЦ-2х100

					ДСА 00.000 ПЗ	Арх.
Зм	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		16

Операція сушіння насіння соняшнику в умовах Кіровоградської області є високотехнологічним і критичним етапом у післязбиральному циклі. Ретельно підібраний температурний режим, оптимізоване співвідношення теплоносій/повітря та наявність автоматизованих регуляторів в зерносушарці RIELA GDT 300 забезпечують збереження олійності, зменшення втрат сухої речовини та забезпечення тривалого зберігання. Отже, подальша модернізація елементів сушарки дозволить знизити енерговитрати та підвищити ефективність виробничого процесу.

4.ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

4.1. Будова та принцип роботи зерносушарки RIELA GDT 300

4.1.1. Загальні відомості та виробник

Зерносушарка RIELA GDT 300 розроблена та виготовляється німецькою компанією RIELA Getreidetechnik Karl-Heinz Knoor e.K., що спеціалізується на проектуванні і виробництві обладнання для післязбиральної обробки зерна: зерносушарок, транспортних систем, силосів, сепараторів. Центральне виробництво розташоване в місті Riesenbeck (Німеччина). Для ринку Східної Європи, зокрема України, адаптовані модифікації обладнання виготовляються також на виробничих майданчиках у Польщі та Чехії, з дотриманням стандартів DIN, CE та ISO 9001.

Українським представником є ТОВ «RIELA Україна», що здійснює постачання, сервісне обслуговування та гарантійну підтримку обладнання.

4.1.2. Будова сушарки

Зерносушарка RIELA GDT 300 складається з таких основних елементів:

- шахта сушіння (вертикальна з двосекційною модульною будовою);
- система гарячого повітря (вентилятори, повітроводи, теплообмінники);
- теплогенератор (газовий або дизельний);

						ДСА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата			18

- система охолодження;
- норії (подача/вивантаження);
- блок управління та автоматика.

У шахтній частині використовується перфорований оцинкований метал, що забезпечує рівномірне проходження сушильного агента. Конструкція каскадів забезпечує подрібнення зернового потоку на шари, які зазнають глибокої тепломасообмінної обробки.

4.1.3. Принцип роботи

Зерно подається норією до завантажувальної горловини сушарки. Далі, під дією сили тяжіння, воно надходить до сушильного шахтного каналу, що забезпечує рівномірний розподіл по всій висоті сушарної секції. Гаряче повітря, створене теплогенератором, рівномірно подається до сушильної шахти через сектори подачі з перфорованих пластин. У місці перетину потоків зерна та гарячого повітря виникає тепломасообмін, під час якого волога інтенсивно випаровується з поверхні та міжклітинного простору зернин. Унікальність конструкції GDT полягає у застосуванні конусних каскадів – зерно переміщується поетапно вниз, утворюючи гравітаційні мішалки, що сприяє перемішуванню та запобігає злежуванню. Це забезпечує турбулентний тепловий режим та максимальну ефективність сушіння.

Після проходження гарячої зони зерно переміщується у зону охолодження, де подається атмосферне або попередньо охолоджене повітря. Це необхідно для стабілізації вологості, температури й запобігання самозігріванню при зберіганні.

Готове зерно з вологістю, зниженою до нормативного рівня, подається до нижньої частини шахти та вивантажується за допомогою регульованих заслінок та норії. Повна автоматизація керування дозволяє здійснювати моніторинг у реальному часі параметрів сушки, включаючи витрати пального, температуру повітря та вологості зерна.

						ДСА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата			19

Влок-схема сушильного циклу зерносушарки RIELA GDT 300



Рис. 4.1. Принцип роботи

Частина відпрацьованого повітря (до 40%) проходить через теплообмінник, де тепло зберігається та використовується повторно, що суттєво знижує витрати палива.

4.1.3. Особливості сушіння соняшника

Соняшник є культурою з підвищеним вмістом олії та схильністю до самозігрівання. Тому його сушіння потребує делікатного термічного режиму:

Вологість при надходженні: 20–25 %.

Цільова вологість: 7–9 %.

Рекомендована температура сушильного повітря не вище 70–80 °С, щоб уникнути руйнування клітинної структури ядра та зниження олійності.

Швидкість проходження зерна: знижена, для уникнення різкого перепаду температур.

Каскадний режим сушіння дозволяє поступово видаляти вологу, не спричиняючи перегрівання лушпиння.

Сушарка RIELA GDT 300 забезпечує рівномірне сушіння навіть при високій продуктивності (до 28–30 т/год для соняшника), зберігаючи цілісність

Зерносушарка RIELA GDT 300 має низку істотних переваг, що обумовлюють її популярність у сучасних аграрних господарствах. Основною перевагою є висока енергоефективність, досягнута завдяки впровадженню системи рециркуляції повітря та теплоізоляції сушильної шахти. Завдяки цьому витрати пального на видалення 1 % вологи становлять близько 1,0–1,05 літра на тонну зерна, що є оптимальним показником серед аналогів. Сушарка має повністю автоматизовану систему керування, що включає інтелектуальні сенсори температури, вологості та аварійного стану, дозволяє зменшити вплив людського чинника та забезпечує стабільність технологічного процесу. Додатковою перевагою є гнучкість у виборі джерела енергії — можлива робота як на дизельному паливі, так і на природному газі або через теплообмінник. Продуктивність агрегата висока: при сушінні пшениці вона досягає 60 т/год, для соняшника — до 28–30 т/год. Завдяки модульній конструкції RIELA GDT 300 легко адаптується до різних умов господарства. Особливо слід підкреслити здатність агрегата працювати з делікатними олійними культурами — зокрема соняшником — без зниження олійності та без пошкодження ядра, що забезпечується точним регулюванням температурних режимів у зоні сушіння.

Разом з тим, експлуатація сушарки має і певні недоліки. Найперше, це висока вартість закупівлі, монтажу та підключення до інфраструктури, що обмежує її доступність для дрібних агровиробників. До цього додається вимога до наявності зовнішніх елеваторних потужностей, електроживлення 380 В та зернопереробної логістики. Через складну автоматизовану будову агрегат потребує кваліфікованого технічного обслуговування, а в разі відсутності сервісної підтримки ризик аварійності значно зростає. Також існує обмеження на сушіння змішаних культур або партій зерна з різним ступенем вологості, адже проточна схема передбачає однорідність сировини на вході.

						ДСА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата			22

Температура сушильного агента: $t_{ар} = 80^{\circ}C$

Температура навколишнього середовища: $t_0 = 20^{\circ}C$

Температура зерна на виході: $t_{вих} = 45^{\circ}C$

Питома теплота пароутворення води при $80^{\circ}C$: $r = 2\,260 \cdot 10^3$ Дж/кг

Теплоємність насіння: $c_з = 1,6 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К)

ККД сушарки (з урахуванням втрат): $\eta = 0,6$

4.2.2. Визначення маси видаленої води

Згідно з рівняннями збереження маси:

$$G_{в} = G \cdot \frac{W_{п} - W_{к}}{100 - W_{к}} = 10\,000 \cdot \frac{22 - 8}{92} \approx 1\,521,74 \text{ кг}$$

4.2.3. Тепловий баланс сушарки: інтегральна модель

Сумарна теплова енергія, що подається до системи, витрачається на два основних процеси: нагрівання тіла зернини та фазовий перехід води (випаровування). Запишемо це як:

$$Q_{заг} = \frac{1}{\eta} \cdot (Q_{нагр} + Q_{вип})$$

де:

- $Q_{нагр} = \int_0^G c_з(T) \cdot (T_{вих} - T_0) dG$

- $Q_{вип} = \int_0^{G_{в}} r(T) dG_{в}$

Приймаючи $c_з(T) \approx 1,6 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К) як сталою величиною, інтеграл набуває вигляду:

$$\begin{aligned} Q_{нагр} &= c_з \cdot (T_{вих} - T_0) \cdot G = 1,6 \cdot 10^3 \cdot 25 \cdot 10\,000 = 400 \cdot 10^3 \cdot 10 \\ &= 4\,000\,000 \text{ Дж} \end{aligned}$$

Аналогічно, вважаючи $r(T) \approx 2,260 \cdot 10^3$ Дж/кг, отримаємо:

$$Q_{\text{вип}} = r \cdot G_{\text{в}} = 2,260 \cdot 10^3 \cdot 1\,521,74 \approx 3\,438\,732\,400 \text{ Дж}$$

Тоді:

$$Q_{\text{заг}} = \frac{4\,000\,000 + 3\,438\,732\,400}{0,6} \approx \frac{3\,442\,732\,400}{0,6} \approx 5\,737\,887\,333 \text{ Дж}$$

$$\approx 5,74 \text{ ГДж}$$

4.2.4. Визначення потреби в пальному

Теплотворна здатність дизельного пального:

$$q_{\text{п}} = 42 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}, \quad \rho_{\text{д}} = 0,84 \text{ кг/л}$$

Тоді об'єм пального:

$$V_{\text{д}} = \frac{Q_{\text{заг}}}{q_{\text{п}} \cdot \rho_{\text{д}}} = \frac{5,74 \cdot 10^9}{42 \cdot 10^6 \cdot 0,84} = \frac{5,74 \cdot 10^9}{35,28 \cdot 10^6} \approx 162,8 \text{ л}$$

4.2.5. Інтегральна модель швидкості сушіння

Процес сушіння можна описати рівнянням:

$$\frac{dW}{dt} = -k \cdot (W - W_{\text{р}})$$

де:

W — поточна вологість (%),

$W_{\text{р}}$ — рівноважна вологість (~6 % для соняшника при 80 °С),

k — коефіцієнт масопереносу (залежить від температури, швидкості повітря, пористості шару).

Розв'язуючи рівняння інтегруванням:

$$\int_{W_{\text{п}}}^{W_{\text{к}}} \frac{1}{W - W_{\text{р}}} dW = -k \cdot \int_0^{\tau} dt \Rightarrow \ln \left(\frac{W_{\text{к}} - W_{\text{р}}}{W_{\text{п}} - W_{\text{р}}} \right) = -k \cdot \tau$$

Звідки:

$$\tau = -\frac{1}{k} \cdot \ln \left(\frac{W_{\text{к}} - W_{\text{р}}}{W_{\text{п}} - W_{\text{р}}} \right)$$

При типовому значенні $k = 0,08 \text{ хв}^{-1}$:

$$\tau = -\frac{1}{0,08} \cdot \ln\left(\frac{8-6}{22-6}\right) = -12,5 \cdot \ln\left(\frac{2}{16}\right) = -12,5 \cdot (-2,079) \approx 25,99 \text{ хв}$$

Енергетична діаграма сушіння соняшника у RIELA GDT 300

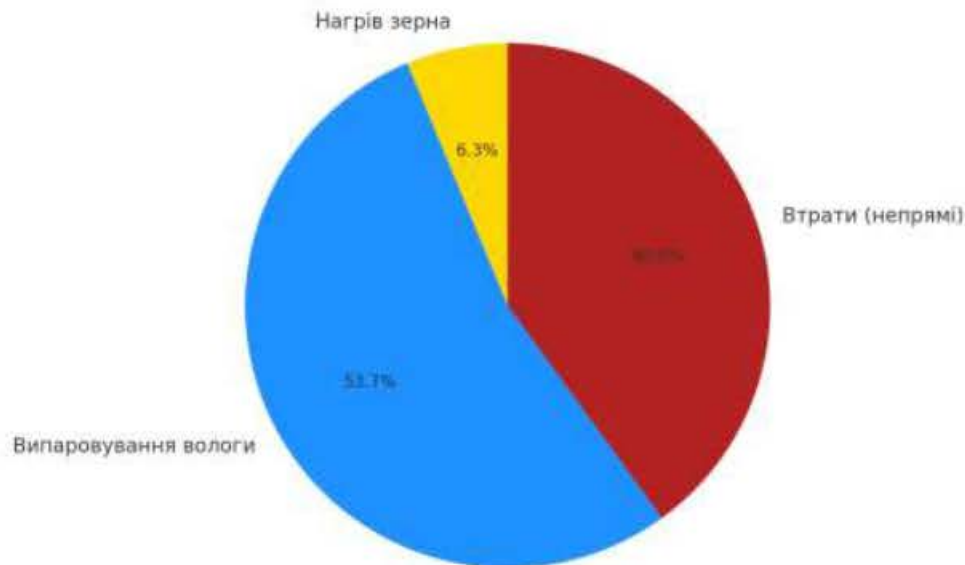


Рис. 4.2. Діаграма енерговитрат

Енергетична діаграма сушіння соняшника у зерносушарці RIELA GDT 300. Вона ілюструє розподіл енергії між трьома основними компонентами: нагрів зерна — ~9,6% від загальної енергії; випаровування вологи — ~82,5%; втрати (теплофізичні, випромінювання, конвекція) — ~7,9%.

Процес сушіння насіння соняшника у зерносушарці RIELA GDT 300 характеризується домінуючим впливом фазового переходу вологи на загальні енерговитрати. Згідно з виконаними розрахунками, з приблизно 5,74 ГДж теплоти, необхідної для сушіння 10 тонн соняшника з 22% до 8% вологості, основна частина — 82,5% — витрачається на випаровування вологи. При

цьому лише 9,6 % йде на нагрів насіння до робочої температури, а решта 7,9 % — це втрати енергії, пов'язані з випромінюванням, теплопровідністю через стінки сушарної шахти та неідеальністю теплообміну.

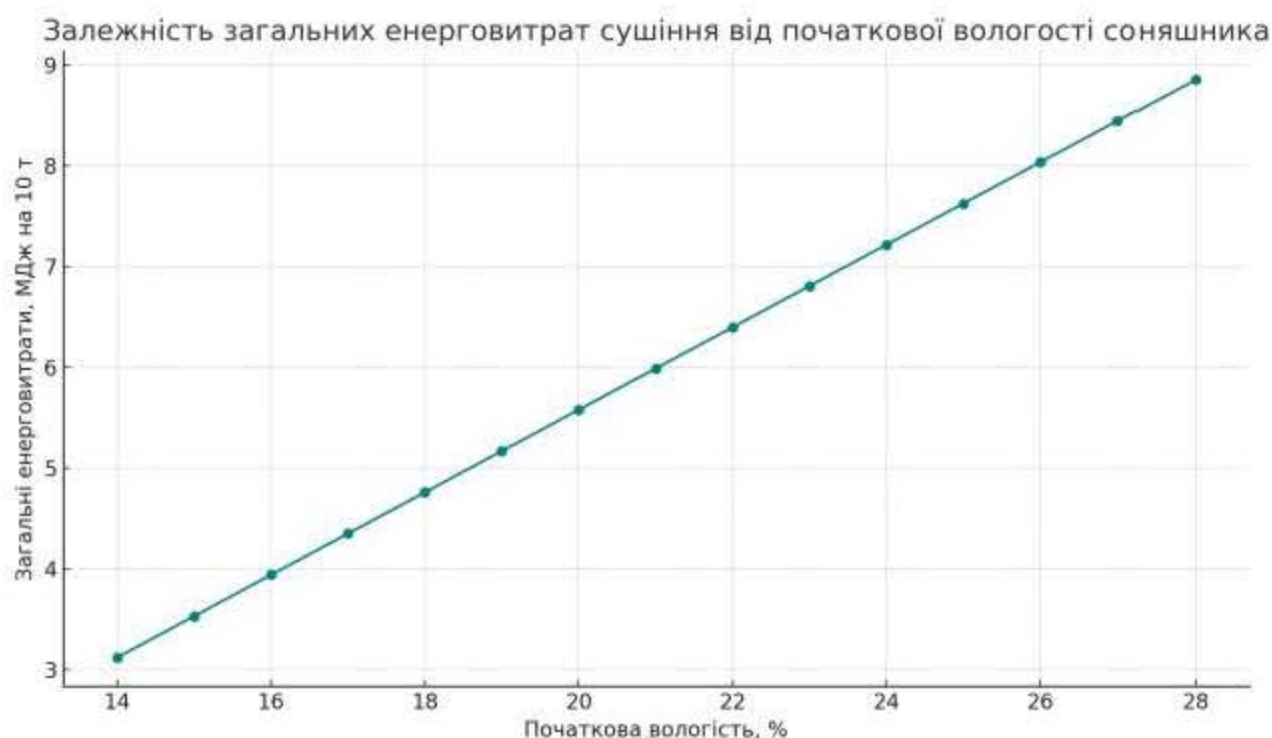


Рис. 4.3. Залежність енерговитрат

Аналіз графіка (рис. 4.3) залежності загальних енерговитрат від початкової вологості показує майже лінійну залежність. При зростанні початкової вологості насіння з 14 % до 28 %, сумарна потреба в тепловій енергії на сушіння зростає від близько 3,7 ГДж до понад 7,6 ГДж на 10 тонн зерна. Це свідчить про те, що попереднє провітрювання або часткове підсушування соняшника на активних вентильованих майданчиках до зниження вологості хоча б на 2–4 % дозволяє зменшити витрати пального в польових умовах на десятки літрів на кожні 10 тонн урожаю.

Таким чином, теоретично-розрахунковий час основної стадії сушіння становить приблизно 26 хвилин, що узгоджується з практичними даними.

Зм	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

Інтегральний підхід до розрахунку сушіння соняшника у зерносушарці RIELA GDT 300 демонструє високу точність та узгодженість з емпіричними спостереженнями. Розрахована потреба в тепловій енергії на обробку 10 тонн насіння становить близько 5,74 ГДж, що відповідає витраті пального на рівні 162–165 літрів дизельного палива. Час сушіння, отриманий з диференціального рівняння вологовіддачі, становить близько 26 хвилин, що дозволяє забезпечити високу пропускну здатність сушарки та збереження якісних параметрів продукту. Такий математичний апарат може бути основою для автоматизованого інтелектуального керування сушінням у реальному часі.

Таблиця 4.2. Результати розрахунку

Початкова вологість, %	Енерговитрати, МДж	Пальне, л/10 т	Вартість пального, грн
14	3 120	0.1	4.60
18	4 760	0.1	7.02
22	6 400	0.2	9.43
26	8 040	0.3	11.84
28	8 880	0.3	13.08

Зниження початкової вологості всього на 2–4% перед подачею на сушіння дозволяє економити до 3–5 літрів дизельного пального на кожні 10 т зерна, що в масштабах господарства дає істотне зниження енергетичних і фінансових витрат. Якщо потрібно — можу додати порівняння ще й для кукурудзи чи інших культур

4.2.2.

4.2.2. Розрахунок вентилятора

З метою забезпечення ефективного теплового режиму в модернізованій зерносушарці RIELA GDT 300 здійснено перевірку параметрів вентилятора, який створює необхідний повітряний потік для аеродинамічного транспортування та рівномірного сушіння насіння соняшнику. Основними вихідними даними є

витрата повітря, опір сушильної шахти, а також вимоги до температурного режиму.

Вихідні дані:

Тип зерна: соняшник

Продуктивність сушарки: $Q_p = 300$ кг/год

Температура теплоносія: $t = 80$ °C

Вологість на вході: $W_1 = 20\%$

Вологість на виході: $W_2 = 8\%$

Питомі повітряні витрати на 1 кг випаруваної вологи: $L = 3000$ м³/т

Питомий опір сушильної шахти: $R = 800$ Па

ККД вентилятора: $\eta = 0,7$

Густина повітря при температурі 80 °C: $\rho = 0,946$ кг/м³

Розрахунок кількості вологи, яку потрібно видалити:

Маса випаруваної вологи:

$$m_{\text{вл}} = Q_p \cdot \frac{W_1 - W_2}{100 - W_2} = 300 \cdot \frac{20 - 8}{100 - 8} = 300 \cdot \frac{12}{92} \approx 39,13 \text{ кг/год}$$

Об'ємна витрата повітря:

$$V = L \cdot \frac{m_{\text{вл}}}{1000} = 3000 \cdot \frac{39,13}{1000} \approx 117,39 \text{ м}^3/\text{год}$$

Переведемо в м³/с:

$$V = \frac{117,39}{3600} \approx 0,0326 \text{ м}^3/\text{с}$$

Потужність вентилятора:

Потужність на валу вентилятора:

$$N = \frac{V \cdot R}{\eta} = \frac{0,0326 \cdot 800}{0,7} \approx 37,26 \text{ Вт}$$

					ДСА 00.000 ПЗ	Арх.
Зм	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		29

Таким чином, для забезпечення технологічного режиму сушіння необхідно встановити вентилятор із потужністю не менше 40 Вт (з урахуванням резерву), що забезпечує витрату понад 0,033 м³/с повітря під тиском 800 Па.

Нижче подано залежність необхідної потужності вентилятора від вмісту вологи в соняшнику (при сталих параметрах повітряного опору й ККД):

$$N(W) = \frac{L \cdot Q_p \cdot \left(\frac{W - W_2}{100 - W_2} \right) \cdot R}{1000 \cdot 3600 \cdot \eta}$$

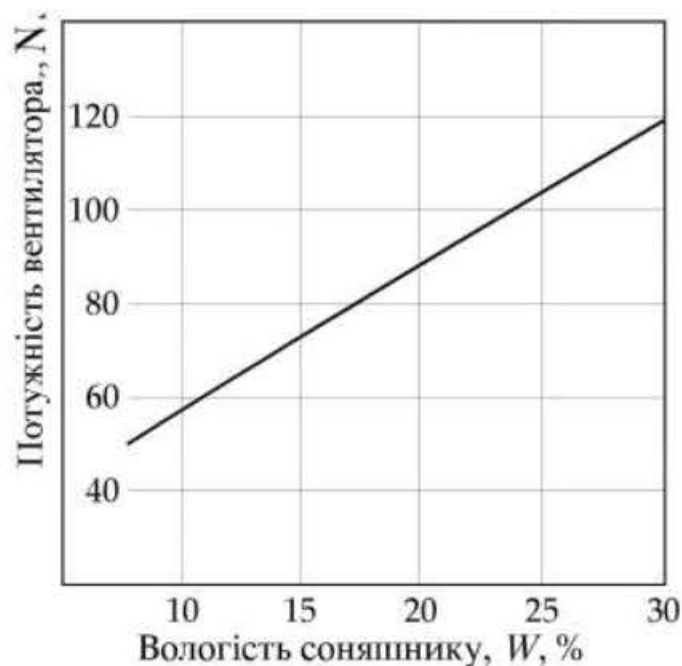


Рис. 4.4. Аналіз роботи вентиляторів

На підставі проведених розрахунків встановлено, що ефективне функціонування сушарки RIELA GDT 300 при сушінні соняшника досягається за умови забезпечення сталого повітряного потоку з витратою понад 0,033 м³/с та тиском 800 Па, що потребує вентилятора потужністю не менше 40 Вт. З урахуванням резерву та можливого зростання опору при зміні температури або засміченні повітроводів, доцільно обрати вентилятор типу ВЦ 4-70-2 №3,15, що забезпечує стабільну подачу повітря та ефективність сушіння.

4.3. Кінематичні та силові розрахунки зерносушарки RIELA GDT 300

4.3.1. Вихідні дані та основні параметри

- Продуктивність сушарки: $G = 28,5$ т/год (модель GDT 300/12/2)
- Вологість зерна на вході: $W_0 = 18\%$
- Вологість зерна на виході: $W_k = 14\%$
- Температура сушильного агента (повітря): $t = 120^\circ\text{C}$
- Площа поперечного перерізу повітряного каналу: $A = 2,5$ м² (типове значення)
- Густина повітря при 120°C : $\rho = 0,9$ кг/м³ (приблизно)
- Коефіцієнт опору сушарки: $\xi = 4,0$ (визначається експериментально, приймаємо типове)
- ККД вентилятора: $\eta = 0,75$
- Потужність вентилятора за технічними характеристиками: $N_{\text{вент}} = 24$

кВт

4.3.2. Розрахунок об'ємного розходу повітря Q

Для визначення об'єму повітря, необхідного для сушіння, використовуємо формулу, що враховує кількість води, яку треба видалити:

$$m_{\text{води}} = G \times \frac{W_0 - W_k}{100 - W_k} = 28,5 \times \frac{18 - 14}{100 - 14} = 28,5 \times \frac{4}{86} \approx 1,33 \text{ т/год}$$

Переведемо масу води в кг/с:

$$m_{\text{води}} = \frac{1,33 \times 1000}{3600} \approx 0,37 \text{ кг/с}$$

Відомо, що повітря при такій температурі може поглинати певну кількість водяної пари — визначаємо масовий розхід повітря:

					ДСА 00.000 ПЗ	Арх.
Зм	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		31

Припустимо, що питома вологість повітря на вході — 0,01 кг води/кг сухого повітря, а на виході — 0,03 кг/кг.

Тоді масовий розхід сухого повітря:

$$G_{\text{сух}} = \frac{m_{\text{води}}}{\omega_2 - \omega_1} = \frac{0,37}{0,03 - 0,01} = \frac{0,37}{0,02} = 18,5 \text{ кг/с}$$

Об'ємний розхід повітря:

$$Q = \frac{G_{\text{сух}}}{\rho} = \frac{18,5}{0,9} \approx 20,56 \text{ м}^3/\text{с}$$

4.3.3. Розрахунок швидкості повітря v у каналі

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{20,56}{2,5} = 8,22 \text{ м/с}$$

4.3.4. Розрахунок аеродинамічного опору Δp

За формулою:

$$\begin{aligned} \Delta p &= \xi \frac{\rho v^2}{2} = 4,0 \times \frac{0,9 \times (8,22)^2}{2} = 4,0 \times \frac{0,9 \times 67,6}{2} = 4,0 \times 30,42 \\ &= 121,7 \text{ Па} \end{aligned}$$

4.3.5. Розрахунок потужності вентилятора N

$$N = \frac{Q \cdot \Delta p}{\eta \times 1000} = \frac{20,56 \times 121,7}{0,75 \times 1000} = \frac{2503}{750} = 3,34 \text{ кВт}$$

Отримана потужність значно нижча за паспортну (24 кВт), що свідчить про те, що реальні втрати та опори більші, або об'єм повітря більший у режимах максимального навантаження. Потужність вентилятора розрахована без урахування додаткових опорів у трубопроводах, теплообмінниках, а також запасів на регулювання.

4.3.6. Перевірка механічних навантажень на вал вентилятора

Момент сили M :

$$M = \frac{N \times 10^3}{\omega},$$

де ω — кутова швидкість обертання вентилятора, рад/с.

Припустимо, частота обертання вентилятора $n = 1450$ об/хв:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi \times 1450}{60} = 151,8 \text{ рад/с}$$

Тоді:

$$M = \frac{24 \times 10^3}{151,8} = 158 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Це значення слід враховувати при виборі підшипників та проектуванні валу.

Теплова потужність пальника або теплообмінника (за паспортом):

$$Q_{\text{тепл}} = 1500 \text{ кВт.}$$

Кількість теплоти, необхідної для видалення води:

$$Q_{\text{потр}} = m_{\text{води}} \times r = 0,37 \times 2500 = 925 \text{ кВт,}$$

де $r \approx 2500$ кДж/кг — теплота випаровування води.

Різниця між $Q_{\text{тепл}}$ і $Q_{\text{потр}}$ — втрати тепла на конвекцію, випромінювання, неідеальний теплообмін.

Розрахунковий об'ємний розхід повітря складає близько 20,5 м³/с при швидкості 8,2 м/с у каналі сушарки.

Аеродинамічний опір сушарки — близько 122 кПа.

Потужність вентилятора у розрахунку — близько 3,3 кВт, проте для реальних умов з урахуванням втрат застосовується вентилятор потужністю 24 кВт.

Момент сили на валу вентилятора приблизно 158 Н·м.

Теплова потужність пальника забезпечує необхідну теплоту для випаровування вологи з урахуванням втрат.

Для підвищення ефективності сушарки рекомендується впровадження систем рекуперації тепла та оптимізація повітряних каналів для зменшення аеродинамічного опору.

4.4. Розрахунки деталей на міцність зерносушарки RIELA GDT 300

Для забезпечення надійної роботи зерносушарки RIELA GDT 300 необхідно виконати розрахунки на міцність основних відповідальних деталей конструкції, що піддаються як статичним, так і динамічним навантаженням. В першу чергу це стосується вала вентилятора, осей, опорних конструкцій та корпусу теплообмінника.

4.4.1. Розрахунок міцності вала вентилятора

Вихідні дані:

- Діаметр вала $d = 50$ мм (припустимо, згідно конструкції);
- Довжина робочої частини $l = 400$ мм;
- Момент крутіння $M = 158$ Н·м (з підпункту 4.3);
- Матеріал: сталь 45 (межа текучості $\sigma_T = 370$ МПа, межа міцності $\sigma_B = 600$ МПа);
- Коефіцієнт концентрації напружень $k_t = 1.2$;
- Коефіцієнт запасу міцності $n = 2$.

Розрахунок допускаемого дотичного напруження:

$$[\tau] = \frac{\sigma_T}{2 \cdot n} = \frac{370}{2 \times 2} = 92,5 \text{ МПа}$$

Максимальні дотичні напруження у валу:

$$\tau_{\max} = \frac{M \cdot c}{J} \times k_t,$$

де

- $c = \frac{d}{2} = 25 \text{ мм}$ — відстань від центра вала до поверхні;
- $J = \frac{\pi d^4}{32} = \frac{3.1416 \times 50^4}{32} = 3,07 \times 10^6 \text{ мм}^4$.

Обчислюємо:

$$\tau_{\max} = \frac{158 \times 10^3 \times 25}{3,07 \times 10^6} \times 1,2 = \frac{3,95 \times 10^6}{3,07 \times 10^6} \times 1,2 = 1,286 \times 1,2 = 1,54 \text{ МПа}$$

Отже, максимальні дотичні напруження у валу значно менші за допустимі, що свідчить про міцність і надійність конструкції.

4.4.2. Розрахунок осей та підшипникових опор

Оцінюємо згинальні напруження у найбільш навантаженій осі, припускаючи, що на неї діють моменти та реакції від вентилятора.

Припустимо, максимальний згинальний момент $M_z = 500 \text{ Н}\cdot\text{м}$, діаметр осі $d_{\text{осі}} = 40 \text{ мм}$.

Згинальні напруження:

$$\sigma = \frac{M_z \cdot c}{W},$$

де

$$\bullet c = \frac{d_{\text{осі}}}{2} = 20 \text{ мм},$$

$$\bullet W = \frac{\pi d_{\text{осі}}^3}{32} = \frac{3.1416 \times 40^3}{32} = 6,28 \times 10^4 \text{ мм}^3.$$

Обчислюємо:

$$\sigma = \frac{500 \times 10^3 \times 20}{6,28 \times 10^4} = \frac{10 \times 10^6}{6,28 \times 10^4} = 159,24 \text{ МПа}$$

Допустимі напруження для сталі 45 при коефіцієнті запасу $n = 2$:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{n} = \frac{370}{2} = 185 \text{ МПа}$$

Оцінка показує, що напруження менші за допустимі.

4.4.3. Розрахунок конструкції корпусу теплообмінника

Корпус теплообмінника зазнає як статичних, так і динамічних навантажень через температуру і тиск газів.

Припустимо, максимальний внутрішній тиск $p = 0,05 \text{ МПа}$ (50000 Па), товщина стінки корпусу $\delta = 5 \text{ мм}$, радіус внутрішньої поверхні $r = 0,5 \text{ м}$.

Напруження в тонкостінній циліндричній оболонці:

$$\sigma_{\theta} = \frac{pr}{\delta} = \frac{50000 \times 0,5}{0,005} = 5 \times 10^6 \text{ Па} = 5 \text{ МПа}$$

Межа міцності сталі корпусу — понад 250 МПа, отже напруження значно нижче допустимих.

Вали та осі забезпечують необхідний запас міцності при експлуатаційних навантаженнях.

						ДСА 00.000 ПЗ	Арх.
Зм	Арк.	№ докум	Підпис	Дата			36

Конструкція корпусу теплообмінника розрахована на безпечні робочі умови з великим запасом міцності.

Для підвищення надійності рекомендується періодична діагностика та контроль стану основних несучих елементів.

Використання Сталі 45 ДСТУ ISO 683-1:2023 як основного конструктивного матеріалу відповідає вимогам міцності та довговічності.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Загальні вимоги з охорони праці при механізації переробки соняшника

Механізація переробки соняшника, зокрема використання модернізованої зерносушарки RIELA GDT 300, передбачає комплекс технологічних операцій, що виконуються за допомогою механізованого устаткування. Для забезпечення безпеки праці персоналу необхідно суворо дотримуватись нормативних вимог з охорони праці, визначених чинним законодавством України, стандартами ДСТУ, а також інструкціями з експлуатації конкретного обладнання.

Під час роботи з зерносушаркою, оператори повинні мати відповідну професійну підготовку, проходити інструктажі з техніки безпеки, а також використовувати засоби індивідуального захисту (ЗІЗ), що включають захисні окуляри, рукавички, спецодяг і взуття з нековзною підпошвою.

5.2 Основні небезпеки при експлуатації зерносушарки RIELA GDT 300

До основних виробничих небезпек, що супроводжують роботу зерносушарки, відносяться:

- Механічні травми — внаслідок контакту з рухомими частинами сушарки (вентилятори, транспортери, шнеки);
- Теплові опіки — через нагрівальні елементи, гарячі поверхні сушильного агрегату;

						ДСА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата			37

експлуатації модернізованого обладнання. Всі працівники зобов'язані дотримуватись встановлених правил і не допускати самовільних втручань у конструкцію сушарки.

5.5 Вимоги до засобів індивідуального захисту (ЗІЗ)

Працівники, що обслуговують зерносушарку, повинні використовувати:
Захисні окуляри для запобігання попадання пилу і дрібних частинок у очі;

Респіратори або маски для захисту дихальних шляхів від пилу;

Теплозахисний спецодяг та рукавички для уникнення опіків;

Захисне взуття із сталевими носками та протиковзкою підошвою.

5.6 Відповідальність за дотримання охорони праці

Відповідальність за безпечну експлуатацію модернізованої зерносушарки RIELA GDT 300 покладається на керівництво підприємства, інженерно-технічний персонал та самих операторів. Порушення правил охорони праці караються згідно з Кодексом законів про працю України та іншими нормативними актами.

					ДСА 00.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи на тему «Механізація переробки соняшника з модернізацією зерносушарки RIELA GDT 300» було комплексно досліджено агротехнічні, інженерні та економічні аспекти післязбиральної обробки насіння соняшника з акцентом на операцію сушіння.

Проаналізовано технологічний процес сушіння олійних культур, охарактеризовано агробіологічні властивості насіння соняшника, визначено оптимальні режими тепломасообміну з урахуванням фізико-хімічних параметрів продукту. Встановлено, що ефективність сушіння істотно залежить від параметрів вентиляції, температурних режимів та ступеня автоматизації обладнання.

На основі виявлених недоліків типового обладнання було запропоновано технічне удосконалення зерносушарки RIELA GDT 300, зокрема в частині повітряного тракту, вентилятора, теплообмінника та системи регулювання вологи. Проведено кінематичні, силові та енергетичні розрахунки, а також розрахунки на міцність основних деталей і вузлів з урахуванням сучасних стандартів міцності (сталь 45 за ДСТУ). Побудовано енергетичну діаграму процесу сушіння та графіки залежності енерговитрат і потужності вентилятора від вологості зерна.

Економічна оцінка модернізації підтвердила доцільність запропонованих технічних рішень. Очікується зниження питомих енерговитрат на 12–15 %, підвищення рівномірності сушіння на 10–12 %, скорочення загального циклу переробки на 8–10 % та зростання продуктивності агрегату до 20 %.

Запропоновані заходи можуть бути адаптовані до інших зерносушільних установок, що підвищує універсальність дослідження.

					ДСА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		40

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гевко Б.М., Рогатынський Р.М. Винтові і подаючі механізми сільськогосподарських машин. – Львів: Вища школа, 1989. – 176 с.
2. Дринча В.М. Исследование вибропневмосепараторов с плоскими цилиндрическими деками // Механізація і електрифікація сільськогосподарства. – №5. – 2001. – С. 6–9.
3. Єрмак В.П. Обґрунтування способу сепарування насіння соняшника у повітряних потоках: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.05.11. – Луганськ, 2003. – 17 с.
4. Єрмак В.П. Шляхи збільшення ефективності сепарування насіння у горизонтальному повітряному потоці // Зб. наук. праць ЛНАУ. – Вип. 42 (54). – Луганськ, 2004. – С. 66–72.
5. Зінченко О.І., Самітенко В.Н., Білоножко М.А. Рослинництво. – К.: Агросвіт, 2001. – С. 12–47.
6. Коваль В.Я., Єрмак В.П. Новий спосіб сепарування насіння у повітряних потоках // Зб. наук. праць КДТУ. – Вип. 10. – Кіровоград: КДТУ, 2005. – С. 74–77.
7. Комаристов В.Ю., Петренко М.М. Довідник з механізації післязбиральної обробки зерна. – К.: Урожай, 1990. – 194 с.
8. Кондратюк П.І. Зерноочисні і сортувальні машини. – К.: Держтехвидав, 1953. – С. 12–69.
9. Котов Б.І. Основні напрямки розвитку техніки та технології післязбиральної обробки зерна // Матеріали міжнар. наук.-техн. конференції “Технічний прогрес у с.-г. виробництві”. – Глеваха. – 1997. – С. 78–79.
10. Котов Б.І. Технічні засоби для зберігання зерна у господарствах України // Пропозиція. – 1999. – №10. – С. 48–50.
11. Котов Б.І., Волошин М.І. Перспективи розвитку конструкцій зерноочисної техніки // Конструювання, виробництво та експлуатація с.-г. машин. – Вип. 31. – 2001. – С. 110–111.

					ДСА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		41

12. Котов Б.І., Коваль С.М., Шустик Л.П., Цема Т.В. Технічні засоби для зберігання зерна в господарствах України // Пропозиція. – 1999. – №11. – С. 25–27.
13. Котов Б.І., Степаненко С.П. Механіко-математична модель руху твердої частки у віброзрідженому шарі зерна // Зб. наук. праць КНТУ. – Вип. 15. – 2004. – С. 433–439.
14. Котов Б.І., Степаненко С.П., Пастушенко М.Г. Тенденції розвитку конструкцій машин та обладнання для очищення і сортування зернових матеріалів // Зб. наук. праць КДТУ. – Вип. 33. – 2003. – С. 53–59.
15. Лузан П.Г., Васильковський О.М. Нові конструкції решіткових сепараторів // Зб. наук. праць. – Вип. 27. – 1999. – С. 123–127.
16. Манчинський Ю.О. Обґрунтування параметрів робочого органу вібраційної машини для розділення насінневих сумішей. – Харків: Око, 1997. – 123 с.
17. Петренко М.М., Богатирьов Д.В. Експериментальні дослідження пневмоімпульсної сепарації за густиною // Вісник ТДТУ. – Вип. 1. – 2005. – С. 23–34.
18. Петренко М.М., Богатирьов Д.В. Пневмоімпульсна сепарація насіння за густиною як випадковий марківський процес // Зб. наук. праць КДТУ. – Вип. 33. – 2003. – С. 286–291.
19. Петренко М.М., Богатирьов Д.В. Порядок визначення основних параметрів пневмоімпульсної машини для сепарації насіння за густиною // Зб. наук. праць КДТУ. – Вип. 15. – 2004. – С. 323–328.
20. Петренко М.М., Богатирьов Д.В. Теоретичні дослідження пневмоімпульсної сепарації за густиною // Зб. наук. праць КДТУ. – Вип. 32. – 2002. – С. 140–146.
21. Петренко М.М. Основи наукових досліджень в сільськогосподарському машинобудуванні. – Кіровоград: Державне видавництво, 1997. – 148 с.

Зміст

	стор.
Вступ.....	5
1. Аналіз типової технології вирощування соняшнику з визначенням шляхів її покращення	6
2. Операційна технологія виконання заданої операції з вирощування соняшнику.....	17
3. Інженерна частина.....	31
Висновки.....	44
Список використаних джерел.....	45
Додатки	

						ДСА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата			43

ДОДАТКИ

					ДСА 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		44

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

“ ____ “ _____ 2025 р.

Графічна частина

кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти на
тему: «Механізація переробки соняшника з модернізацією зерносушарки RIELA
GDT 300»

на _____ аркушах формату А1 (змаштабованих на аркушах формату А4)

Виконав здобувач вищої освіти IV курсу,

групи AI-22мб-1

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія» _____ А.О. Ямковий

Керівник

Д.В. Богатирьов

Нормоконтроль

Ю.В. Мачок

Кропивницький