

# ECONOMIC AND TECHNICAL EFFICIENCY OF SUNFLOWER SEED TREATMENT

2020

**Mykhailov Ye., Golebiewski J., Kiurchev S., Hutsol T., Kolodii O., Nurek T.,  
Glowacki Sz., Zadosna N., Verkholantseva V., Palianychka N., Kucher O.**

**ECONOMIC AND TECHNICAL  
EFFICIENCY OF SUNFLOWER  
SEED TREATMENT**

**2020**

ISBN 978-83-7583-934-0

DOI 10.22630/SGGW.WE.9788375839340

**Reviewers:**

*Krzysztof Mudryk* – ScD. in Engineering, professor UR, Faculty of Production and Power Engineering, University of Agriculture in Krakow;

*Mariia Melnyk* – Ph.D. in Economics, Senior lecturer of Finance, Banking and Insurance Chair, Sumy National Agrarian University;

*Olena Koberniuk* – Ph.D. in Agriculture, State Agrarian and Engineering University in Podilia;

*Serhiy Zabolotnyy* – Ph.D. in Economics, Institute of Economics and Finance of the Warsaw University of Life Sciences (SGGW).

Mykhailov Ye., Golebiewski J., Kiurchev S., Hutsol T., Kolodii O., Nurek T., Glowacki Sz., Zadosna N., Verkholtantseva V., Palianychka N., Kucher O. Economic and technical efficiency of sunflower seed processing. Monograph. – Warszawa: 2020. – 158 c.

The monograph presents the analysis of the physical and mechanical properties of sunflower oil, technical means of post-harvest processing of crops and the results of pneumatic and pneumatic gravity devices studies. The analysis of sunflower seeds production in Ukraine, the technical equipment of the post-harvest sunflower seeds processing, theoretical studies of the separation process of air separated impurities, the methodical aspects of the experimental devices research, the results of laboratory and field research on experimental devices, practical application of the conducted research results and their economic efficiency evaluation are described.

This monograph is aimed at scientists, teachers, students and other categories of readers related to the activities of the agro-industrial complex

Warsaw University of Life Sciences Press

Nowoursynowska 166, 02-787 Warsaw

e-mail: [wydawnictwo@sggw.pl](mailto:wydawnictwo@sggw.pl)

[www.wydawnictwosggw.pl](http://www.wydawnictwosggw.pl)

Print: ZAPOL sp.j., al. Piastów 42, 71-062 Szczecin

©Copyright by Mykhailov Ye., Golebiewski J., Kiurchev S., Hutsol T., Kolodii O., Nurek T., Glowacki Sz., Zadosna N., Verkholtantseva V., Palianychka N., Kucher O.

ISBN 978-83-7583-934-0

DOI 10.22630/SGGW.WE.9788375839340

**Рецензенти:**

***Кишиштоф Мудрик** – доктор наук в галузі інженерних наук, професор УР, факультет виробництва та енергетики, сільськогосподарський університет у Кракові;*

***Мельник Марія** – кандидат економічних наук, Сумський національний університет;*

***Олена Кобернюк** – кандидат сільськогосподарських наук, факультет агротехнологій і природокористування, Подільський державний аграрно-технічний університет;*

***Заболотний Сергій** – кандидат економічних наук, інститут економіки та фінансів, Варшавський університет природничих наук.*

Михайлов Є., Голебівські Я., Іванишин В., Кюрчев С., Гуцол Т., Колодій О., Нурик Т., Гловацкі Ш., Задосна Н., Верхоланцева В., Паляничка Н., Кучер О. Економічна і технічна ефективність обробки насіння соняшнику. Монографія. – Варшава: 2020. – 158 с.

У монографії приведено аналіз фізико механічних властивостей олійної сировини соняшнику, технічних засобів післязбиральної обробки сільськогосподарських культур та результати досліджень пневморешітних та пневмогравітаційних пристроїв. Представлено аналіз виробництва насіння соняшнику в Україні, технічна оснащеність післязбиральної обробки насіння соняшнику, теоретичні дослідження процесу розділення повітровідокремлених домішок, методичні аспекти досліджень експериментальних пристроїв, результати лабораторних та польових досліджень експериментальних пристроїв та практичне застосування результатів виконаних досліджень і оцінка їх економічної ефективності.

Для вчених, викладачів, студентів і інших категорій читачів, що мають відношення до діяльності агропромислового комплексу.



# CONTENTS

<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>9</b>
<b>Chapter 1. SUNFLOWER PRODUCTION IN UKRAINE .....</b>	<b>11</b>
1.1. Structure and dynamic of sunflower production .....	13
1.2. Physical and mechanical and aerodynamic properties of sunflower oil raw material grown on farms in southern Ukraine .....	16
1.2.1. The results of laboratory tests for the critical velocity and the coefficient of windage of sunflower oil raw material components determination ....	18
1.2.2. The results of field studies for the statistical characteristics of sunflower oil raw material fractions determination .....	26
1.2.3. The results of laboratory tests for the determination of the nature of sunflower oil raw material .....	31
<b>Chapter 2. TECHNOLOGIES AND TECHNICAL MEANS OF THE POST-HARVEST PROCESSING OF SUNFLOWER OIL RAW MATERIAL .....</b>	<b>33</b>
2.1. Ecological and environmental aspects of the activity of sunflower oil raw material grain-cleaning complexes and sections .....	33
2.2. Agrarian and technical requirements for the quality of oil raw materials and machines pre-cleaning sunflower oil raw materials .....	36
2.3. Post-harvest cultivation technologies of grain and sunflower oil raw material .....	37
2.4. Machines for pre-cleaning grain and sunflower oil raw material .....	44
2.5. Designs of air distributors for pneumatic separation systems of machines for pre-cleaning grain and sunflower oil raw material .....	61
2.6. Ways to intensify the processes of pre-cleaning grain and sunflower oil raw material .....	65
<b>Chapter 3. THEORETICAL RESEARCH OF TECHNICAL MEANS OF SUNFLOWER OIL RAW MATERIAL POST-HARVEST PROCESSING .....</b>	<b>72</b>
3.1. Theoretical preconditions for the grain cleaning machines pneumatic systems parameters substantiation .....	72
3.2. Substantiation of technological scheme of pneumatic gravity separator .....	84
3.3. Substantiation of the technological scheme of sunflower oil raw material pneumatic grate separator with closed air system .....	85
3.4. Theoretical study of the parameters and operation modes of the pneumatic grate separator louver air distributor .....	89

<b>Chapter 4. METHODOLOGICAL SUBSTANTIATION OF EXPERIMENTAL DEVICES RESEARCH .....</b>	<b>100</b>
4.1 Methods of setting the parameters and operation modes of the pneumatic and gravity separator .....	100
4.1.1. Design of pneumatic and gravity separator full-scale model .....	100
4.1.2. Research methods of rational value of air flow velocity in the separator aspiration duct .....	104
4.1.3. Research methods of the vertical aspiration duct rational length of the separator .....	106
4.1.4. Research methods of the rational aspiration duct diameter of the separator .....	108
4.1.5. Research methods of the rational diameter of the seed delivery pipe in the middle of the vertical aspiration duct .....	110
4.1.6. Research methods of the influence of the geometric position of the seeds in space on the seed separation overall quality by specific gravity when they enter the vertical aspiration duct of the separator .....	112
4.1.7. Research methods of the rational diameter of the fractionator and for the selection of light-weight seeds .....	114
4.1.8. Research methods of rational productivity of the pneumatic and gravity seed separator work .....	116
4.2 Methods of setting the parameters and operation modes of the pneumatic grate separator louver air distributor .....	118
4.2.1. The design of the laboratory-production stand .....	118
4.2.2. Control means of the measuring complex of experimental researches ...	120
4.2.3. Criteria for evaluating the efficiency of the pneumatic grate separator workflow .....	124
4.2.4. Methods of processing experimental data .....	125
<b>Chapter 5. ECONOMIC EFFICIENCY OF THE CONDUCTED RESEARCH RESULTS AND THEIR PRACTICAL APPLICATION EVALUATION .....</b>	<b>128</b>
5.1. Calculation of energy costs for seed preparation by the pneumatic and gravity separator for sowing of 1 ha field .....	128
5.2. The industrial research results on the sunflower oil raw material waste impurities processing in the conditions of an oil extraction plant .....	131
5.3. Determination of economic efficiency of using a pneumatic grate separator for sunflower oil raw material .....	133
5.4. Practical recommendations for improving the efficiency of post-harvest sunflower oil raw material processing technology .....	134
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>138</b>
<b>LITERARY SOURCES .....</b>	<b>139</b>

# ЗМІСТ

<b>ВСТУП .....</b>	<b>10</b>
--------------------	-----------

<b>РОЗДІЛ 1. ВИРОБНИЦТВО ОЛІЙНОЇ СИРОВИНИ СОНЯШНИКУ В УКРАЇНІ .....</b>	<b>11</b>
---	-----------

1.1. Структура і динаміка виробництва соняшнику .....	11
1.2. Фізико-механічні та аеродинамічні властивості олійної сировини соняшнику господарств півдня України .....	13
1.2.1. Результати лабораторних досліджень з визначення критичної швидкості та коефіцієнту парусності складових олійної сировини соняшнику .....	18
1.2.2. Результати польових досліджень з визначення статистичних характеристик фракцій олійної сировини соняшнику .....	26
1.2.3. Результати лабораторних досліджень з визначення натури олійної сировини соняшнику .....	31

<b>РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЇ ТА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ОЛІЙНОЇ СИРОВИНИ СОНЯШНИКУ .....</b>	<b>33</b>
---	-----------

2.1. Екологічні та природоохоронні аспекти діяльності зерноочисних комплексів та ділянок олійної сировини соняшнику .....	33
2.2. Агротехнічні вимоги до якості олійної сировини та машин попереднього очищення олійної сировини соняшнику .....	36
2.3. Технології післязбирального обробітку зерна та олійної сировини соняшнику .....	37
2.4. Машини попереднього очищення зерна та олійної сировини соняшнику ..	44
2.5. Конструкції повітророзподільників пневмосепараційних систем машин попереднього очищення зерна та олійної сировини соняшнику .....	61
2.6. Шляхи інтенсифікації процесів попереднього очищення зерна та олійної сировини соняшнику .....	65

<b>РОЗДІЛ 3. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ОЛІЙНОЇ СИРОВИНИ СОНЯШНИКУ .....</b>	<b>72</b>
--	-----------

3.1. Теоретичні передумови щодо обґрунтування параметрів та режимів роботи технічних засобів післязбиральної обробки олійної сировини соняшнику ..	72
3.2. Обґрунтування технологічної схеми пневмогравітаційного сепаратора .....	84
3.3. Обґрунтування технологічної схеми пневморешітного сепаратора олійної сировини соняшнику зі замкненою повітряною системою .....	85
3.4. Теоретичні дослідження параметрів та режимів роботи жалюзійного повітророзподільника .....	89



<b>РОЗДІЛ 4. МЕТОДИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ .....</b>	<b>100</b>
4.1. Методика встановлення параметрів та режимів роботи пневмогравітаційного сепаратора .....	100
4.1.1. Конструкція натурної моделі пневмогравітаційного сепаратора ...	100
4.1.2. Методика дослідження раціональної величини швидкості повітряного потоку у аспіраційному каналі .....	104
4.1.3. Методика дослідження раціональної довжини вертикального аспіраційного каналу .....	106
4.1.4. Методика дослідження раціонального діаметру аспіраційного каналу .....	108
4.1.5. Методика дослідження раціонального діаметра патрубку постачання насіння в середині вертикального аспіраційного каналу .....	110
4.1.6. Методика дослідження впливу геометричного положення насіння у просторі на загальну якість поділу насіння .....	112
4.1.7. Методика дослідження раціонального діаметра розподільника фракції для відбору легкого насіння .....	114
4.1.8. Методика дослідження раціональної продуктивності роботи пневмогравітаційного сепаратора насіння .....	116
4.2. Методика встановлення параметрів і режимів роботи жалюзійного повітророзподільника пневморешітного сепаратора .....	118
4.2.1. Конструкція лабораторно-виробничого стенду .....	118
4.2.2. Методика встановлення режимів роботи лабораторно-виробничого стенду .....	120
4.2.3. Критерії оцінки ефективності робочого процесу пневморешітного сепаратора .....	124
4.2.4. Методика обробки дослідних даних .....	125
 <b>РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИКОНАНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ОЦІНКА ЇХ ПРАКТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ .....</b>	<b>128</b>
5.1. Розрахунок витрат енергії на підготовку насіння пневмогра-вітаційним сепаратором .....	128
5.2. Результати виробничих досліджень переробки сміттевихдомішок олійної сировини соняшнику в умовах олійноекстракційного заводу .....	131
5.3. Визначення економічної ефективності використання пневморешітного сепаратуру олійної сировини соняшнику .....	133
5.4. Практичні рекомендації з підвищення ефективності технології післязбиральної обробки олійної сировини соняшнику .....	134
 <b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....</b>	<b>137</b>
 <b>ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА .....</b>	<b>139</b>

## INTRODUCTION

The increasing sunflower yield is an important issue for Ukraine. Therefore, the development of new and improvement of existing technologies and equipment for seed preparation by separation is an urgent task in the context of Ukraine's progress towards European integration.

There are many different science-based methods for sunflower yields increasing. One way is to use the most productive seed for sowing, which is obtained by separation and has improved seed properties. According to the research, it is known that the selection of the most productive seeds with the highest nutrient reserve from the total mass, allows obtaining a yield increase of 3-5 centigrade per 1 ha.

Test data of serial machines air ducts shows that the seeds are cleaned and sorted with insufficient quality: after separation, 20-30% of light (inferior) seeds remain in the "valuable" fraction, and the increase in the mass of 1000 grains is only 4.4%. This indicates that the airflow capabilities are not being used to the full capacity. Therefore, it is necessary to design fundamentally new constructions of pneumatic grate and pneumatic gravity separators, their air ducts and methods of separation, which make it possible to improve the quality of seed material separation.

The monograph presents the analysis of the physical and mechanical properties of sunflower oil, technical means of post-harvest processing of crops and the results of pneumatic and pneumatic gravity devices studies. The analysis of sunflower seeds production in Ukraine, the technical equipment of the post-harvest sunflower seeds processing, theoretical studies of the separation process of air separated impurities, the methodical aspects of the experimental devices research, the results of laboratory and field research on experimental devices, practical application of the conducted research results and their economic efficiency evaluation are described.

This monograph is aimed at scientists, teachers, students and other categories of readers related to the activities of the agro-industrial complex.

## ВСТУП

Збільшення врожайності соняшнику для України є важливим питанням. Тому розробка нових та вдосконалення існуючих технологій і технічних засобів для підготовки насіннєвого матеріалу шляхами очистки та сепарування є актуальною задачею в умовах просування України до Європейської інтеграції.

Відомо багато різних науково-обґрунтованих способів збільшення врожайності соняшнику. Одним із таких способів є використання для сівби найбільш продуктивного насіння, яке отримується шляхом сепарування та має покращені насіннєві властивості. За результатами досліджень вчених відомо, що відбір із загальної маси найбільш продуктивного насіння із найбільшим запасом поживних речовин, дозволяє отримати збільшення врожайності на 3-5 ц з 1 га.

Дані випробувань повітряних каналів серійних машин показують, що очищення та сортування насіння здійснюється в них з недостатньо високою якістю – після сепарації в «цінній» фракції залишається 20-30% легкого (неповноцінного) насіння, а збільшення маси 1000 зерен складає всього 4,4%. Це вказує на те, що можливості повітряного потоку використовуються далеко не повністю. Тому необхідно створення принципово нових конструкцій пневморешітних та пневмогравітаційних сепараторів, їх повітряних каналів і способів поділу, які дають можливість підвищити якість розділення насіннєвого матеріалу.

У монографії приведено аналіз фізико механічних властивостей олійної сировини соняшнику, технічних засобів післязбиральної обробки сільськогосподарських культур та результати досліджень пневморешітних та пневмогравітаційних пристроїв. Представлено аналіз виробництва насіння соняшнику в Україні, технічна оснащеність післязбиральної обробки насіння соняшнику, теоретичні дослідження процесу розділення повітровідокремлених домішок, методичні аспекти досліджень експериментальних пристроїв, результати лабораторних та польових досліджень експериментальних пристроїв та практичне застосування результатів виконаних досліджень і оцінка їх економічної ефективності.

Для вчених, викладачів, студентів і інших категорій читачів, що мають відношення до діяльності агропромислового комплексу.

**РОЗДІЛ 1.**  
**ВИРОБНИЦТВО ОЛІЙНОЇ СИРОВИНИ СОНЯШНИКУ**  
**В УКРАЇНІ**  
**(SUNFLOWER PRODUCTION IN UKRAINE)**

**1.1. Структура і динаміка виробництва соняшнику**

Виробництво олійних культур належить до основних напрямів діяльності сільського господарства України. Підтвердженням цього є зайнятість ними посівних площ. Торік усіма категоріями господарств засівалося 26,7 млн га ріллі. При цьому олійні культури займали майже 30% всіх площ. До того ж, і минулого року частка олійних культур в структурі посівів знаходилася на такому ж рівні [1-3].

Основою вітчизняного виробництва олійних культур є насіння соняшнику. Його частка у загальному виробництві цієї групи культур становить майже дві третини. Упродовж останніх років в Україні спостерігалася тенденція до збільшення виробництва насіння соняшнику.

Якщо у 2005 році валовий збір цієї культури становив 4,7 млн т, то у 2018/19 маркетинговому році (МР) отримано 14,5 млн т. Цьому сприяло утримання великих масштабів господарювання. Нинішнього року посівні площі під культурою становили майже 6 млн га, що на третину більше 2005-го. З розширенням площ під культурою підвищувалася врожайність. Якщо у 2005 році врожайність соняшнику становила 12,8 ц/га, то у 2018 – понад 24 ц/га [2-9].

Найбільші площі олійних культур зосереджувалися у Кіровоградській (743 тис. га), Запорізькій (568), Дніпропетровській (558) та Полтавській (536 тис. га) областях. При цьому в цих же регіонах були більш масштабні площі під соняшником [4].

Якщо переглянути динаміку валового збору соняшника за останні півстоліття то проявляється чітка тенденція до збільшення валового збору (Таблиця 1.1).



Рисунок 1.1 – Динаміка виробництва насіння соняшнику в Україні [6]

Як бачимо з таблиці 1.1 валовий збір соняшнику має стійку тенденцію до зростання в усіх категоріях господарств. В господарствах населення валовий збір у 2019 МР (14500 тис. т) збільшився в порівнянні з 2008 роком (6035 тис.т) майже на 240%.

Таблиця 1.1  
Валовий збір соняшнику на території України [5]

Роки	Соняшник, тис.т	Роки	Соняшник, тис.т	Роки	Соняшник, тис.т	Роки	Соняшник, тис.т	Роки	Соняшник, тис.т
1913	71	1965	2544	1990	2794	1998	2168	2012	8469
1945	400	1970	2860	1994	3457	2000	2571	2013	10956
1950	703	1975	2123	1995	2530	2006	5324	2014	10456
1955	1385	1980	2308	1996	2277	2008	6035	2016	13356
1960	1603	1985	2266	1997	2119	2010	6850	2019	14500

У 1950 році валовий збір становив 703 тисяч тон, 1960 – 1603 тисяч тон, 1970 – 2530 тисяч тон, 1980 рік – 2119 тисяч тон, 1990 – 2571 тисяч тон. Тобто на території України, частині тоді СРСР зберігалось тенденція до збільшення виробництва соняшнику.

Посівна площа даної культури в 2006 році становила 3964 тис. га. Найбільша ж посівна площа під даною культурою була зареєстрована в 2016 році, а саме 6100 тис. га. Стосовно збиральної площі то вона в 2006 році склала 3611 тис.га. Що на 222 тис. га більше ніж в 2005 році. Розглянувши дані таблиці можна зробити висновок що вирощування соняшнику по Україні ведеться екстенсивним шляхом, так як виробництво даної культури збільшується завдяки значному збільшенню площ, а не підвищенню врожайності.

Загалом обсяги світової торгівлі соняшником відносно його внутрішнього споживання становлять 4,3%, що пояснюється переробкою цього насіння у країнах–виробниках та задоволенням потреб споживачів не сировиною, а продуктами переробки. Більш поширеними продуктами переробки соняшнику на зовнішньому ринку є харчова олія та шрот.

Соняшникову олію українського виробництва експортують у понад 100 країн, кількість яких з кожним роком зростає. Разом з тим, основними покупцями цього продукту є країни ЄС, Китай та Індія.

Упродовж останніх років в Україні спостерігалася тенденція до збільшення виробництва насіння соняшнику. У 2018/19 маркетинговому році (МР) отримано 14,5 млн т, а врожайність соняшнику становила понад 23 ц/га. В Україні понад 90% площ олійних зайнято під соняшником, внаслідок чого відбувається деградація земель, виникає загроза зараження ґрунту та поширення хвороби соняшнику. Протягом останнього десятиріччя площі посівів зросли більше чим в 1,5 рази. Така економічна ситуація вимагає об'єктивної оцінки подій в галузі і підвищення ефективності в нових умовах господарювання [5].

## **1.2. Фізико-механічні та аеродинамічні властивості олійної сировини соняшнику господарств півдня України**

Фізико-механічні властивості насіння соняшника є: лінійні розміри та геометрична форма, аеродинамічні, абсолютна маса,

щільність, та інші властивості. Ці властивості дуже важливі при вирішенні багатьох задач післязбиральної обробки, зберігання та переробки насіння.

При зберігання насіння насипом в великій масі вони набувають нових властивостей, які істотно відрізняються від властивостей одиничних насінин. До цих властивостей відносяться об'ємна маса, насипна щільність та ін. Від розмірів насіння та їх форми залежать тип сховища, параметри робочих органів машин, та способи зберігання і переробки насіння.

У соняшнику дрібне насіння мають велику лушпинність, більш високе кислотне число, вміст олії в них нижчий в порівнянні з великими. Доцільність роздільного зберігання та переробки великого і дрібного насіння соняшнику за різними технологіями обумовлюється тим, що оболонка дрібного насіння руйнується і відокремлюється важче, тому дрібне насіння переробляють за більш спрощеною технологією. Сепарацію насіння соняшнику проводять різними способами. Дрібне насіння складають до 40% від загальної маси що надійшла до зберігання [13-14].

Розміри насіння соняшнику знаходяться в межах: довжина 5-25 мм; ширина 4,3-10 мм; товщина 4-7 мм в залежності від сорту насіння і агротехнічних умов.

Маса 1000 насінин соняшнику знаходиться в межах 40-100 г в залежності від сорту і умов вирощування. В. В. Белобородов, провівши дослідження, показав, що критична швидкість насіння соняшнику в залежності від абсолютної маси і розмірів насінин знаходиться в межах 3,2-8,9 м/с. Також він відмітив, що із підвищенням вологості загальна маса насіння соняшнику збільшується. На таблиці 1.2 представлена характеристика насіння соняшника [12].

В результаті сепарації вдається відбрати із загальної маси для посіву найбільш якісне насіння з насипною щільністю до 462,8 г/дм<sup>3</sup>. Як показали дослідження [12, 13], насіння з кращими посівними властивостями містять більше елементів живлення (азоту на 0,21%, фосфору на 0,25%).

Таблиця 1.2

## Характеристика насіння соняшника [8]

Найменування	Маса 1000 шт., г	Насінна щільність, г/л	Питома маса, г/см <sup>3</sup>	Еквівалентний діаметр, мм
Одеський 122	61,66	404	0,728	5,45
Харківський 49	67,00	410	0,748	5,55
Запорізький 9	58,46	421	0,745	5,31
Запорізький 10	52,28	430,9	0,738	5,13
Запорізький 12	57,62	426,9	0,741	5,30
Запорізький 14	62,73	419,5	0,735	5,46
Запорізький 16	56,15	436,9	0,753	5,22
Запорізький 18	43,87	462,8	0,779	4,76

Енергія проростання, лабораторна схожість, сила росту і польова схожість важкого насіння у порівнянні з легкими зростають відповідно на 4,7%, 5%, 13-14%. Насіння з більшою силою зростання мають масу 43,87-67,00 г, що на 10-25 г більше, ніж у рослин з меншою силою зростання. Це свідчить про те, що вже на початкових етапах розвитку проростка, коли потужність його визначалася тільки наявністю поживних речовин в насінні, відзначається невідповідність між його масою і масою проростка. В таблиці 1.3 представлені вимоги до посівного матеріалу соняшника першого покоління [12, 13].

Таблиця 1.3

## Вимоги до посівного матеріалу соняшника першого покоління [12]

Показник	Якість сорту	
	I клас	II клас
Чистота насіння, %	99	98
Насіння інших рослин на 1кг, шт	7	20
Енергія проростання, %	90	85
Схожість, %	95	90
Вологість насіння, % (не більше)	8	10
Вологість насіння страхового фонду, %	7	7
Маса насіння 1000 шт, г	90-110	80-100

Дослідження насіння соняшника проводилися в ТОВ «Зоря» Приазовського району Запорізької області. В таблиці 1.4 представлені результати дослідження.



Таблиця 1.4

## Характеристика досліджуемого насіння соняшника

Найменування	Маса 1000 шт., г	Насипна щільність, г/л	Питома маса, г/см <sup>3</sup>	Еквівалентний діаметр, мм
Одеський 122	58,42	392	0,725	5,44
Харківський 49	62,76	400	0,738	5,50
Запорізький 14	59,23	413,6	0,729	5,40

Більшість олійної сировини соняшнику переробляється на спеціалізованих пресових та екстракційних заводах. Насіння соняшника містить більше 46% олії. Оболонка – лущиння – складає 23...26% від маси насіння. В процесі технологічної обробки лузгу відділяють від ядра, внаслідок чого вміст олії збільшується до 48-50% [7].

Важливим показником технологічної якості насіння за є вміст в ньому домішок. Домішки сировини поділяються на сміттєві та олійні.

До сміттєвих відносять домішки мінеральні (земля, пісок, камінці) та органічні (залишки листя, стовбурів, пусте насіння, оболонки, насіння всіх дикорослих і культурних рослин, крім віднесених за стандартом до олійних домішок).

Олійні домішки – це в основному пошкоджене насіння основної олійної культури, насіння зіпсоване самозігріванням, висушуванням, обвуглене, гниле – з явно пошкодженим ядром, бите, поїдене шкідниками, м'яке, проросле, зі зміненим кольором ядра.

Насіння соняшнику не залежно від сфери використання має бути у здоровому стані, без самозігрівання та теплового пошкодження під час сушіння; мати властивий здоровому насінню запах (без затхлого, пліснявого, інших сторонніх запахів); мати нормальний колір відповідно до певних сортових ознак. Якщо вміст домішок інших типів рослин переважає встановлену норму,

насіння визначають як суміш типів із зазначенням кількості основного та інших типів. Насіння олійних культур, пошкоджене шкідниками хлібних злаків (крім кліща), не може бути використано для переробки на харчові продукти [7].

Фізико-механічні властивості насіння соняшнику змінюються та залежать від багатьох факторів: виду та сорту культури, кліматичних умов регіону вирощування, ґрунту та його обробки, вологості насіння та інших факторів.

До фізико-механічних властивостей насіння соняшнику відносяться: геометрична форма і лінійні розміри, абсолютна маса, щільність, аеродинамічні та інші властивості.

Вони важливі при вирішенні багатьох питань післязбиральної обробки, зберігання і особливо технологічної переробки насіння. До основних відмітних особливостей соняшнику відносяться: висока олійність, низька механічна міцність оболонки, щільність, натура, парусність, швидкість вітання і підвищена шпаруватість, геометрична форма і лінійні розміри. Від геометричної форми і лінійних розмірів насіння залежить тип сховища, розміри робочих органів технологічних машин, а так само спосіб зберігання і переробки насіння.

Оцінку якості насіння як посівного матеріалу здійснюють згідно з [13].

На підставі наведених даних можна зробити висновок, що насіння соняшнику як об'єкт післязбиральної обробки мають яскраво виражені специфічні особливості та фізико-механічні властивості, що необхідно враховувати в якості передумов для вдосконалення технологічних процесів післязбиральної обробки насіння соняшнику

Відомі наступні значення фізико-механічних і аеродинамічних властивостей насіння соняшнику [13]:

- вологість насіння, % (4,3 ... 9,2);
- відносна щільність насіння, г / см<sup>3</sup> (0,651 ... 0,827);
- насипна щільність, (натура) г/дм<sup>3</sup>; (330...470);
- абсолютна маса 1000 насінин, г

- (40,0 ... 98,1);
- шпаруватість, % (42 ... +60);
  - критична швидкість, м/с (3,2 ... 8,9);
  - коефіцієнт парусності, м<sup>-1</sup> (0,24 ... 0,29);
  - кут природного укоосу: сухого насіння (27...+35); вологих насіння (30...+42).

Виходячи з цього на перший план впливає попереднє очищення. Післязбиральна обробка насіння соняшнику надає йому стійкості під час подальшого зберігання, попереджує зниження виходу і якості олії та інших продуктів, що отримують у результаті промислової переробки насіння на заводах. Визначено, що за останні 20-30 років у зв'язку з вирощуванням нових сортів соняшнику, змінною термінів збирання, використання сучасної збиральної техніки вітчизняного та іноземного виробництва фізико-механічні та аеродинамічні властивості олійної сировини соняшнику змінилися, що потребує подальшого її дослідження.

### 1.2.1. Результати лабораторних досліджень з визначення критичної швидкості та коефіцієнту парусності складових олійної сировини соняшнику

Представлені результати та аналіз аеродинамічних властивостей насіння соняшнику та його складових, що надходять на зерноочисні комплекси та олійноекстракційні заводи півдня України. [9, 11].

Критична швидкість вітання повноцінного насіння (рис. 1.2)  $V_{кр.нп.}$  знаходиться в широкому діапазоні. Так, його мінімальне математичне очікування склало  $V_{кр.нп.(ср)}^{min}=4,124\text{мс}^{-1}$  при  $V_{кр.нп.(min)}^{min}=3,186\text{мс}^{-1}$ ,  $V_{кр.нп.(max)}^{min}=5,108\text{мс}^{-1}$ , середньоквадратичному відхиленні  $\sigma_{нп}^{min} = 0,44\%$  і коефіцієнті варіації  $v_{нп}^{min}=10,63\%$ . Діапазон мінімальної критичної швидкості повноцінного насіння склав  $2\text{ мс}^{-1}$ , при відносно невисокому значенні коефіцієнта варіації. Максимальне математичне очікування склало  $V_{кр.нп.(ср)}^{max} = 6,659\text{ мс}^{-1}$  при  $V_{кр.нп.(min)}^{max} = 5,385\text{мс}^{-1}$ ,  $V_{кр.нп.(max)}^{max} = 7,71\text{мс}^{-1}$ , середньоквадратичному відхиленні  $\sigma_{нп}^{max} = 0,60\%$  і коефіцієнті варіації  $v_{нп}^{max} = 9,03\%$ . Діапазон

максимальної критичної швидкості повноцінного насіння склав більше  $2 \text{ мс}^{-1}$ , при відносно невисокому значенні коефіцієнта варіації. Діапазон критичної швидкості витання повноцінного насіння склав від  $V_{\text{кр.нп.}(min)}^{min} = 3,186 \text{ мс}^{-1}$  до  $V_{\text{кр.нп.}(max)}^{max} = 7,71 \text{ мс}^{-1}$ .

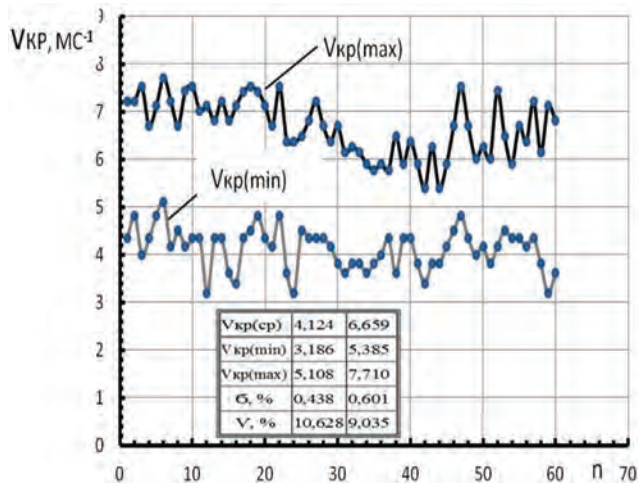


Рисунок 1.2 – Статистичні характеристики критичних швидкостей витання повноцінного насіння.

Олійна домішка включає в себе щуплі (рис. 1.3), подрібнені (рис. 1.4) та пошкоджені насіння (рис. 1.5).

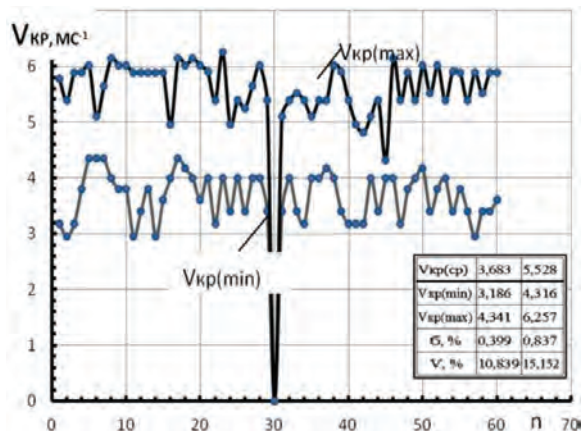


Рисунок 1.3 – Статистичні характеристики критичних швидкостей витання щуплого насіння.

Мінімальне математичне очікування щуплого насіння складо

$V_{кр.ниц.(ср)}^{min} = 3,674 мс^{-1}$  при  $V_{кр.ниц.(min)}^{min} = 3,186 мс^{-1}$ ,  $V_{кр.ниц.(max)}^{min} = 4,341 мс^{-1}$ , середньоквадратичному відхиленні  $\sigma_{ниц}^{min} = 0,401\%$  і коефіцієнти варіації  $v_{ниц}^{min} = 10,914\%$ .

Максимальне математичне очікування склало  $V_{кр.ниц.(ср)}^{max} = 5,628 мс^{-1}$  при  $V_{кр.ниц.(max)}^{max} = 6,257 мс^{-1}$ ,  $V_{кр.ниц.(ср)}^{max} = 5,628 мс^{-1}$ , середньоквадратичне відхилення  $\sigma_{ниц}^{max} = 0,837 мс^{-1}$  і коефіцієнти варіації  $v_{ниц}^{max} = 7,258\%$ .

Мінімальне математичне очікування подрібненого насіння склало  $V_{кр.нд.(ср)}^{min} = 4,079 мс^{-1}$  при  $V_{кр.нд.(min)}^{min} = 2,085 мс^{-1}$ ,  $V_{кр.нд.(max)}^{min} = 5,648 мс^{-1}$ , середньоквадратичному відхиленні  $\sigma_{нд}^{min} = 0,766\%$  і коефіцієнти варіації  $v_{нд}^{min} = 18,79\%$ .

Максимальне математичне очікування склало  $V_{кр.нд.(ср)}^{max} = 5,956 мс^{-1}$  при  $V_{кр.нд.(min)}^{max} = 3,186 мс^{-1}$ ,  $V_{кр.нд.(max)}^{max} = 7,123 мс^{-1}$ , середньоквадратичному відхиленні  $\sigma_{нд}^{max} = 0,885\%$ ,  $v_{нд}^{max} = 14,86\%$ .

Мінімальне математичне очікування пошкодженого насіння склало  $V_{кр.нз.(ср)}^{min} = 4,21 мс^{-1}$  при  $V_{кр.нз.(min)}^{min} = 3,406 мс^{-1}$ ,  $V_{кр.нз.(max)}^{min} = 5,108 мс^{-1}$ , середньоквадратичному відхиленні  $\sigma_{нз}^{min} = 0,432\%$  та коефіцієнти варіації  $v_{нз}^{min} = 10,268\%$ .

Максимальне математичне очікування склало  $V_{кр.нз.(ср)}^{max} = 6,182 мс^{-1}$  при  $V_{кр.нз.(max)}^{max} = 7,422 мс^{-1}$ ,  $V_{кр.нз.(min)}^{max} = 5,385 мс^{-1}$ , середньоквадратичному відхиленні  $\sigma_{нз}^{max} = 0,616\%$  і коефіцієнти варіації  $v_{нз}^{max} = 9,971\%$ .

Аналіз отриманих значень показує, що олійна домішка, до якої відносять щуплі, подрібнені та пошкоджені насіння, по своєму діапазону критичних швидкостей практично входить до складу повноцінного насіння соняшнику, за винятком частини подрібнених, які разом з легкими домішками підуть у відходи

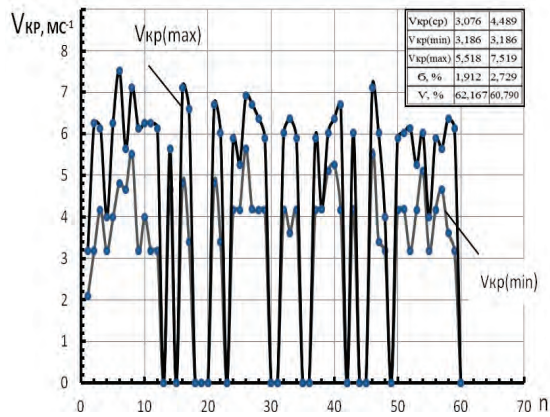


Рисунок 1.4 – Статистичні характеристики критичних швидкостей витання подрібненого насіння.

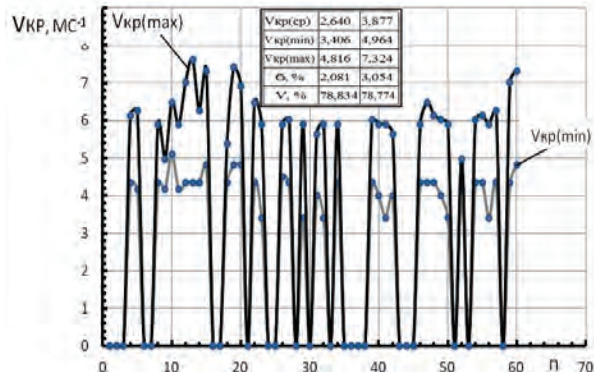


Рисунок 1.5 – Статистичні характеристики критичних швидкостей витання пошкодженого насіння.

Крупна домішка (рис. 1.6) складається в основному з органічних домішок у вигляді залишків листя, стебель, кошиків.

Мінімальне математичне очікування критичних швидкостей крупних домішок складо  $V_{кр.кд.(ср)}^{\min} = 3,631 \text{ мс}^{-1}$  при середньоквадратичному відхиленні  $\sigma_{кд}^{\min} = 0,364\%$ ,  $V_{кр.кд.(мін)}^{\min} = 3,186 \text{ мс}^{-1}$ ,  $V_{кр.кд.(макс)}^{\min} = 4,816 \text{ мс}^{-1}$  і коефіцієнті варіації  $v_{кд}^{\min} = 10,025\%$ . Різниця мінімальних критичних швидкостей крупних домішок складо  $1,63 \text{ мс}^{-1}$  при відносно невисокому значенні

коефіцієнта варіації. Максимальне математичне очікування критичних швидкостей крупних домішок склало  $V_{кр.кд.(ср)}^{max} = 6,282 мс^{-1}$  при  $V_{кр.кд.(min)}^{max} = 5,248 мс^{-1}$ ,  $V_{кр.кд.(max)}^{max} = 9,557 мс^{-1}$ , при середньоквадратичному відхиленні  $\sigma_{кд}^{max} = 0,87\%$  і коефіцієнт варіації  $V_{кд}^{max} = 13,855\%$ .

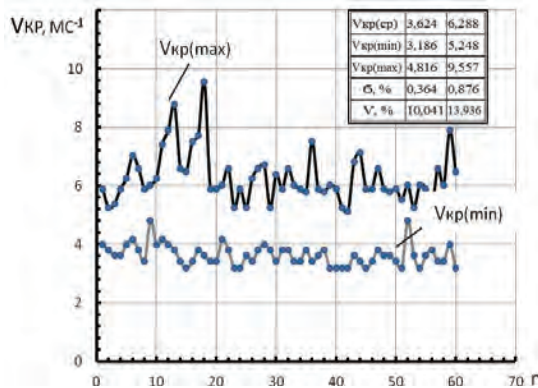


Рисунок 1.6 – Статистичні характеристики критичних швидкостей витання крупних домішок.

Різниця максимальних критичних швидкостей крупних домішок склала  $4,309 мс^{-1}$ , при відносно невисокому значенні коефіцієнта варіації. Діапазон критичних швидкостей витання для крупної домішки знаходиться у межах: –  $V_{кр.кд.(min)}^{min} = 3,186 мс^{-1}$  до  $V_{кр.кд.(max)}^{max} = 9,557 мс^{-1}$ , а різниця критичних швидкостей крупних домішок склала  $V_{кр.кд.} = 6,371 мс^{-1}$ .

Аналіз отриманих значень показує, що найвищий діапазон критичної швидкості знаходиться саме у цієї категорії домішок. В той же час велика кількість домішок за характеристикою входить до складу розглянутих домішок, а отже їх виділення можливе за умови обробки олійної сировини на пневморешітних сепараторах з використанням як повітряних потоків, так і решіт.

Прохід крізь сито з вічками діаметром 3,0 мм (рис. 1.7).

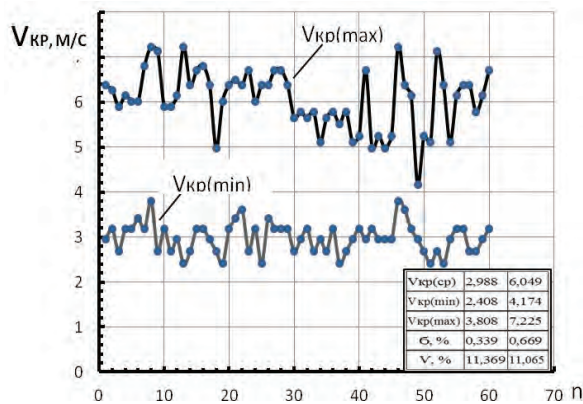


Рисунок 1.7 – Статистичні характеристики критичних швидкостей витання проходу крізь сито з вічками діаметром 3,0 мм

Аналіз значень критичних швидкостей проходу крізь сито з вічками діаметром 3,0 мм показує, що мінімальне математичне очікування склало  $V_{кр.пс.(min)}^{\min} = 2,408 мс^{-1}$  при  $V_{кр.пс.(ср)}^{\min} = 2,987 мс^{-1}$ ,  $V_{кр.пс.(max)}^{\min} = 3,808 мс^{-1}$ ,  $\sigma_{nc}^{\min} = 0,337 мс^{-1}$  коефіцієнта варіації  $v_{nc}^{\min} = 11,27\%$ . Діапазон мінімальної критичної швидкості легких домішок склав практично  $1,4 мс^{-1}$ , при відносно невисокому значенні коефіцієнта варіації. Максимальне математичне очікування склало  $V_{кр.пс.(ср)}^{\max} = 6,054 мс^{-1}$  при  $V_{кр.пс.(min)}^{\max} = 4,171 мс^{-1}$ ,  $V_{кр.пс.(max)}^{\max} = 7,225 мс^{-1}$ ,  $\sigma_{nc}^{\max} = 0,665\%$  коефіцієнт варіації  $v_{nc}^{\max} = 10,982\%$ . Діапазон максимальної критичної швидкості легких домішок склав більше  $3,054 мс^{-1}$ , при відносно невисокому значенні коефіцієнта варіації.

Діапазон критичних швидкостей витання для цієї фракції лежить від:  $V_{кр.п.(min)}^{\min} = 2,408 мс^{-1}$  до  $V_{кр.п.(max)}^{\max} = 7,225 мс^{-1}$  або –  $\Delta V_{кр.п.} = 4,817 мс^{-1}$ .

Легка домішка. До легкої домішки відноситься лушпиння в залишку на ситі з вічками діаметром 3,0 мм.

Аналіз значень критичних швидкостей легких домішок (рис. 1.8) показує, що їх мінімальне математичне очікування склало



$V_{кр.л.(ср)}^{min} = 2,657 мс^{-1}$  при  $V_{кр.л.(min)}^{min} = 2,408 мс^{-1}$ ,  $V_{кр.л.(max)}^{min} = 3,406 мс^{-1}$ ,  
 середньоквадратичному відхиленні  $\sigma_l^{min} = 0,252\%$  коефіцієнти  
 варіації  $\nu_l^{min} = 9,509\%$ .

Діапазон мінімальної критичної швидкості легких домішок склав практично  $0 мс^{-1}$ , при відносно невисокому значенні коефіцієнта варіації. Максимальне математичне очікування  $V_{кр.л.(ср)}^{max} = 4,409 мс^{-1}$  при  $V_{кр.л.(min)}^{min} = 3,406 мс^{-1}$ ,  $V_{кр.л.(max)}^{max} = 5,518 мс^{-1}$ , середньоквадратичному відхиленні  $\sigma_l^{max} = 0,0482\%$  коефіцієнті вібрації  $\nu_l^{max} = 10,934\%$ .

Діапазон максимальної критичної швидкості легких домішок склав більше  $2,112 мс^{-1}$ .

Діапазон критичних швидкостей витання для легких домішок лежить від:  $-V_{кр.л.(min)}^{min} = 2,408 мс^{-1}$  до  $V_{кр.л.(max)}^{max} = 5,518 мс^{-1}$ .

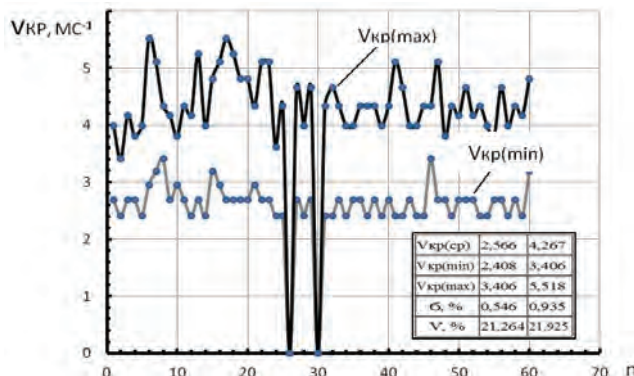


Рисунок 1.8 – Статистичні характеристики критичних швидкостей витання легких домішок.

Аналізуючи отримані значення ми бачимо, що у легких домішок діапазон критичних швидкостей витання знаходиться в межах  $2,5-4,3 мс^{-1}$ . Слід звернути увагу, що виділені нами в процесі розбору проб, легкі домішки, не завжди такими є, так як окремі складові знаходяться за значеннями критичних швидкостей в середині критичних швидкостей повноцінного насіння.

Аналіз значень критичних швидкостей насіння інших рослин показує, що їх наявність, з 60-ти проб, складає всього в п'ятьох пробах.

В цьому випадку мінімальне математичне сподівання насіння інших рослин склало  $V_{кр.пр.(ср)}^{min} = 5,0693 мс^{-1}$  при  $V_{кр.пр.(min)}^{min} = 5,385 мс^{-1}$ ,  $V_{кр.пр.(max)}^{min} = 6,484 мс^{-1}$ , середньоквадратичному відхиленні  $\sigma_{пр}^{min} = 0,531\%$   $v_{пр}^{min} = 9,329\%$ . Діапазон мінімальної критичної швидкості насіння інших рослин склав практично  $1,099 мс^{-1}$ . Максимальне математичне сподівання склало  $V_{кр.пр.(ср)}^{max} = 6,978 мс^{-1}$  при  $V_{кр.пр.(min)}^{max} = 6,371 мс^{-1}$ ,  $V_{кр.пр.(max)}^{max} = 8,255 мс^{-1}$ , середньоквадратичному відхиленні  $\sigma_{пр}^{min} = 0,889\%$  і коефіцієнті варіації  $v_{пр}^{max} = 12,74\%$ . Діапазон максимальної критичної швидкості насіння інших рослин склав  $1,884 мс^{-1}$ .

Дослідження показали, що критична швидкість і коефіцієнт парусності для одного і того ж виду насіння не є постійними величинами, а змінюються в певних межах, дотримуючись закону нормального розподілу.

Аналіз отриманих значень показує, що олійна домішка, яка включає в себе щуплі, подрібнені та пошкоджені насіння, по своїм діапазону критичної швидкості витання практично входить до складу повноцінного насіння соняшнику за винятком частини подрібнених, які разом з легкими домішками підуть у відходи.

Легкі домішки, частково знаходяться в середині діапазону критичних швидкостей повноцінного насіння і велика їх частина може бути відокремлена повітряним потоком. Аналіз результатів значень критичних швидкостей, складових вороху соняшнику, показує, що можливо лише часткове виділення їх зі складу вороху.

Аналіз аеродинамічних властивостей крупних домішок, показує, що найбільший діапазон критичної швидкості знаходиться саме у цієї категорії домішок. В той же час велика кількість крупних домішок за характеристикою входить до складу інших

домішок, а отже їх виділення можливе за умови обробки насіннєвого вороху на пневмосепараторах з використанням як повітряних потоків, так і решіт.

Це вимагає корегування розрахунків по обґрунтуванню витрат повітря, робочого тиску в мережах і енергоємності технічних засобів.

### **1.2.2. Результати польових досліджень з визначення статистичних характеристик фракцій олійної сировини соняшнику**

Якість вхідного матеріалу, що надійшов після збирального комбайна, визначали за результатами аналізу відібраних з нього зразків, схему складання вихідного зразка виконували відповідно діючих стандартів [2].

Взяття проб здійснювалося у відповідності з методикою, вибірка становила 60 проб з насіннєвим матеріалом [9].

Відповідно до методики визначався процентний вміст:

- насіння повноцінного –  $M_{пц}$ , %;
- олійної домішки –  $m_{од}$ , %;
- крупної сміттевої домішки –  $m_{кд}$ , %;
- проходу сита діаметром 3 мм –  $m_{пс}$ , %;
- легкої домішки –  $m_{лд}$ , %;
- сміттєві домішки –  $m_{сд}$ , %;
- чистоти насіння –  $H$ , %.

В результаті проведених польових досліджень з визначення статистичних характеристик олійної сировини соняшнику на Мелітопольському олійноекстракційному заводі (МОЕЗ) були вивчені якісні показники олійної сировини соняшнику, що надходить з різних областей України. Результати досліджень показників якості насіння наведені в таблиці 1.5 [9,10].

За результатами випробувань визначалось математичне очікування –  $m$ , максимальне  $max$  і мінімальне  $min$  значення сторонніх домішок, середньоквадратичне відхилення –  $\sigma$  та коефіцієнт варіації –  $v$ .

Так, аналіз надходження на склад повноцінного насіння в вихідному матеріалі (рис. 1.9), показує, що найвищий їх відсоток склав  $M_{np(max)}$  – 96,8% при математичному очікуванні  $M_{np(cp)}$  – 88,503%, а мінімальне значення  $M_{np(min)}$  – 68,7. При цьому, середньоквадратичне відхилення  $\sigma$  – склало 5,07%, а коефіцієнт варіації  $v$  – 5,73%.

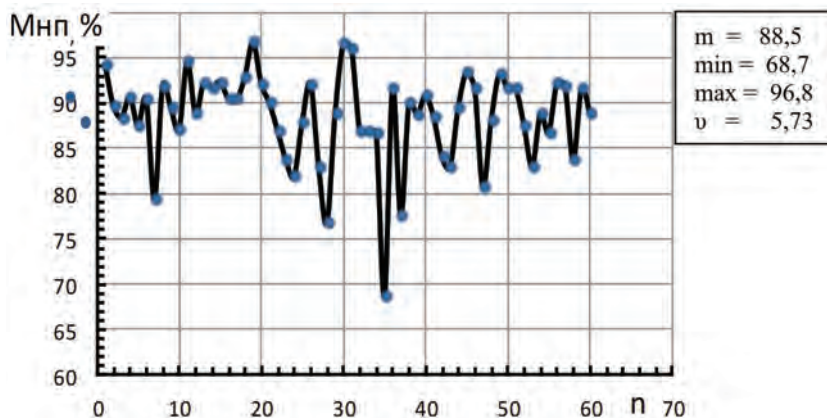


Рисунок 1.9 – Статистичні характеристики насіння повноцінного

Так, при подальшій переробки виникає необхідність її використання на протязі перших 24 годин. При закладанні на тривале зберігання, як резерв виробництва, така домішка повинна бути вилучена з вороху соняшника.

А за результатами польових випробувань олійна домішка мод у вхідному матеріалі (рис. 1.10), склала: по математичному очікуванню мод<sub>(cp)</sub> – 4,355%, максимальне значення мод<sub>(max)</sub> – 11,27%, мінімальне значення мод<sub>(min)</sub> – 0,76%, при середньоквадратичне відхиленні  $\sigma$  – 2,37% і коефіцієнті варіації  $v$  – 54,41%.

Коефіцієнт варіації має досить високе значення, що свідчить про досить широкий розкид олійної домішки в сировині. Представлені результати свідчать про те, що відповідно до агротехнічних вимог [9], олійна домішка у вхідному матеріалі не повинна перевищувати: для умов півдня України більш 3%, по всіх

регіонах країни – більше 3,5%. Як бачимо, зміст олійної домішки значно перевищує показники агротехнічних вимог.

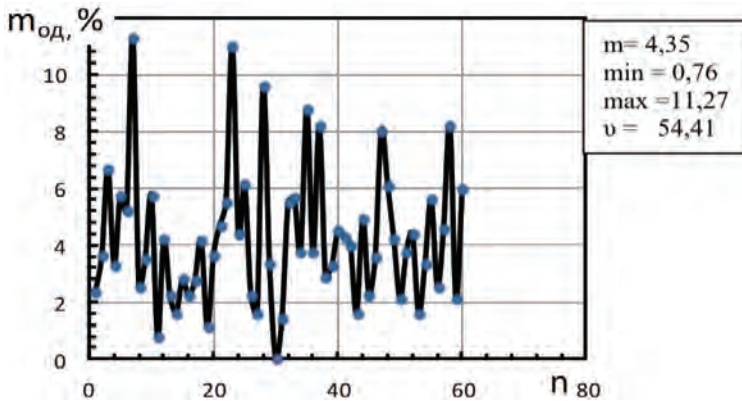


Рисунок 1.10 – Статистичні характеристики олійної домішки

Крупна сміттева домішка тكد у вхідному матеріалі (рис. 1.11), складала: з математичного очікування тكد(ср) – 2,99%, максимальне значення тكد(max) – 6,0%, мінімальне значення тكد(min) – 0,76%, при середньоквадратичне відхилення  $\sigma$  – 1,75% і коефіцієнті варіації  $v$  – 58,496%.

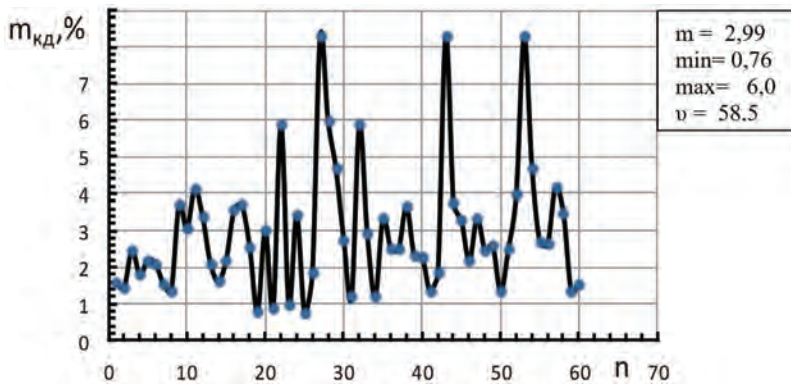


Рисунок 1.11 – Статистичні характеристики крупної сміттевої домішки

Легка домішка або лущиння (рис. 1.12) складала: з математичного очікування тлд(ср) – 0,064%, максимальне значення тлд(max) – 0,150%, мінімальне значення тлд(min) – 0,010%,

середньоквадратичне відхилення  $\sigma$  – 0,039% і коефіцієнт варіації  $\nu$  – 59,47%.

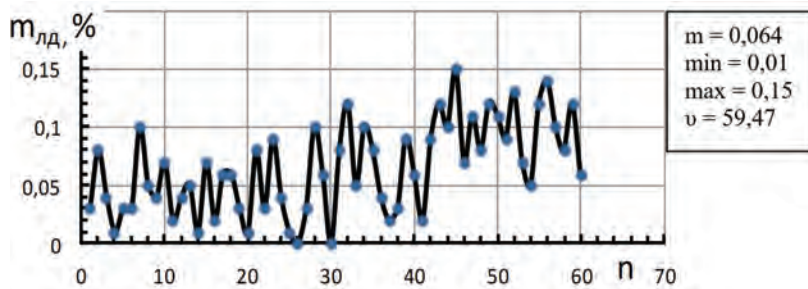


Рисунок 1.12 – Статистичні характеристики легкої домішки

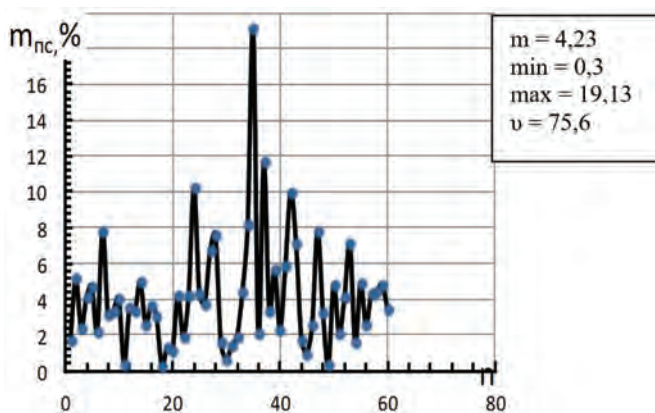


Рисунок 1.13 – Статистичні характеристики проходу через сито  $\text{Ø}3\text{мм}$

Прохід через сито  $\text{Ø}3\text{мм}$ ,  $m_{пс}$ , у вихідному матеріалі (рис. 1.13), складала: по математичному очікуванню  $m_{пс(ср)}$  – 4,23%, максимальне значення  $m_{пс(max)}$  – 19,13%, мінімальне значення  $m_{пс(min)}$  – 0,3%, середньоквадратичне відхилення  $\sigma$  – 3,198% і коефіцієнт варіації  $\nu$  – 75,597%.

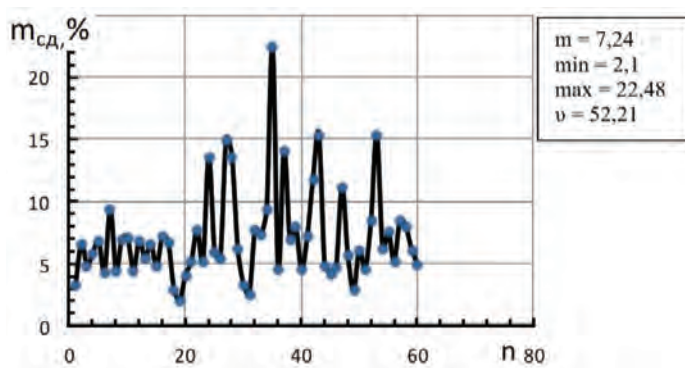


Рисунок 1.14 – Статистичні характеристики сміттевої домішки

Сміттева домішка  $m_{cd}$  (рис. 1.14), склала: по математичному очікуванню  $m_{cd(ср)}$  – 7,237%, максимальне значення  $m_{cd(max)}$  – 22,48%, мінімальне значення  $m_{cd(min)}$  – 2,1%, при середньоквадратичному відхиленні  $\sigma$  – 3,778% і коефіцієнті варіації  $v$  – 52,208%.

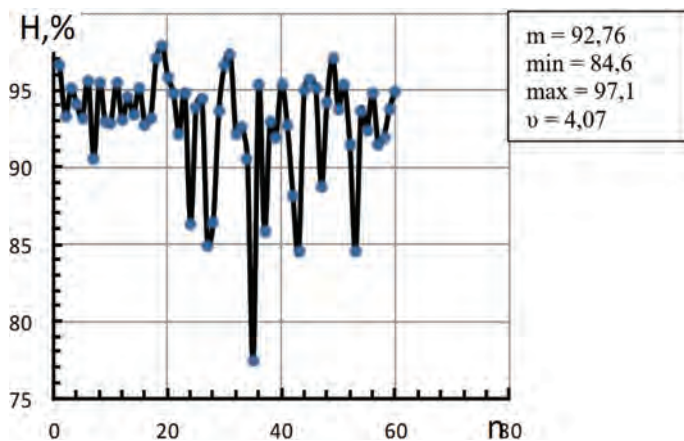


Рисунок 1.15 – Статистичні характеристики чистоти сировини

Таким чином, чистота вихідного матеріалу (рис. 1.15), склала: по математичному очікуванню  $H_{(ср)}$  – 92,762%, максимальне значені  $H_{(max)}$  – 97,1%, мінімальне значення  $H_{(min)}$  – 84,6%, при середньоквадратичному відхиленні  $\sigma$  – 3,778% і коефіцієнті варіації  $v$  – 4,073%.

Аналізуючи фракції складових олійної сировини соняшнику, можна зробити висновок, що чистота вихідного матеріалу 92,8%, max – 97,1%, min – 84,6%. А засміченість 7,2%, при цьому max – 22,5%, а min – 2,1%.

Аналіз сміттєвих домішок показав, що вміст в них крупної смітної домішки склало – 2,99%, проходу через сито Ø3мм – 4,231%, легкої домішки – 0,064%. Олійної домішки у вихідному матеріалі виявилось – 4,355%.

З аналізу загальної кількості домішок, що в купі соняшника: олійної домішки у вихідному матеріалі – 37,25%, крупної смітної домішки – 25,7%, проходу через сито Ø3мм – 36,5%, легких домішок – 0,55%. Наявність великої кількості домішок в олійної сировині вимагає установку в технологічній лінії машин попереднього очищення.

### **1.2.3. Результати лабораторних досліджень з визначення натурі олійної сировини соняшнику**

Натура визначається як показник якості насіння соняшнику. Проведені дослідження показали взаємозв'язок натурі насіння з виходом олії, його якістю та іншими технологічними властивостями.

Крім сортових особливостей, натура істотно залежить від вологості насіння, а також від засміченості. Натура знижується з підвищенням вологості, що може бути пояснено значним набуханням насіння та збільшенням з цієї причини шпариністі насінневої маси. З підвищенням сміттєвих домішок натура також зменшується.

Дослідження показали, що у соняшнику масова і об'ємна частка лушпиння щодо ядра істотна, а фізична щільність її в 5-6 разів нижче фізичної щільності ядра, і це пояснює те, що збільшення крупності насіння і маси 1000 шт. насіння призводить до зниження натурі через більшу частину лушпиння в великому насінні [9].



Останнім часом культивуються ранньостиглі, гібридні сорти насіння соняшнику з високою олійністю. У нових сортів соняшнику значно змінився склад ядра насіння – змінилося співвідношення жирової і не жирової частин ядра, що знижує стійкість насіння при зберіганні. Насіння соняшнику, хоча і стали дрібніше, однак більш олійні і менш лушпині. Все це вплинуло на зміну натури олійної сировини соняшнику.

## РОЗДІЛ 2.

### ТЕХНОЛОГІЇ ТА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ОЛІЙНОЇ СИРОВИНИ СОНЯШНИКУ (TECHNOLOGIES AND TECHNICAL MEANS OF THE POST-HARVEST PROCESSING OF SUNFLOWER OIL RAW MATERIAL)

#### 2.1. Екологічні та природоохоронні аспекти діяльності зерноочисних комплексів та ділянок олійної сировини соняшнику

Охорона навколишнього природного середовища, збереження біорізноманіття та створення нових природоохоронних територій, раціональне використання природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки життєдіяльності людини, застосування енерго- та ресурсозаощаджувальних технологій, розв'язання проблеми поводження з побутовими та промисловими відходами – неодмінна умова сталого економічного та соціального розвитку України [14]. Комплекс природоохоронних заходів повинен забезпечувати максимальний загальноекономічний ефект, складовими якого є екологічний і соціально-економічний результат. Природоохоронні аспекти діяльності зерноочисних комплексів та ділянок олійної сировини соняшнику, дещо відрізняються від інших галузей виробництва.

Розглянемо основні проблеми діяльності підприємств післязбиральної обробки (ППО) сільськогосподарських культур [15-18]:

1. При обробітку вихідного матеріалу, його очищенні, сушінні, активному вентиляванні в повітря надходить величезна кількість пилу, яка погіршує екологічний та санітарний стан на території зернокомплексів та ділянок олійної сировини соняшнику.

2. Треба враховувати також використання повністю застарілого обладнання. За останніми даними процент зношення технологічного обладнання на таких підприємствах складає 75...80%.

В пікові навантаження, коли до підприємств надходить кількість матеріалу більше ніж потужність їх технологічних ліній, виконати первинні заходи по підготовці матеріалу до довгострокового зберігання не завжди вдається. Замість поточної технології використовують перевалочну, що погіршує екологічний стан на зерно комплексі [18,19].

3. Існує висока ймовірність виникнення пожежі. Ступінь засміченості сировини соняшнику за нашими даними [10], складає до 23%. Вологість соняшнику, що надходить до ППО досягає 11%, а закласти потрібно на зберігання соняшник при вологості не більш 7% [8]. Сушарки, що сьогодні використовуються, це в основному барабанні – пожежно-небезпечні та низької продуктивності.

Сушарки шахтні – пожежно-небезпечні, але високої продуктивності. Барабанні сушарки не потребують попереднього очищення, а шахтні потребують обов'язкового попереднього очищення олійної сировини соняшнику. Всі пилові частки несуть із собою олійну складову. Насіння соняшнику рухаючись по робочім поверхням сушарки залишають олійний слід. Великі домішки залишаються у верхній частині сушарки у зв'язку неможливості рухатись по намелам сушарки.

Таким чином, вже через годину роботи сушарка перетворюється в вибухонебезпечне, в пожежному стані, пристосування.

4. Вологий ворох має схильність до самозігрівання. Навіть при нетривалому зберіганні неочищеної купи соняшнику насіння зволожується. Травмовані насіння також погано зберігаються – вони інтенсивно дихають, виділяють багато тепла, пліснявіють, тобто з'являються грибки.

При подальшому переробітку повітря насичується надзвичайно шкідливими органічними залишками, зокрема, суперечками різних грибів. Люди задихаються, у них розвивається астма, хронічний бронхіт, тобто з'являються захворювання дихальних шляхів [20]. Найбільш раціональним слід вважати ярусно-каскадне розташування обладнання, що забезпечує

самопливне переміщення обробляемого матеріалу та скорочує протяжність технологічних ліній.

Це виключає використання проміжних норій, шнеків, транспортувальних пристроїв, які призводять до значного травмування насіння і руйнування їх плодової оболонки, та зменшує металоенергомісткість післязбиральної обробки соняшнику.

Для зниження травмування насіння та поліпшення екологічного стану робочих місць зернокомплексів треба застосовувати насіннеочисні та зерноочисні машини із замкненою повітряною системою, в робочих органах яких мінімально використовуються відцентровані сили, коливання та вібрації.

5. Вихідний матеріал, підготовлений до довгострокового зберігання, складські приміщення знезараженні різними хімічними речовинами. Обладнання територій ППО засміченні легкими домішками, які викидаються у повітря мобільними зерноочисними машинами, завантажниками та розімкнутими пневмосистемами, також призводять до захворювання дихальних шляхів.

Все це створює небезпеку для здоров'я людей і навколишнього середовища, порушує права громадян на екологічно безпечне довкілля, порушує норми екологічної безпеки.

Виникає задача – створення в сільськогосподарських підприємствах сучасних потужностей з очищення, сушіння та зберігання зерна та олійної сировини соняшнику, в результаті реалізації яких мають істотно підвищитися ефективність і якість післязбирального обробітку при одночасному зниженні небезпеки для здоров'я людей і навколишнього середовища [21, 22].

Для вирішення однієї із складових цієї задачі пропонується впроваджувати у технологічні комплекси ППО олійної сировини соняшнику технічні засоби, які забезпечують умови мінімального травмування вихідного матеріалу та викиду сміттєвих домішок в навколишнє середовище, шляхом використання повітрясепаруючих робочих органів із замкненою повітряною системою.

## **2.2. Агротехнічні вимоги до якості олійної сировини та машин попереднього очищення олійної сировини соняшнику**

Насіння соняшнику, що надходять від комбайнів, по вологості і засміченості практично ніколи не відповідають базовим нормам, тому мають підвищену біологічну активність і швидко псуються. Першим етапом доведення олієнасіння до відповідних кондицій є їх очищення.

Очищення соняшнику проводять для звільнення насіння від сміттєвих і олійних домішок. До сміттєвих відносять залишки стебел, листя, кошиків, порожні насіння, інших рослин. Олійна домішка – це подрібнені і биті сім'янки, насіння, зіпсовані самозігріванням, загнили. Наявність бур'янів і олійної домішок в купі підвищує вологість і температуру маси, кислотне число олії, робить непридатним його для харчових цілей.

Залежно від цільового призначення врожаю, його піддають тільки первинному (промислова сировина) і вторинному очищенню та пневмосортуванню (насіннєвий матеріал).

За агротехнічними вимогами машини попереднього очищення олійної сировини соняшнику повинні очищати ворох з вихідною вологістю до 12%, і вмістом смітної домішки до 20%, в тому числі фракції органічних домішок до 5%. У процесі очищення має виділятися не менше 50% сміттєвих домішок. При цьому допускається в очищеному матеріалі зміст органічних домішок довжиною частинок до 50 мм не більше 0,2%, а більш довгих стеблової домішок практично не повинно бути. Зміст повноцінного насіння у відходах легких, великих і дрібних домішок не повинен перевищувати для повітряних 0,5% і повітряно-решітних машин 0,2% від маси основної культури у вихідному матеріалі [23-25].

### *1. Агротехнічні вимоги до промислової сировини*

Очищають купу тільки в потоці з його надходженням від збиральних агрегатів на технологічні лінії післязбиральної обробки. Втрати насіння основної культури з відходами не повинні перевищувати 0,5%, рахуючи від змісту в вихідному матеріалі.

Очищене насіння повинні відповідати базисних кондицій:

сміттєва домішка – 1%, олійна домішка – 3%; вологість – 12% для південної зони, 13 – для центральної і 14% – для східної [26, 27].

Очищені насіння необхідно відразу відправляти на заготівельні пункти або до сушарок.

Для сухого та середньої сухості насіння (7-8% вологості), призначеного на продовольчі цілі, обмежень по висоті насипу в сховищах немає, тоді як для насінного матеріалу висота не повинна перевищувати 2 м у холодну пору року та 1,5 м – у теплу [28, 29].

## *2. Агротехнічні вимоги до насіннєвого матеріалу*

При попередньому очищенні втрати насіння у відходах повинні бути не більше 0,05%, дроблення – 0,1%, а повнота виділення сміттєвої домішки – не нижче 50%. При первинному очищенні втрати повноцінного насіння повинні бути не більше 1,5% в відходах і 0,05% в домішках, дроблення – не більше 1%, повнота виділення крупних домішок – не нижче 60%. При вторинному очищенні втрати насіння основної культури у відходах повинні бути не більше 7%, дроблення – не більше 0,8%. Вторинна очистка повинна забезпечити підготовку насіння II і I класів посівного стандарту, при яких чистота насіння становить відповідно 98 і 99%, а схожість – 90 і 95% [29].

При післязбиральній обробки найважливіші показники, які обумовлюють якісні та кількісні характеристики роботи технічних засобів – вологість, засміченість і натура насіння. Значною мірою вони визначають технологію обробки, а також тип і продуктивність зерноочисного обладнання.

### **2.3. Технології післязбирального обробітку зерна та олійної сировини соняшнику**

Технологія післязбиральній обробки та підготовки насіння соняшнику в умовах господарств реалізується з використанням зерноочисних агрегатів, зерно-сушильно-очисних комплексів, механізованих ліній і окремих машин. При традиційній технології процес післязбиральній обробки насіння включає попереднє очищення, сушіння вологого соняшнику, первинне очищення

сухого (або підсушеного) насіння, а в ряді технологічних ліній та зерноочисних агрегатів – ще й міжопераційне зберігання. При післязбиральній обробці насіння виконують додаткові операції, такі як: сортування, калібрування, триєрування і розділення насіння за питомою вагою [30-57].

Попереднє очищення свіжозібраного вороху – це допоміжна операція по очищенню олійної сировини, її проводять для забезпечення сприятливих умов при виконанні технологічних операцій післязбиральної обробки.

Сучасна технологія післязбирального обробітку повинна забезпечити:

- застосування найбільш інтенсивних способів післязбирального обробітку насіння соняшнику на всіх технологічних етапах, особливо під час очищення, сушіння та охолодження;

- можливість доведення насіння до певних кондицій за вологістю та засміченістю;

- повне завершення післязбирального дозрівання;

- запобігання погіршенню якісних показників олії та інших компонентів, які утворюються при переробці насіння;

- неможливість загорання насіння, травмування та обрушування на всіх етапах післязбирального обробітку;

- забезпеченість рівномірної температури і вологості всієї маси насіння при відправленні його на зберігання;

- раціональне використання відходів, одержаних під час очищення насіння [43-51].

Зібране насіння соняшнику відрізняється високим рівнем засміченості, що є наслідком недостатньої міцності кошиків та самого насіння. В залежності від перелічених факторів засміченість насіння соняшнику в умовах Півдня України по нашим даним складає 23% [10].

Приймання та післязбиральний обробіток насіння соняшнику має свої специфічні особливості. Значна нерівномірність надходження насіння на підприємства по добі і годинах, одночасне

приймання великої кількості насіння з різними, в тому числі високою вологістю і засміченістю, надають суттєвий вплив на побудову технологічного процесу післязбиральної обробки.

Основною вимогою сучасної технології післязбирального обробітку є максимально швидке доведення насіння будь-якої вологості та засміченості до стану, що забезпечує нормальне протікання процесу післязбирального дозрівання, подальше безпечне зберігання, а також відповідає вимогам переробних підприємств.

Принципова схема прийому щойно зібраного соняшникового насіння (рис. 2.1) складається з наступних етапів [49].

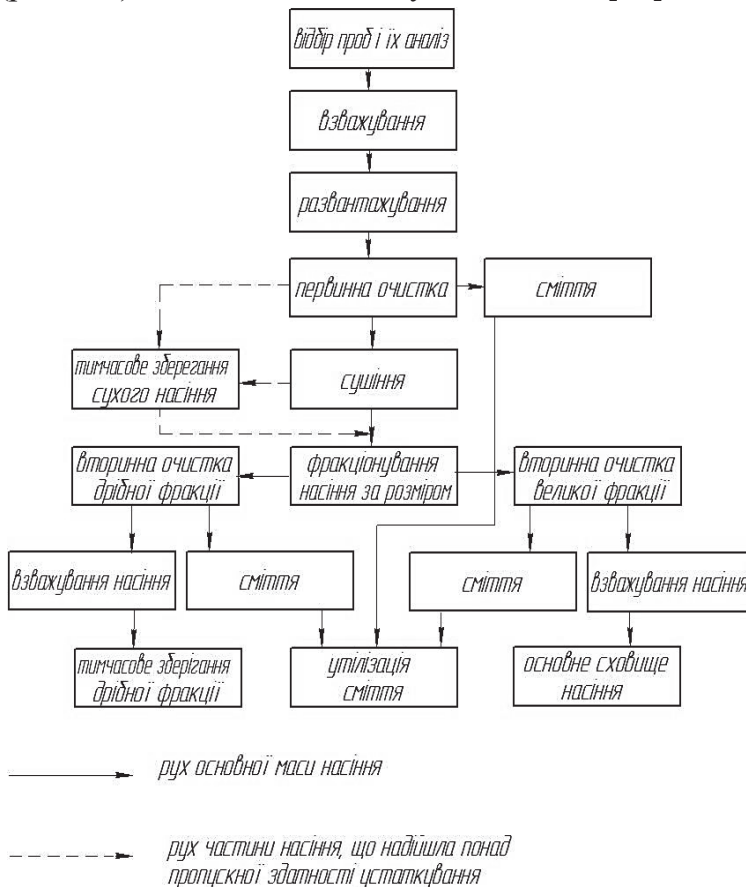


Рисунок 2.1 – Схема прийому та технологія підготовки до зберігання насіння соняшнику на сировинних ділянках заводів [49].

Після зважування та розвантаження насіння направляються на



доробіток відповідно до їх якісних показників. Зважені насіння проходять первинне грубе очищення.

Насіння сухе, але сміттєве або середньої чистоти допускається тимчасово складувати до очищення в проміжних ємностях, обладнаних вентиляванням, за умови ретельного спостереження і постійного контролю за якістю і температурою. Вологе і сире насіння повинно негайно піддаватися до сушінню без проміжного зберігання.

Висушене насіння передаються на фракціонування, де воно поділяється на дрібну фракцію з переважним вмістом щуплого, незрілого і недорозвиненого насіння і велику фракцію повністю дозрілих. Потім обидві фракції, дрібна й велика, направляються на другу очистку.

Насіння дрібної фракції складуються окремо і переробляються в першу чергу [29].

Насіння великої фракції, очищені і висушені до небезпечної вологості, після зважування подають на післязбиральне дозрівання, для чого може бути використано кілька силосних осередків елеватора, обладнаних активним вентиляванням.

Насіння, які пройшли таке післязбиральне дозрівання, направляються на основне зберігання, на тривале зберігання або на переробку. Фракціонування насіння перед зберіганням здійснюється тільки для насіння сої та соняшнику.

Від заготівельних організацій насіння надходять, як правило підготовлене до зберігання тобто, висушене до оптимальної для зберігання вологості і очищене від сміття (рис. 2.2) [49].

Однак, аналіз фактичного стану насіння, одержаних олійно-екстракційними підприємствами від заготівельних організацій показує значну нерівномірність якості соняшнику залежно від місяця надходження, технології та засобів механізації елеваторів та сировинних ділянок.

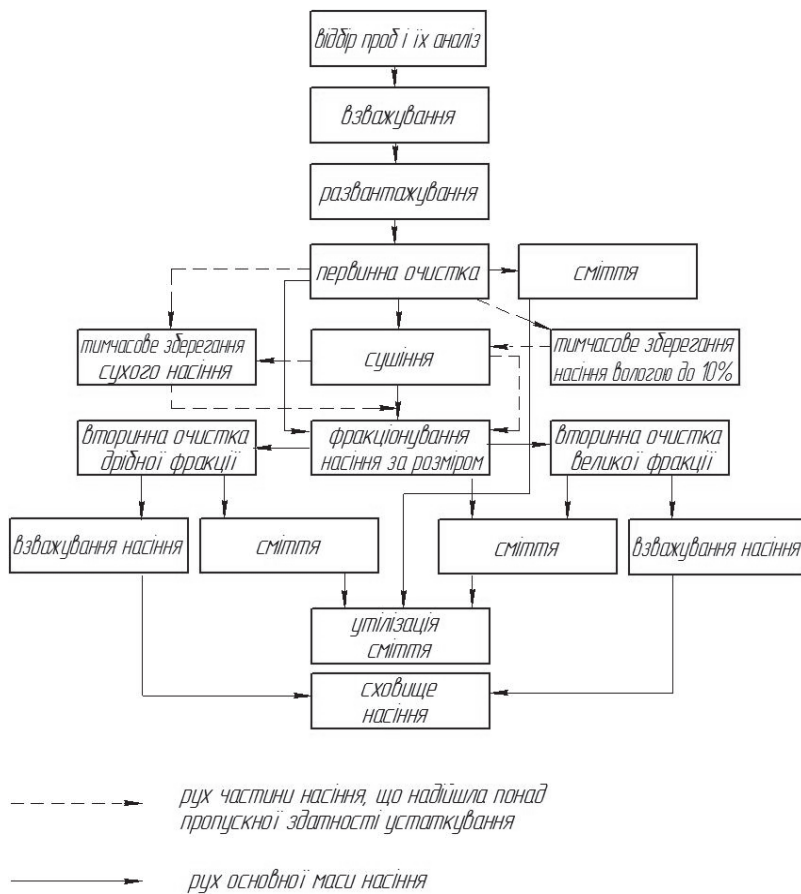


Рисунок 2.2 – Схема прийому та технологія підготовки до зберігання насіння соняшнику на елеваторах та сировинних ділянок переробних підприємствах

В Україні для післязбиральної обробки насіння соняшнику найбільш частіше використовуються наступні технологічні лінії [30, 33].

Зерночисно-сушильний комплекс ЗСК-15 (ВАТ «Амкодор-Можа»).

Комплекс (рис. 2.3) призначений для післязбиральної обробки (очищення та сушіння) зернових, зернобобових і круп'яних культур, кукурудзи, ріпаку з вихідною вологістю до 40% і передбачає комплексну механізацію сушки, очистки та вантажно-розвантажувальних робіт [40].

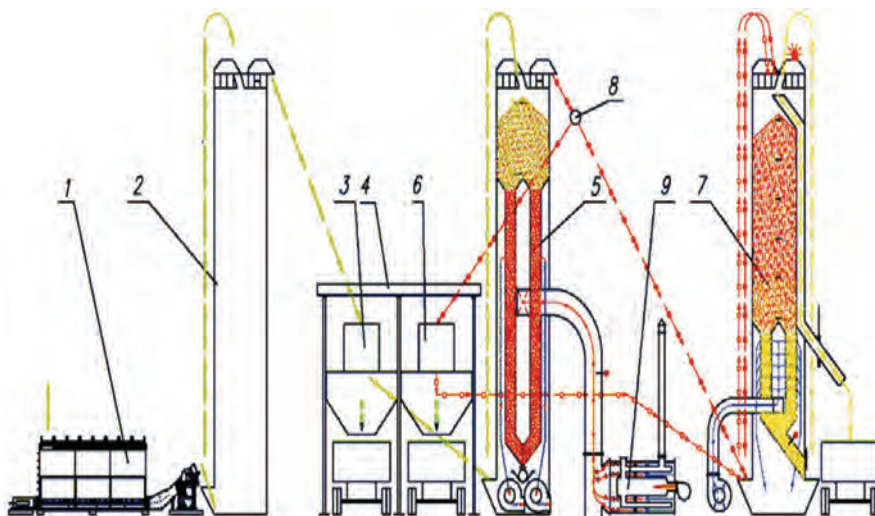


Рисунок 2.3 – Схема технологічна роботи комплексу ЗСК-15

Комплекс працює за такою технологічною схемою: зерновий матеріал з самоскида або ковшовим навантажувачем подається в приймальний пристрій 1, який скребковим транспортером передає його в завантажувальну норію 2. Далі зерновий матеріал подається на машину попереднього очищення МПО-50 – 3. Після попереднього очищення зернової матеріал подається в сушарку ЗСК-15 – 5, а відходи з машини попереднього очищення направляються в накопичувальний бункер 4, звідки у міру накопичення вивантажуються в транспортний засіб. З сушарки зерновий матеріал подається на машину первинного очищення МЗС-25 – 6. Після первинного очищення зернової матеріал подається в бункер накопичення сухого зерна 7, а відходи з машини первинного очищення направляються в накопичувальний бункер 4. У бункері 7 зерно охолоджується зовнішнім повітрям. Сухе охолоджене зерно через самоплив вивантажується в транспорт або в механізований склад. У разі сушіння фуражного зерна зерновий матеріал можна подавати з сушарки відразу в бункер сухого зерна.

Комплекси зерноочисні КЗ-25, КЗ-50, КЗсК-25, КЗМ-25 використовуються для післязбиральної очистки зерна харчового, насінневого та фуражного призначення.

Застосування зерноочисних комплексів дозволить уникнути

значних втрат при збереженні та очистці зерна, швидко та ефективно довести його до базисних кондицій і значно зменшити витрати ручної праці [38].

Дана лінія застосовується для якісної очистки насіння соняшнику від великих і малих сторонніх домішок, пилу, порожніх насіння, інших забруднень за розміром порівнянних з розміром насіння [38].

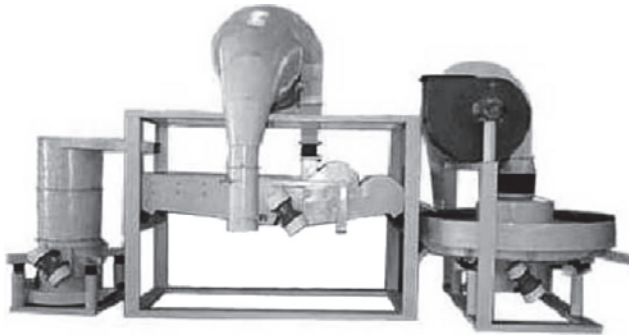


Рисунок 2.4 – Лінія очищення насіння соняшнику QLH-1500 (Китай)

Лінія включає: приймальний бункер; елеватор; прямолінійний очищувач; круговий віброочищувач; панель управління.

Продуктивність по насінню соняшнику – 1500 кг / год;

якість очищення – мінімум 99,5%;

втрати – максимум 0,5%;

енергоспоживання – 5,88квт / год (380в);

робочий персонал – 2 людини.

На етапі розвитку сільськогосподарського виробництва різке збільшення техніко-економічних показників неможливо лише за рахунок інтенсифікації класичних технологічних схем і конструкцій відомих робочих органів зерноочисних машин.

Аналіз технології післязбирального обробітку олійної сировини соняшнику, показує, що незалежно від обраної технології, на перший план, без чого неможливо ставити наступні задачі, встає попередній обробіток вороху.

Насамперед це висуває за необхідне впроваджувати у всі технологічні лінії ПЗО соняшнику операцію попередньої очистки

зерна з використанням високоефективних технічних засобів.

На етапі розвитку сільськогосподарського виробництва різке збільшення техніко-економічних показників неможливо лише за рахунок інтенсифікації класичних технологічних схем і конструкцій відомих робочих органів зерноочисних машин.

Дослідження показують, що при вдосконаленні технічних засобів для післязбиральної обробки насіння має бути змінений підхід. В основу досконалості засобів механізації має бути покладений принцип мінімального впливу на насіння, тобто кількість операцій має бути доведено до мінімально необхідного, а технологічні лінії максимально скорочені і насамперед – за рахунок зменшення транспортувальних органів. Це може бути досягнуто за рахунок переходу від горизонтальної до каскадної, вертикальної або комбінованої компоновки машин в лінію. При цьому поряд з травмуванням насіння, зменшується матеріаломісткість і енергоємність технологічних ліній.

Проведеним аналізом стану технологій післязбиральної обробки зерна встановлено, що потужності існуючих в Україні поточних технологічних ліній забезпечують обробку 50-60% насіння, що надходить за добу. При перевалочної технології обробки матеріалу експлуатаційні витрати збільшуються в 2-5 разів порівняно з використанням поточних технологічних ліній. Визначено, що з однією з основних причин такого стану є недостатня ефективність існуючого підбору складу машин та їх продуктивності [38].

#### **2.4. Машини попереднього очищення зерна та олійної сировини соняшнику**

Попереднє очищення найбільш ефективне тільки в тому випадку, якщо проводиться відразу ж при надходженні зерна або насіння на тік. Затримка з очищенням навіть на ніч зв'язана з небезпекою зниження якості і самозігрівання. Крім того, при затримці з очищенням відбувається швидкий перерозподіл вологи між зерном і більш вологими домішками, у результаті чого зерно

трохи воложитися, тобто погіршується його якість [57].

Об'єктом сепарування машин попереднього очищення зерна є свіжозібране зерно, що надходить від зернозбиральних комбайнів. Не зважаючи на велику множину ознак розподілення зернових сумішей, обумовлених різноманітністю розмірів зерна, їх форм, в машинах попереднього очищення зерна основними будуть аеродинамічні властивості і розмірні характеристики. По останньому признаку, розподілення зернових сумішей відбувається на плоских решетах, циліндричних з горизонтальною віссю обертання зі внутрішньою або зовнішньою робочою поверхнею, циліндричних з вертикальною віссю обертання або на решетах-скальператорах і барабанах-скальператорах з нескінченною робочою стрічкою [36, 37]. В сучасних зерноочисних комплексах та у ворохоочисниках, що випускаються вітчизняною промисловістю, широко поширені плоскі, циліндричні решета, вертикальні повітряні канали і розімкнуті пневмосепаруючі системи аспіраційного типу.

По конструктивному оформленню решета можна розділити на плоскі, циліндричні, конічні, транспортерного типу, з активними елементами, із гнучкими елементами, просторові [57, 58].

Решета по способі виготовлення бувають пробивні, ткані, плетені, рубчасті, струнні та ін. У повітряно-решітних машинах пневмосепаруючі системи використовують нагнітального, усмоктувального, нагнітально-усмоктувального і замкнутого типу з вертикальними, похилими або кільцевими пневматичними каналами. Постачені осадовими камерами, інерційними пилевіддільниками, циклонами. Сепарація в повітряному потоці відбувається під дією двох груп зовнішніх сил: аеродинамічних і масових – сил ваги і сил інерції в основному поступального руху [40].

У пневмосепараторах поряд із застосуванням аеродинамічних і масових сил використовують відцентрові і кориолісові сили, а також сили, обумовлені обертанням повітряного потоку, вихрові джерела і стоки. Розрізняють 4 групи таких сепараторів:

пневмогравитаційні, пневмоінерційні, відцентрово-пневматичні і пневмоцентробіжні [38].

Пристрої для сепарації в псевдозрідженому шарі здійснюють робочий процес у спокійному або киплячому режимах. Бувають нагнітальної, нагнітально-усмоктувальної дії, з нерухою або вібруючою опорною повітродозподільною перегородкою, з ділильними пристроями (ножами, екранами, порогами і т.п.) і без них. (А.с. СРСР №№442835, 806161, 829212, патенти України 61469, 72063 та інші).

Крім агротехнічних вимог, машини попереднього очищення (МПО) зерна повинні забезпечувати й наступні загальні вимоги [39]:

- робочі органи і механізми машини не повинні ушкоджувати зерно;

- при заданих продуктивності, засміченості та припустимій кількості відходів, за один пропуск машина повинна забезпечувати очищення насіння, що відповідає вимогам до посівного або продовольчого зерна;

- машина повинна бути універсальною, пристосованою для очищення і сортування насіння різних культур;

- машина повинна бути зручною в експлуатації, легко регулюватися, бути безпечною в роботі і забезпечувати норми санітарії.

В нашій країні машини попередньої очистки випускаються в двох виконаннях: стаціонарні для поточних ліній і самопересувні для обробки зернового вороху на відкритих ділянках зернокомплексів та в складських приміщеннях.

Зерноочисні машини виробництва ВАТ «Вібросепаратор» (Україна, м. Житомир) (рис. 2.5), сепаратори вібровідцентрові зернові типу БЦСМ «Сузір'я» призначені для очищення зерна колосових, зернобобових, круп'яних, олійних культур, кукурудзи, сорго й інших насін'я від великих, дрібних і легких домішок. Машину встановлюють у потокових зерноочисних лініях, зерноочисних агрегатах і зерноочисно-сушильних комплексах [60].

Сепаратори вібровідцентрові використовують для очистки зерна і насіння зернових, круп'яних та бобових культур від бур'янових та зернових домішок у складі зерноочисних агрегатів типу ЗАВ-10, ЗАВ-20, ЗАВ-40, КЗ-25, КЗ-50, комплексів КЗС-20, КЗС-40, КЗСК-25, КЗМ-25. Сепаратори виготовляються з одним, двома або чотирма уніфікованими блоками. Сепаратори виготовляються у трьох модифікаціях: базова модель (без додаткової комплектації); елеваторний варіант і комплект обладнання для будівництва та реконструкцій зерноочисних комплексів.



Рисунок 2.5 – Зерноочисні вібровідцентрові сепаратори БЦС ВАТ «Вібросепаратор» [60].

У порівнянні з плоскими решітними ЗОМ вони більш продуктивні, але травмують насіннєвий фонд.

Машини типу БЦСМ не використовують при обробці вихідного матеріалу з вологістю більш 18%, тому їх слід віднести до машин первинного очищення, а не до МПО[60].

У Челябінському аграрному університеті розроблено декілька пневмоінерційних сепараторів ПВО-15-20, ПВО-30Р, ПВО-30-40 [58].

Сепаратор типу ПВО-15-20 складається з наступних основних вузлів: рами, завантажувального пристрою, бункера, живильника



з двох стрічкових транспортерів, вентилятора, ділильної камери з вихідним клапаном, транспортерів для очищеного зерна і відході.

Особливістю технологічного процесу роботи пневмоінерційних безрешітних сепараторів є тонкошарова подача в ділильну камеру зернової купи з раціональною орієнтацією компонентів, розшаруванням потоку; використання підвищених швидкостей уведення шару в ділильну камеру. Швидкість повітряного потоку в ньому перевищує в 1,5-2 рази і більш швидкість витання зерен основної культури. Але відсутність решіт у таких сепараторах не дозволяє відокремлювати крупні важкі домішки і вони більш енергоємні у порівнянні з іншими сепараторами.

Зерноочисник ОЗМ-20 мобільний («Клевер» (Klever), «Ростсільмаш», РФ [40] (рис. 2.6) призначений для попереднього двоступеневого очищення зерна (пшениця, овес, ячмінь, кукурудза, насіння соняшнику) від грубих і великих сторонніх і соломистого домішок з метою доведення вмісту домішок в заготовляв зерні до базисних кондицій і запобігання від засмічення наступних прийнятно-розподільчих пристроїв.



Рисунок 2.6 – Зерноочисник ОЗМ-20 [40].

Зерноочисник відноситься до мобільних технічних засобів і не використовується в поточній технології післязбиральної обробки зерна.

Машина попереднього очищення МВР-7 (МПУ-70) (РФ, ВАТ«ГСКБ «Зерноочистка») виконує попереднє очищення вороху сільськогосподарських рослин зернових, зернобобових, технічних та олійних культур від легких, дрібних і великих домішок, відокремлює сітчастим барабаном-скальператором, повітряним потоком і на решетах в технологічних лініях підготовки продовольчого та непродовольчого зерна. Недоліком є розімкнута повітряна система [55].



Рисунок 2.7 – Сепаратор ситовий зерноочисний попереднього очищення Ruberg, тип RVS 100 [55]

Ситовий зерноочисний сепаратор попереднього очищення Ruberg, тип RVS 100 (Німеччина) (рис. 2.7) [40] призначений для попереднього і основного очищення зернових, бобових і олійних культур.

Для очищення використовуються кругові рухи сит. Зерноочисник змонтований на сталевій рамі, а корпус самого очищувача підвішений на канатах зі скловолкна. Основне обладнання являє собою набір сит. Є 2 сита попереднього очищення ( $3,00 \text{ м}^2$ ), 5 сит для основної очищення ( $7,5 \text{ м}^2$ ) і 5 сит для очищення від піску ( $7,5 \text{ м}^2$ ). Ці сита для піску в основному використовуються на комбикормових заводах, а також для безперебійної очищення пшениці та ріпаку. Для очищення сит, використовуються гумові кульки, поміщені під кожним ситом. Зерноочисник працює з рециркуляцією повітря. 90% повітря

використовується повторно і лише 10% направляється на очистку.

Комплексний барабанний сепаратор КБС „КМЗ” (Україна, м. Карлівка) (рис. 2.8) призначений для очищення всіх видів зернових, зернобобових, соняшника, кукурудзи, круп’яних культур різної вологості та засміченості. КБС може виконувати функції скальператора (попереднє очищення) та сепаратора (первинне і вторинне очищення) [38].



Рисунок 2.8 – Комплексний барабанний сепаратор КБС «КМЗ» [38].

Ситові сепаратори BS фірма «Арай» (Araj), (Польща) призначені для попереднього і інтенсивного очищення різного роду культур: ріпаку, пшениці, ячменю, жита, вівса та зерна злакових культур, а також насіння кукурудзи, соняшнику, гороху та бобових культур. Компанія Араї випускає також барабанні сепаратори продуктивністю від 20 до 240 т/год. Очисний барабан у них поділений на окремі секції, кожна з яких надає можливість встановлення довільного сита. Завдяки такій заміні сит можна пристосувати сепаратор до будь-якого типу зерна, а також досягати очікуваних параметрів очищеного матеріалу [38].

Очисні машини під маркою «Кімбрія» (Cimbria) (Данія) забезпечують очищення усіх видів зернових культур, насіння садових рослин, трав, квітів, кукурудзи, бобових і т. д. Крім соломистих домішок, на поверхні зерен завжди є у якійсь кількості пил і бруд, від яких теж необхідно по можливості позбутися. Продуктивність цієї техніки становить від 1 т/год (тонке очищення) до 360 т/год при попередньому очищенні.

Сепаратор Cimbria застосовується для сортування за питомою

вагою будь-якого виду продукції (у тому числі гранул), зерна якого мають приблизно однаковий розмір. Гравітаційний сепаратор використовується при обмеженості аспіраційної системи, а також після просіювання. Однак такий гравітатор не замінює попередні стадії сортування, але є додатковим устаткуванням для більш точного сортування. Гравітаційні сепаратори Сіmbria відомі у світі завдяки своїй особливій системі всмоктування й розподілу повітря [38].

Основними причинами, що викликають травмування насіння, є дії машин: збиральна техніка, машини з післязбиральної підготовки насіння, сушіння, механізми з транспортування. Значна частка травмованого насіння з'являється вже на етапі збирання.

Ефективність аспірації залежить від організації процесу взаємодії падаючого зерна з численним повітряним потоком. При аспірації визначальну роль має щільність зернового потоку, форма насіння і насипна щільність (натура). Для кожної культури існує граничне значення щільності зернового потоку, при якому аспірація припиняється як процес. Накопичений досвід в розробці зерноочищуючих машин переконливо показав необхідність глибокої і різноманітної регульованості режимів роботи таких машин, і аспіратори не є винятком. Виходячи з цього, розроблено і випробувано аспіратор Фадеева «Дует», який має такі конкурентні позитивні явища.

1. Оптимізована траєкторія потоку зерна з урахуванням впливу на неї зносить потоку повітря.

2. Повітря рухається по замкнутому контуру, що виключає установку циклонів, і істотно знижує споживання електроенергії, з тієї причини, що примусова подача повітря на вхід вентилятора знижує навантаження на електропривод робочого колеса, що дозволяє виходити на підвищені обороти за рахунок збільшення частоти струму без його перевантаження.

3. Плавне регулювання пропускної здатності (продуктивності) і швидкості повітряного потоку дозволяє оптимізувати відоме для різних с/г культур протиріччя параметрів: якість очищення

і продуктивність.

На рис. 2.9 показана схема роботи аспіратора. Дослідження показали, що в силу складної взаємодії потоку повітря з потоком зерна в віднесенні потрапляє крім рослинного легкого сміття і зернової домішки. Швидкість витання окремих зернин нижче швидкості витання повноцінних зерен. Двоетапність аспірації не вирішує відбору зернової домішки від сміття через однаковості швидкостей витання сміття і щуплого зерна.



Рисунок 2.9 – Аспіратор Фадеева «Дует»

Струменевий сепаратор Фадеева (ССФ-1) – варіант роботи з засміченим різнокаліберним зерном, що вимагає попереднього очищення.

При цьому замкнута система циркуляції повітря розкривається (рис. 2.10) за рахунок зняття передньої стінки ресивера і установки каналу виходу повітря з вентилятора. Повітря при цьому засмоктується в робочу камеру з навколишнього середовища, розподіляє зерно по приймальних бункерів і виходить з вентилятора в навколишнє середовище.

Завдяки впорядкованій структурі потоку в робочій камері і можливості глибокого регулювання, вдалося отримати високу якість розподілу зерна по щільності і високоефективну його

очищення.

Природно, що великі зерна більш схильні до дроблення. Так, при обмолоті роздрібнюваних зерен розміром 4 мм в 3 рази більше ніж роздрібнюваних зерен розміром 3 мм.

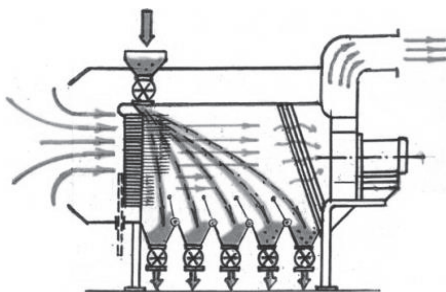


Рисунок 2.10 – Струменевий сепаратор Фадєєва (ССФ-1).

При післязбиральній підготовці травмування насіння викликано багатьма причинами. При очищенні, сортуванні, сушінні, а також транспортуванні зерно піддається механічних пошкоджень в ряді випадків більше ніж при обмолоті його комбайнами. Картина ускладнюється ще й тим, що з метою підвищення глибини очищення зерно пропускають через очисні машини багаторазово. До того ж зерно за період зберігання кілька разів перекачують з силосу в силос.

Так середній шлях проходження насіння по транспортувальним механізмам становить близько 1500м, з них по транспортерних стрічок зі швидкістю 4,5 м/с – 60м, в ковшах норій зі швидкістю 3 м/с – 60м; в бункерах і соматичних трубах – 20м пройшовши такий шлях, зерно потрапляє в силос з висоти 30 м.

Сильно травмують зерно зерноавантажувачі. Так у зерна кинутого на 4 м пошкодження складає 11%, а на 8м – 17%, або в два рази в порівнянні з вихідним зразком.

Зерно травмується при обробітку на механізованому очищенні. Так при обробітку пшениці на зернотоку встановлено, що зерно пшениці травмується в такій же мірі як при збиранні комбайном. Якщо вихідне зерно перед очищенням становило 15%

травмованого, то після зернотоку – 30%. Це з урахуванням того, що подрібнені відійшли при калібрування.

Особливо травмують норії (удар ковша при завантаженні, удар зерна на виході об стінку головки), шнеки зерночисних машин (зерно мнеться в зазорі між гвинтовою поверхнею шнека і кожуха), при самостійному русі (за рахунок тертя об стінку каналу), при падінні в бункер.

Нові машини, крім усього іншого, травмують насіння через наявність гострих кромки, задирок, а старі через збільшених зазорів між шнеками і кожухами, через деформацію каналів. Дослідження Українського науково-дослідного інституту зернового господарства показали, що значно травмується насіннєве зерно при пропуску його через трієр. Так тільки за рахунок одного пропуску через трієр при оборотах барабана 42-45 в хвилину, схожість зменшилася на 2-3%, а сила початкового росту на 6-12%. Зерно сильно травмується в пневмопроводів. Це зрозуміло, так як швидкість потоку повітря при транспортуванні пшениці вище 20м/с. І будь-який поворот трубопроводу – це тертя зерна (а то і удар) об стінку, і пошкодження, перш за все, оболонки близько зародка. При післязбиральній підробці зерна необхідно уникати зайвих пропусків через машини. С.А. Чазов [55] зазначає, що за один пропуск через очисну насіннєву машину травмування пшениці зросла на 2-3%. Найбільш сильно ушкоджують насіння машини, що мають трієр. Н Морозов [56] вказує, що за один пропуск на «Петкус Гігант» травмується до 10% зерна.

Зрозуміло, що уникнути травмування насіння неможливо. Навіть при ручному обмолоті і сортування саме відділення зерна від колоса супроводжується травмуванням зерна. Завдання в іншому – зменшити травмування. Завдання комплексна. Як мінімум вона складається з трьох складових:

- максимально скоротити кількість машин на шляху насіння від збирання до сівби;
- за конструктивним виконанням машини повинні відповідати вимогам щадить технології з прибирання, післязбиральної обробки

насіння, їх сушінні і транспортуванні;

- машини повинні мати глибоке регулювання для виходу на оптимальний режим як по ефективності експлуатації так і по мінімізації травмування насіння.

Підсумовуючи наведене, можна сказати: зниження травмування насіння – великий резерв підвищення врожайності. Саме так розуміють цю проблему на Хорольському механічному заводі, де починають серійно виготовляти обладнання, що забезпечує щадну технологію підготовки насіння.

Пневмосепаруючі системи [61] відносяться до складних систем, стан яких визначається великою кількістю параметрів. Найбільш важливі з них: кут нахилу повітряного потоку, швидкість введення матеріалу, спосіб впливу на матеріал та ін. Певний вплив на процес сепарації надають сили взаємного зіткнення та зчеплення складових частин купи, а також сили тертя об стінки сепаруючих камер, що обмежують зону сепарації. Ці сили пов'язані з формою камери.

Залежно від взаємодії повітряного потоку і матеріалу виділяють чотири основні схеми сепарації: в горизонтальному, похилому, вертикальному повітряному потоці і за принципом протитечії.

Горизонтальні і похилі повітряні потоки володіють перевагою. Напрями сили тяжіння і аеродинамічної сили у них не збігаються, внаслідок чого подача суміші може бути здійснена за допомогою простих пристроїв: транспортерів, бункерів та ін. Сила тяжіння забезпечує вільне надходження матеріалу у повітряний потік і випадання в робочій частині з нього. Кожна окрема насінина описує в потоці повітря шлях, що представляє собою відносно просту криву. Число взаємних зіткнень насінин незначне.

До недоліків сепараторів, використовуючи горизонтальні і похилі повітряні потоки, слід віднести нерівномірний повітряний потік, а також технічні труднощі при створенні широкого струменя повітря.



Порівняльна оцінка роботи горизонтальних, похилих і вертикальних повітряних сепараторів показує, що якість сепарації залежить насамперед від концентрації матеріалу в повітряному потоці. Вертикальні потоки забезпечують високу якість сепарації при малих подачах, зі збільшенням подач ефективність їх роботи падає. Пояснюється це тим, що у вертикальному повітряному потоці частинки багаторазово рухаються вгору і вниз, внаслідок чого виникає велике число зіткнень, особливо при підвищених подачах. Тому в сепараторах з вертикальним потоком перешкод окремої частинки більше, ніж у сепараторах з горизонтальним і похилим потоками.

У той же час у вертикальних каналах повітряний потік надає більш тривалий вплив на матеріал, частинки мають можливість займати різні положення, що нівелює вплив одного випадкового положення входу в потік, тобто сепарація менше схильна до впливу випадку та результати виходять більш стабільними.

В пневмосепараторах може використовуватися як всмоктуючий так і нагнітаючий повітряний потік. Одним із суттєвих недоліків нагнітаючого повітряного потоку є наявність пилу, яку дуже важко вловити і видалити. Створюються важкі умови для роботи обслуговуючого персоналу. Пиловловлюючі камери в нагнітальних машинах громіздкі, часто засмічуються і через фільтри пил проходить в навколишнє середовище. Камери створюють додатковий, а головне, змінний опір, у зв'язку з чим погіршується точність роботи машин. Другим недоліком при використанні нагнітаючого повітряного потоку є значна ширина вентилятора і викликана нерівномірність повітряного потоку на виході. Даний недолік намагаються усунути різними способами – використанням діаметральних вентиляторів або спеціальних повітророзподільних пристроїв, але повністю усунути його не вдається.

Ще однією особливістю нагнітаючого повітряного потоку є нерівномірність його швидкості, обумовлена малим числом лопатей робочого колеса вентилятора. Рівномірність швидкості

повітряного потоку аспіраційних камер не залежить від числа лопатей, так як в даному випадку повітря нагнітається під атмосферним тиском. Однак аспіраційні камери також мають недоліки, наприклад потрапляння повітря через зазори, в результаті чого його напрямок відхиляється від заданого формою камери і якість сепарації знижується.

Більш повно використовувати енергію повітряного потоку дозволяє одночасне застосування всмоктуючого і нагнітального потоків. Машини з одночасним використанням таких потоків не потребують обладнання спеціальними пиловловлювачами і фільтрами для очищення повітря, не створюють розрідження повітря всередині приміщення і цим сприяють підтримці в приміщенні постійної температури.

Однак для нормальної роботи таких виконаних за комбінованою схемою машин необхідна повна герметичність внутрішньої частини, рівномірність подачі суміші і безперервне видалення відходів з осадової камери [63].

Чебанов А.Б. запропонував сепаратор [62, 64, 65], який зображено на рисунку 2.11.

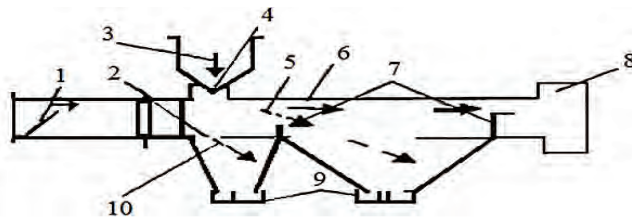


Рисунок 2.11 – Схема технологічна експериментальної пневматичної установки [64, 65]

1 – регулятор подачі повітря; 2 – жалюзі у горизонтальному каналі; 3 – рух насіння; 4 – регулятор подачі суміші; 5 – рух лушпиння; 6 – горизонтальний канал; 7 – перегородки з заслінками; 8 – вентилятор; 9 – приймачі I та II фракції; 10 – рух ядриці та її січки.

Робочий процес якого проходить наступним чином: до бункера сепаратора надходить насіння, подачу якого регулюють заслінкою 3. Процес сепарації відбувається в горизонтальному каналі 4.

Розділені фракції за допомогою регульованих перегородок 5 надходять до встановлених приймачів 6. У кінці горизонтального каналу встановлено вентилятор 7, який нагнітає запилений потік у пилоосаджувальну камеру 8. Камера обладнана пиловловлюючим пристроєм, що складається з поперечної щілини 9. При роботі запропонованого пневмосепаратора насіння із бункеру за допомогою регулятора подачі суміші подається до горизонтального каналу, де під дією повітряного потоку згідно аеродинамічних властивостей компонентів та сили тяжіння поділяється на фракції.

Запилений повітряний потік потрапляє в пилоосаджувальну камеру, де очищається від крупних домішок, що потрапляють до відповідного приймача. Після очищення у пилоосаджувальній камері повітряний потік з частками пилу потрапляє до пиловловлюючого пристрою. Його основним елементом є вертикальний канал, у якому за рахунок сил тяжіння та інерції (використання жалюзі) відбувається очищення від часток пилу. Вловлені частинки пилу направляються в нижню зону вертикального каналу у відповідний приймач. Кінцеве очищення повітряного потоку від дрібнодисперсного пилу (до 500 мкм) відбувається у інерційному пиловловлювачі та фільтрі. Переваги розглянутого сепаратора є зменшення запиленості приміщення. Недоліком даного сепаратора є велика енергоємність та недостатня якість поділу насіння.

Подальші дослідження вчених в сепарації насіння призвело до появи повітряного сепаратору РЗ-БАБ, який призначений для очистки насіння від сміття та дрібних домішок.

Технологічний процес в повітряному сепараторі відбувається наступним чином. Насіння надходить в приймальну камеру, потім на вібралоток. Підпор насіння перешкоджає підсосу повітря в приймальну камеру. Вібралоток не тільки вирівнює шар насіння по всій довжині аспіраційного каналу, а й сприяє розшарування насиненої суміші так, що легкі домішки переміщуються в верхній шар. Це сприяє більш ефективному їх виділенню повітрям. Крім того, рухливу стінку в нижній частині встановлюють в таке

положення, щоб шар насіння, що сходить з вібрлотка, був практично горизонтальним. Все це створює оптимальні умови для пневмосепарування.

Основна кількість повітря, проходячи під вібрлотки, об'єднується з повітрям, що поступає через завіси задньої стінки, і пронизує шар насіння.

Додаткове надходження повітря через завіси перешкоджає осіданню пилу в пневмосепаруючих каналі. Легкі домішки разом з повітрям піднімаються вгору по каналу і несуться в аспіраційну систему, а очищене насіння виводиться через випускний патрубок.

Основна кількість повітря, проходячи під вібрлотки, об'єднується з повітрям, що поступає через завіси задньої стінки, і пронизує шар насіння.

Основна кількість повітря, проходячи під вібрлотки, об'єднується з повітрям, що поступає через завіси задньої стінки, і пронизує шар насіння. Додаткове надходження повітря через завіси перешкоджає осіданню пилу в пневмосепаруючих каналі. Легкі домішки разом з повітрям піднімаються вгору по каналу і несуться в аспіраційну систему, а очищене насіння виводиться через випускний патрубок.

Відмітна особливість повітряного сепаратора РЗ-БАБ – це наявність вібрлотків, що забезпечує надійне розподіл і розшарування насіння по довжин аспіраційного каналу, а також можливість регулювання перетину і форми аспіраційного каналу, що істотно підвищує ефективність очищення насіння від легких домішок.

Висока енергоємність, великі габарити та важкість в налагодженні сепаратора на дають змоги масового розповсюдження.

У повітряних сепараторах типу БСП корпус розділений перегородками на розвантажувальну камеру обвідний канал і аспіраційний канал.

Розвантажувальна камера забезпечена живильним механізмом, який автоматично підтримує постійний рівень насіння в камері

в залежності від його кількості, що надходить. Живильний механізм складається з верхнього і нижнього вантажних клапанів, заблокованих між собою тягою.

Насіння по довжині каналу розподіляється живильним валиком. Рухому стінку можна переміщати за допомогою штурвала, що дозволяє регулювати швидкість повітря в каналі. Для рівномірного розподілу повітря по довжині і висоті аспіраційного каналу вихідний патрубок має прямокутну форму по всій довжині каналу. За процесами, що відбуваються в аспіраційному каналі і розвантажувальної камері машини, можна спостерігати через смотрове вікно. Шлюзовий затвор приводиться в обертання електродвигуном через черв'ячний редуктор. Живильний валик обертається від редуктора.

Гіпотеза, що пояснює наявність в замкнутій системі циркуляції повітря встановленого пилового режиму, полягає в наступному.

Повітря, що несе виділені із насіння домішки, надходить в осадочну камеру. У ній відділяється приблизно 90% насінин в повітрі, які відносяться до числа найбільш важких домішок, а решта більш легкі частинки разом з повітрям повертаються в аспіраційний канал, тобто в струмінь насіння, та сепарується знову.

Застосування машин із замкнутою системою циркуляції повітря дає деякі переваги в порівнянні з застосуванням машин з розімкненим системою циркуляції повітря.

До переваг пневмосистеми розглянутої машини можна віднести наступне:

- підвищення ефективності очищення за рахунок використання вібротоків, а також можливість регулювання перетину і форми аспіраційного каналу.

Недоліки:

- нерівномірність швидкості повітряного потоку за перетином

Проведений огляд існуючих сепараторів для насіння, що застосовуються в сільському господарстві, з урахуванням вимог, що пред'являються до них, дозволяє зробити наступні висновки:

1. Проведений аналіз конструкцій пневмосистем сепараторів показав, що найбільш вираженим недоліком є нерівномірність швидкості повітряного потоку в каналах та, внаслідок чого отримується низька ефективність сепарації;

2. Аналіз конструкцій сепараторів показав, що найбільш перспективними в плані зниження енергоємності є гравітаційні сепаратори;

3. З метою зменшення металоємності і підвищення ефективності очищення перспективні сепаратори працюють із псевдозріджуванням.

## **2.5. Конструкції повітророзподільників пневмосепараційних систем машин попереднього очищення зерна та олійної сировини соняшнику**

Найбільш складними елементами сепаруючих камер є повітророзподільники, вони призначені в основному для забезпечення рівномірного розподілу повітря [77-78]. Повітророзподільник являє собою пристрій, який забезпечує однакові або різні витрати і швидкості повітря по довжині. Прикладами використання може служити їх застосування в системах віддуву незалежного листа, отриманого при подрібненні стебел, в сепаруючих пристроях картоплезбиральних комбайнів, в пневматичних живильниках, встановлюваних замість лопатевих мотопил. Основні вимоги полягають у тому, щоб вони створювали необхідні профілі швидкісних полів і не викликали зайвих гировлічних втрат [15].

Повітророзподільники по конструктивному виконанню поділяються на 4 групи (Рис. 2.12)

Рівномірний розподіл повітря може бути забезпечено застосуванням повітророзподільників постійного або змінного перерізу.

Рівномірну роздачу або всмоктування повітря можна здійснити наступними способами [78]:

– зміною ширини щілини або площі отворів по довжині

повітропроводу.

Спосіб, забезпечує однакові втрати повітря по довжині щілини або в отворах, але не забезпечує в них однакових швидкостей повітря. Цей спосіб рекомендується при регулюванні повітропроводів;

- збереженням різниці статистичних тисків, постійних по довжині повітропроводу.

Спосіб ефективний для коротких повітропроводів, наприклад при влаштуванні повітрострумневих укриттів, повітряних завіс і т.п.;

- незначною зміною різниці статичних тисків по довжині повітропроводу.

Спосіб треба застосовувати при здійсненні загально-обмінної розосередженої подачі і відсмоктування повітря, наприклад в системах кондиціонування повітря.

- зміною коефіцієнта витрати повітря.

Спосіб майже не отримав розвитку через складність [78].

За конструктивним виконанням повітророзподільники досить різноманітні, це – жалюзі; решета; плафони; сопла; перфоровані та щільні панелі і повітроводи.

В пневмосепаруючих системах ЗОМ найбільш використовуються жалюзійні, щільні та решітні повітророзподільники.

Решітні повітророзподільники можуть бути припливними та витяжними:

- регульованими і нерегульованими;

- круглої, квадратної, прямокутної форми;

- з напрямком потоку припливного повітря в одну, дві, три і чотири сторони.

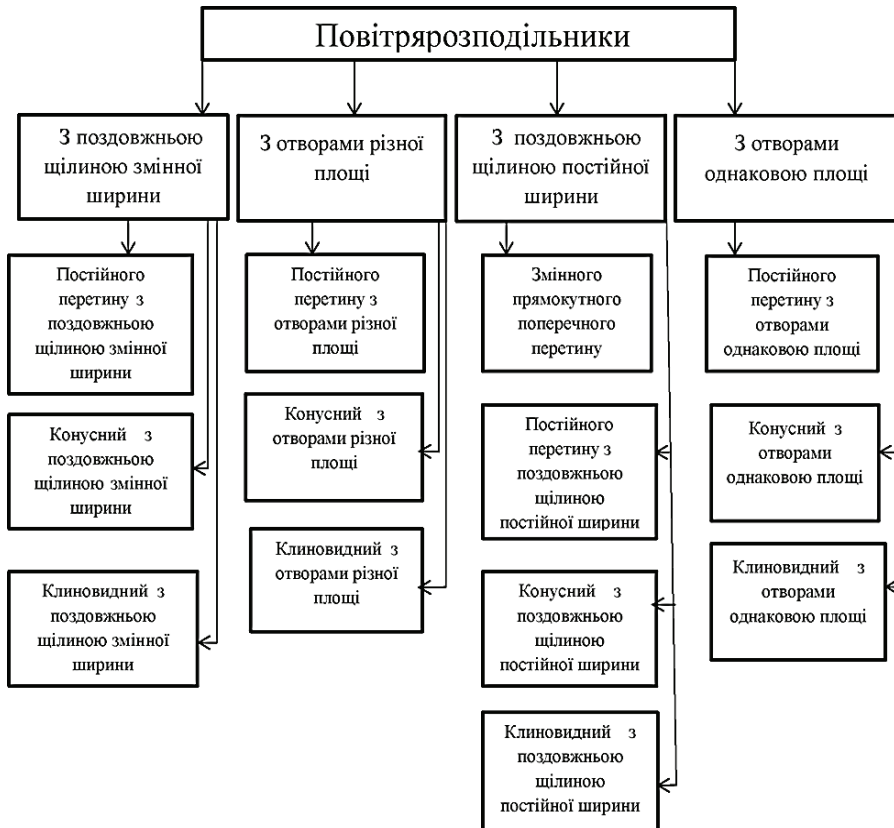


Рисунок 2.12 – Схема структурна класифікації повітророзподільників

Регулюємі пристрої припливних решіток являють собою наступні види регуляторів:

- регулятор втрат (як правило, багатостулковий клапан);
- регулятор характеристик струменя;
- регулятор напрямків (ряд спеціальних жалюзі, що відкриваються в певному напрямку).

Деякі конструкції решіток є універсальними і застосовуються як в припливних, так і у витяжних системах.

Щілинні повітророзподільні пристрої створюють плоскі струменя. Порівняно з решетами, при однаковій площі випуску повітря, щілинні розподільники повітря формують струмінь з більшою далекобійністю. Щілинні повітророзподільники бувають припливні і витяжні, нерегульовані і з регулюванням втрат та



напрямки випуску повітря, а також сталеві або алюмінієві.

Фасонні частини повітропроводів і обладнання, в яких втрати тиску виникають при зміні швидкості або напрямку руху потоку, називають місцевими опорами  $\zeta$ .

Втрати тиску в місцевих опорах перевершують втрати тиску на терті, зважаючи на це вимагає більшої уваги.

Опір прямокутної припливної шахти з жалюзійними решітками залежить від їх площі – відносини ширини до висоти і кута розташування жалюзі, коефіцієнт місцевого опору  $\zeta$  при цьому можна визначити за таблицею [78].

Стандартні нерухомі жалюзійні решітки, які використовуються в пневмосепаруючих системах ЗОМ, з скошеними каналами і вертикально зрізаними вхідними крайками (рис. 2.13) мають коефіцієнт місцевого опору, віднесений до швидкості у трубі.

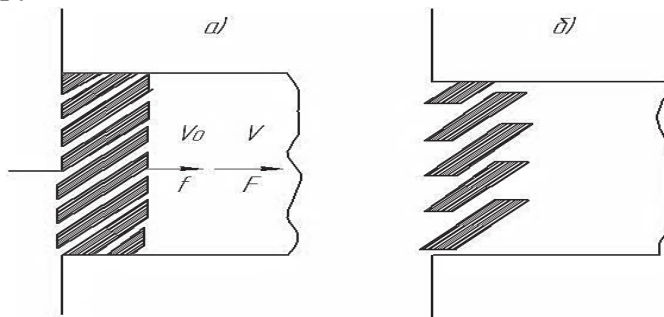


Рисунок 2.13 – Нерухомі жалюзійні решітки:

а – зі скошеними каналами;

б – з горизонтально зрізаними крайками.

Для штампованої жалюзійної решітки з повним відкриттям жалюзі рекомендується  $\zeta = 1,6$ .

Також існують створи різних типів (Рис. 2.14).

Для стулок коефіцієнти місцевих опорів на вході приймаються залежно від відношення довжини створи до ширини ( $l/b$ ) і від кута розкриття  $\alpha$ . Коефіцієнти місцевих опорів мають зворотну залежність до кута розкриття клапану.

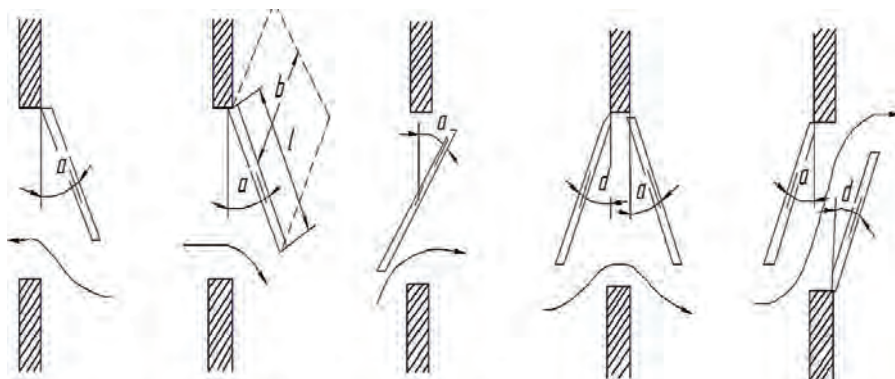


Рисунок 2.14 – Студли [78]

На підставі аналізу повітророзподільників значний інтерес при обґрунтуванні технологічної схеми пневмосепаратора із замкненою повітряною системою може бути приділено конструкції жалюзійного повітророзподільника постійного перетину з поздовжньою щілиною змінної ширини, змінного прямокутного поперечного перетину та повітророзподільника постійного перетину з поздовжньою щілиною постійної ширини.

## 2.6. Шляхи інтенсифікації процесів попереднього очищення зерна та олійної сировини соняшнику

Для інтенсифікації процесу поділу зернових матеріалів проводиться значна робота з удосконалення плоских решіт. Так, пропонується виконувати решета не гладкими, а з поздовжніми виступами й з розміщенням довгастих отворів у западинах між ними. При цьому збільшується ймовірність влучення зерен в отвори за рахунок орієнтації їхньою довгою віссю уздовж отвору. Передбачається також досягти підвищення продуктивності решіт виконанням отворів решета з похилими крайками [38].

З метою інтенсифікації процесу сепарації на плоских решетах застосовують вібраційні коливання, а також обертають решета навколо вертикальної осі.

Пропоновані рішення по вдосконаленню робочого процесу плоских решіт дають можливість підвищити їхню продуктивність, але одночасно значно ускладнюють конструкцію й металоємність

зерноочисних машин.

За кордоном пропонуються багаторешітні машини з розташуванням решіт одне під одним. Питома продуктивність таких багаторешітних машин приблизно така ж, як у плоских решіт, але сама машина виходить більш компактною.

До числа перспективних робочих органів відносяться циліндричні решета із внутрішньою робочою поверхнею.

Створено нові перспективні робочі органи для сепарування зернових матеріалів: вертикальні циліндричні вібровідцентрові решета й пневмодіцентрові кільцеві повітряні канали з сходяче-прискореним повітряним потоком [38].

Конструктивно-технологічною особливістю таких сепараторів є уніфікований очисний блок. Застосовуючи кілька таких блоків для паралельної й послідовної роботи, можна забезпечувати різні технологічні варіанти обробки зерна при продуктивності 25...100 т/год [58].

У пневмосепараторах поряд із застосуванням аеродинамічних і масових сил використовують відцентрові й коріолісові сили, а також сили, обумовлені обертанням повітряного потоку – вихрові джерела й стоки. Розрізняють 4 групи таких сепараторів: пневмогравітаційні, пневмоінерційні, відцентровопневматичні й пневмодіцентрові [38].

Пристрої для сепарації в псевдозрідженому шарі здійснюють робочий процес у спокійному або киплячому режимах. Вони бувають нагнітальної, нагнітально-всмоктувальної дії, з нерухоною або вібруючою опорною повітродіподільною перегородкою, з ділильними пристроями (ножами, екранами, порогами і т.п.) і без них (А.С. СРСР № 442836, 806161, 829212, патенти України 61469, 74137 та ін.).

Розімкнуті пневмосистеми з точки зору впливу на екологію не доцільні та більш енергоємні ніж замкнуті. Зроблено аналіз деяких замкнутих пневмосистем МПО.

В роботі Тимофєєва І.В. [70] (Рис. 2.15) представлено схему пневмосистеми машини попереднього очищення зерна

самопересувного ворохоочисника, із замкненою повітряною системою.

Інтенсифікація процесу сепарації зернового вороху із замкнутою малогабаритною пневмосистемою полягає в створенні обвідного каналу. Але не приділено уваги виділенню крупних домішок

В роботі Саїтова В.Ю. [70] (Рис. 2.16, 2.17, 2.18) одночасно представлено три експериментальні установки для попереднього очищення зернового вороху з замкненою повітряною системою.

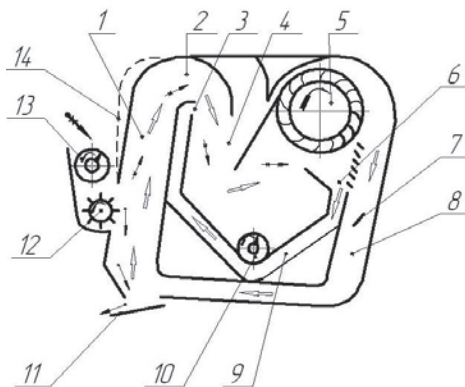


Рисунок 2.15 – Схема пневмосистеми самопересувного ворохоочисника:

1 – пневмосепаруючий канал; 2 – відвід в осадову камеру; 3 – вхідне вікно обвідного каналу; 4 – осадова камера; 5 – вентилятор; 6 – вхідне вікно вентилятора; 7 – заслінка; 8 – повітря підвідний канал; 9 – обвідний канал; 10, 11, 12, 13 – устрої вводу, виводу зернового матеріалу і виділених домішок; 14 – устрій для регулювання розширення пневмосепаруючого каналу

В роботі вирішується велика кількість задач – таких як встановлення: сітчастого транспортера з метою виділення крупних домішок і одночасною сепарацією зернового вороху замкненою повітряною системою. Це установка пиловідокремлювача, осадової камери, а також жалюзійних пристроїв ефективність роботи яких потребують глибоких досліджень.

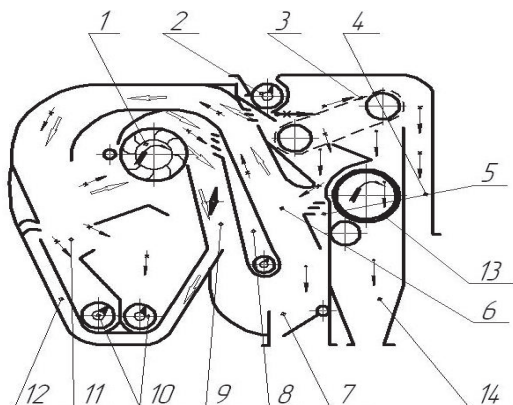


Рисунок 2.16 – Схема експериментальної установки для попереднього очищення зернового вороху [71]:

1 – діаметральний вентилятор; 2 – живитель; 3 – транспортер сітчастий; 4, 7, 10, 14 – вивантажуючий устрій; 5 – живлячий устрій; 6 – пневмосепаруючий канал; 8 – пиловідокремлювач; 9 – пилопідвідний канал; 11 – осадочна камера; 12 – перепускний канал; 13 – решето циліндричне.

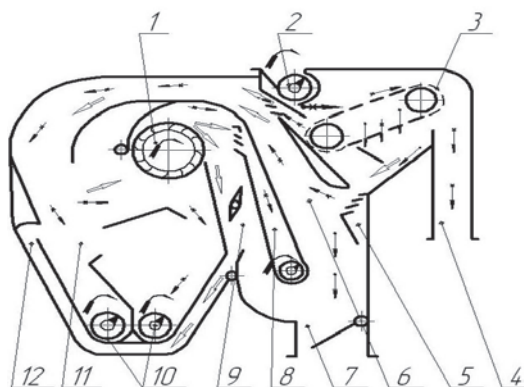


Рисунок 2.17 – Схема експериментальної установки для попереднього очищення зернового вороху [71]

На рис. 2.18 наведено: 1 – діаметральний вентилятор; 2 – живитель; 3 – транспортер сітчастий; 4, 7, 10, 14 – вивантажуючий устрій; 5 – живлячий устрій; 6 – пневмосепаруючий канал; 8 – пиловідокремлювач; 9 – пилопідвідний канал; 11 – осадова камера; 12 – перепускний канал.

З метою інтенсифікації технологічного процесу в машинах

попереднього очищення зерна з розімкненою повітряною системою використовують подачу зерна у псевдозрідженому стані на наружну поверхню ЦРЗ РП. [110-112].

В останні роки створені вітчизняні робочі органи скальператорного типу [113-119] – решета із зовнішньою робочою поверхнею й горизонтальною віссю обертання. Решета прості за конструкцією, не мають віброуючих вузлів і деталей, мають невелику метало-енергоємність і практично не травмують зерно.

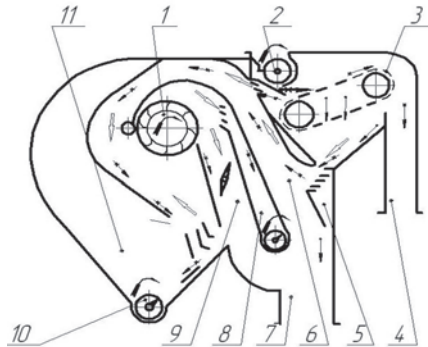


Рисунок 2.18 – Схема 3 експериментальної установки для попереднього очищення зернового вороху [71]:

1 – діаметральний вентилятор; 2 – живитель; 3 – транспортер сітчастий; 4, 7, 10, 14 – вивантажуючий устрій; 5 – живлячий устрій; 6 – пневмосепаруючий канал; 8 – пиловідокремлювач; 9 – пилопідвідний канал; 11 – осадова камера.

Подальшого підвищення ефективності роботи пневмосепаратору досягається за рахунок поділення середньої стінки на рухому 3 та нерухому 9, та встановлення задньої рухомої стінки 5 (рис. 2.19).

Слід звернути увагу на патент за номером 78533U, де інтенсифікації технологічного процесу в значній мірі приділено увагу в зоні лотка-інтенсифікатора і циліндричного решета і в меншому ступені в зоні осадової камери.

На підставі огляду машин попереднього очищення зерна МПО та шляхів інтенсифікації процесу попереднього очищення зерна

можливо зробити висновок, що одним з перспективних напрямків розробки високоефективних МПО є обґрунтування технологічної схеми пневмосепаратора із замкненою пневмосистемою та подачею псевдозрідженого матеріалу на циліндричне решето.

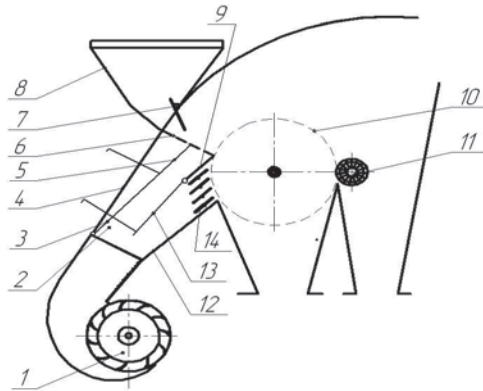


Рисунок 2.19 – Пневморешітний сепаратор за патентом України № 74137 [112]:

1 – вентилятор діаметральний; 2 – канал повітрярозподілюючий; 3 – регулятор середньої рухомої стінки; 4 – стінка задня; 5 – стінка рухома задня; 6 – лоток-інтенсифікатор; 7 – заслінка; 8 – бункер завантажувальний; 9 – стінка середня нерухома; 10 – решето циліндричне; 11 – щітка очисна; 12 – стінка передня; 13 – стінка середня рухома; 14 – повітродозподільник жалюзійний.

У пневмосепараторах поряд із застосуванням аеродинамічних і масових сил використовують відцентрові й коріолісові сили, а також сили, обумовлені обертанням повітряного потоку – вихрові джерела й стоки. Розрізняють 4 групи таких сепараторів: пневмогравітаційні, пневмоінерційні, відцентровопневматичні й пневмовідцентрові [38].

Пристрої для сепарації в псевдозрідженому шарі здійснюють робочий процес у спокійному або киплячому режимах. Вони бувають нагнітальної, нагнітально-всмоктувальної дії, з нерухомою або віброуючою опорною повітродозподільною перегородкою,

з ділильними пристроями (ножами, екранами, порогами і т.п.) і без них.

В останні роки створені вітчизняні робочі органи скальператорного типу – решета із зовнішньою робочою поверхнею й горизонтальною віссю обертання. Решета прості за конструкцією, не мають вібруючих вузлів і деталей, мають невелику металоенергоємність і практично не травмують зерно.

На підставі впровадження нового способу інтенсифікації технологічного процесу роботи ПРС за рахунок подачі псевдозрідженого шару матеріалу на зовнішню поверхню циліндричного решета з горизонтальною віссю обертання питома продуктивність решета збільшилась у 1,5-2,0 рази. При використанні діаметрального вентилятора та циліндричного решета можлива розробка модульних типорозмірів ПРС продуктивністю 10-50 т/год.



**РОЗДІЛ 3.**  
**ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ**  
**ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ОЛІЙНОЇ СИРОВИНИ**  
**СОНЯШНИКУ**  
**(THEORETICAL RESEARCH OF TECHNICAL MEANS**  
**OF SUNFLOWER OIL RAW MATERIAL POST-HARVEST**  
**PROCESSING)**

**3.1. Теоретичні передумови щодо обґрунтування параметрів та режимів роботи технічних засобів післязбиральної обробки олійної сировини соняшнику**

Дослідженнями сепарації сипучих матеріалів за різницею аеродинамічних властивостей їх компонентів займалися: у природному повітряному потоці В.П. Горячкін [81,82], у сформованому вертикальному повітряному потоці, М.Н. Летошнєв [84], В.В. Гортинський [85,86], А.І. Нелюбов [61], М.Г. Гладков [87], М.С. Кулагін [88], В.В. Котов [89] та інші; у горизонтальному та нахиленому повітряних каналах С.А. Алферов [90], М.Н. Летошнєв [84], М.Г. Гладков [87], Б.Г. Турбін [91], А.І. Бурков [92], О.М. Васильковський [93-95], П.М. Заїка [96-97], О.І. Завгородній [83], Ю.О. Манчинський, М.В. Бакум [98], І.П. Безручкін [99], В.П. Єрмак [100] та інші.

На думку академіка Горячкіна В.П. та інших вчених під дією потоку повітря, під час сепарації матеріал розділяється на очищений і відходи очищення тобто розглядається суміш з двох складових. Очищена фракція – це повноцінне насіння основної культури, відходи очищення – це легкі, сміттєві і важкі домішки [81].

Взаємодія насіння з повітряним потоком характеризується швидкістю витання, яка залежить від маси насіння, коефіцієнта аеродинамічного опору, міделевого перетину, орієнтації у просторі. Дослідники прагнули врахувати ті чи інші параметри які впливають на швидкість витання насіння. Це призвело до великої кількості висновків, які вірні лише для конкретних умов [38].

Швидя В.О. визначив основні параметри відцентрового робочого органу та аспіраційного каналу пневмовідцентрового сепаратора. Довів можливість підвищення ефективності шляхом забезпечення подачі зернової суміші з високою порозністю та рівномірністю по висоті в кільцевий аспіраційний канал з висхідним повітряним потоком відцентровим робочим органом [101].

В свою чергу Крекот М.М. вирішив наукове завдання, яке направлене на підвищення ефективності процесу сепарування насінневих сумішей овочевих культур, шляхом обґрунтування параметрів процесу пневматичного сепаратора з регульованою робочою шириною каналу. Побудував математичні моделі динаміки компонентів насінневих сумішей овочевих культур у висхідному повітряному потоці. За допомогою отриманих залежностей визначив поділяючу здатність каналу для компонентів насінневих сумішей овочевих культур в залежності від параметрів сепаратора та аеродинамічних властивостей насіння [102].

Чебанов А.Б. за допомогою побудованих рівнянь динаміки руху компонентів частинок рушанки рицини визначив залежності їх переміщення та ефективності очищення повітря в робочій зоні вертикального каналу. Вперше встановив закономірності зміни швидкостей компонентів рушанки рицини та повітряного потоку в робочій зоні пневмосепаратора з пиловловлюючим пристроєм [65-68].

В роботах І.П. Безручкіна обґрунтовується можливість розділення похилим повітряним потоком насінневої суміші не лише за вагою, а і за розмірами [99,103].

Матвеев А.С. у своїй роботі [104] вперше підійшов до вивчення процесу сепарації насіння з врахуванням нерівномірного повітряного потоку та зіткнення насіння об стінки каналу.

Вищенаведені вчені зробили значний внесок в процес сепарації насіння, але на нашу думку процесу сепарації насіння соняшника у вертикальному аспіраційному каналі з нижнім вивантаженням було приділено недостатню увагу, тому слід

розробити та дослідити пневмогравітаційний сепаратор з нижнім вивантаження насіння соняшника.

Під керівництвом д.т.н. Тіщенко Л.М. була розроблена система диференціальних рівнянь, що за допомогою нелінійної динаміки двофазного середовища наближено окреслює поділ сепаруємого матеріалу у пневматичному сепараторі вертикальної дії [105-107].

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \rho_1}{\partial t} + \operatorname{div} \rho_1 \bar{u} = 0 \\ \frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + \bar{u} \cdot \nabla \bar{u} = -\frac{\nabla p}{\rho_1} + \frac{\zeta + \mu/3}{\rho_1} \operatorname{grad} \operatorname{div} \bar{u} + \frac{\mu}{\rho_1} \Delta \bar{u} + g \\ \frac{\partial n}{\partial t} + \operatorname{div} n \bar{U} = 0 \\ \frac{\partial \bar{U}}{\partial t} + \bar{U} \cdot \nabla \bar{U} = \bar{g} + D \cdot \bar{u}_{12} \end{array} \right. \quad (3.1)$$

де  $\rho_1$  – густина повітряного потоку, г/см<sup>3</sup>;

$p$  – тиск потоку, Па;

$\zeta, \mu$  – динамічні коефіцієнти об'ємної і зсувної в'язкості повітряного потоку;

$u, U$  – відповідно швидкості повітряного потоку і дисперсних частинок м/с;

$u_{12}$  – відносна швидкість руху дисперсних частинок м/с;

$n$  – кількість частинок дисперсної фази в одиниці об'єму повітря;

$g$  – інтенсивність зовнішніх масових сил;

$D$  – фізичний параметр, мм;

$a$  – середній лінійний розмір насінини, мм;

$C_\mu$  – коефіцієнт опору.

Василенко П.М. вивів рівняння руху насінини в середовищі, що чинить опір:

$$\left. \begin{array}{l} m\ddot{y} = -k_c v_r^2 \cos \alpha \\ m\ddot{z} = -mg - k_c v_r^2 \sin \alpha \end{array} \right\} \quad (3.2)$$

Абдуєв М.М. вивів формули для визначення руху частинки в нахиленому каналу [109]:

$$\left. \begin{array}{l} a\ddot{x} = -k_e [(\dot{x} - V_n \cos \alpha)^2 + (\dot{y} - V_n \sin \alpha)^2] \cdot \cos(\bar{V}_e, x); \\ \dot{y} = -k_e [(\dot{x} - V_n \cos \alpha)^2 + (\dot{y} - V_n \sin \alpha)^2] \cdot \cos(\bar{V}_e, y) - g, \end{array} \right\} \quad (3.3)$$

де  $\dot{x}$ ,  $\ddot{x}$ ,  $\dot{y}$ ,  $\ddot{y}$  – відповідно проекції швидкості та прискорення часток суміші на осі нерухомої системи координат  $x, y$ ;  $\cos(\bar{v}_B, x)$ ,  $\cos(\bar{v}_B, y)$  – напрямні конуси відносної швидкості  $\bar{v}_B$  до осей  $x, y$ ;  $v_n$  – середня швидкість повітряного потоку;  $k_B$  – коефіцієнт вітрильності;  $\alpha$  – кут нахилу каналу.

Всі вищезазначені залежності не можливо використовувати для кільцевого каналу, тому перед нами постала задача дослідити рух зерна в кільцевому каналі з нижнім розподілом насіння.

У результаті проведеного аналізу можна зробити наступні висновки:

1. Посівний матеріал соняшника, що використовуються на фермерських господарствах, наприклад ТОВ «Зоря», мають недостатньо високі посівні якості, тому необхідна додаткова сепарація.

2. Шляхом аналізу літературних джерел встановлено, що існуючі технологічні схеми та конструкції пневматичних сепараторів мають ряд недоліків (недостатньо якісне очищення та розділення, складність налаштування, високі енергетичні витрати) тому розробка та вдосконалення конструкції пневмогравітаційного сепаратора є актуальною задачею.

3. В літературі відсутні теоретичні дослідження динаміки насіння соняшника в нижній робочій зоні пневмогравітаційного сепаратора.

Повітрярозподільні канали, призначені для рівномірного розподілення повітря з метою забезпечення однакового розходу швидкості по всій довжині сепаруючої поверхні, є найбільш складними з елементів мереж. Складність повітрярозподільних каналів, де рівномірність розподілення повітря може бути досягнута за рахунок постійного або змінного перетину, підтверджена дослідженнями [77, 78]. В залежності від ставлення задач, повітрярозподільні канали дедалі стають складнішими і кваліфікувати той чи інший устрій важко з погляду виконання технологічного процесу. Як приклад, в роботі [70] (рис. 3.1),

представлено схему експериментальної пневматичної колонки з розімкненою системою, яка присвячена удосконаленню технологічного процесу пневмосистем зерноочисних машин з діаметральним вентилятором.

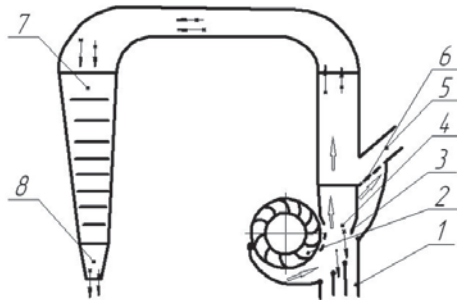


Рисунок 3.1 – Схема експериментальної пневмоколонки з розімкненою пневмосистемою [70].

1, 8 – вивантажуючий устрій; 2 – вентилятор-сепаратор; 3 – регулювальна заслінка; 4 – пневмосепаруючий канал; 5 – пневмокамера; 6 – решітка; 7 – осадова камера.

На даному прикладі відокремити елемент мережі, таких як повітряпровід, сепаруюча камера або повітророзподільний канал практично неможливо. Вони працюють як цілісна система і, у відповідності із цим можна визначити загальні вимоги до повітророзподільних каналів, які полягають у створенні необхідної структури поля швидкості забезпечуючої виконання вимог агротехніки при як найменших гідравлічних втратах.

Рівномірному розподіленню повітряного потоку, що представлено полями швидкості, епюрами тиску і в кінцевому разі спроектованими повітророзподільними каналами, широку увагу приділено в роботі [7]. Але практичне значення дана робота має місце при проектуванні машин для збирання ягід малини, смородини. Так, проектуванню повітророзподільним каналам і сепарувальній камері приділено увагу в роботі [61].

В роботі [71] розглядається рівномірність розподілення і всмоктування повітря в повітропроводах з поздовжньою щілиною

або із боковими отворами. Автор звертає увагу на той факт, що рух повітря у повітророзподільних каналах значно складніший ніж у звичайних повітропроводах. По поперечному перерізу повітророзподільного каналу відбувається зміна напрямку швидкості, деформація поля швидкості і зміна статичного тиску.

Це привело до визначення залежності розходу повітря в щілинах шириною  $\delta$  одиничної довжини і в отворах площею  $\sigma$  [71]:

$$L_{\text{щ}} = \mu \times \delta \sqrt{\frac{2(\mp \Delta p)}{\rho}} \quad (3.4)$$

$$L_{\text{o}} = \mu \times \sigma \sqrt{\frac{2(\mp \Delta p)}{\rho}} \quad (3.5)$$

де,  $L_{\text{щ}}$  – витрата повітря в щілинах;

$L_{\text{o}}$  – витрата повітря в отворах;

$\mu$  – коефіцієнт розходу повітря;

$\Delta p$  – збитковий статичний тиск;

$\rho$  – щільність повітря;

$\delta$  – ширина щілини;

$\sigma$  – площа отвору.

Виходячи з представлених залежностей, рівномірне розподілення або всмоктування повітря можливо наступними способами [71]:

- зміною ширини щілини або площі отвору по довжині повітропроводу;
- збереженням постійної різності статичного тиску по довжині повітропроводу;
- незначною зміною різності статичного тиску по довжині повітропроводу;
- зміною коефіцієнту розходу повітря.

За рахунок зміни ширини щілини або площі отвору по довжині повітропроводу забезпечуються рівномірність розподілу, але швидкості повітря не однакові. Збереженням постійної різності

статичного тиску по довжині має ефект для коротких повітропроводів при устрої повітряно-струминних укриттів, повітряних завіс та інші.

Не зважаючи на широту досліджень роботи [71], основна її направленість – забезпечення подачі повітря в будовах різного призначення в системах опалення, вентиляції та кондиціонування, при цьому слід зазначити незначні тиски і швидкості повітряного потоку, що обмежує область застосування і використання в зерноочисних машинах.

Використання ефективних повітророзподільників з метою удосконалення технічних рішень систем вентиляції, опалення та кондиціонування представлено в роботі [85].

На практиці особливу увагу приділяють газорозподільним устроєм в хімічній промисловості при гранулюванні мінеральних добрив у псевдозрідженому або киплячому шарі. Як звертає увагу автор, гідродинаміка, а саме опір, розподілення і характер потоків у киплячому шарі в значному ступені залежить від його форми, а ще більше від газорозподільного устрою.

Але газорозподільні устрої засобів гранулювання і сушіння мінеральних добрив принципово відрізняються від повітророзподільних каналів, що використовуються в зерноочисних машинах. Газорозподільні устрої – за призначенням виконують роль лотка-інтенсифікатора, і за конструкцією це решітки, які бувають провальні перфоровані або набірні щілинні і безпровальні – керамічні плити, перфоровані листи із змінними сітками, ковпачкові безпровальні тарілки та інше. Вибір використання того чи іншого газорозподільного устрою залежить від типу матеріалу і багатьох інших факторів. В області сільськогосподарського виробництва – на зерноочисних машинах такі устрої можливо знайдуть місто для різного зернового матеріалу, його сепарації у псевдозрідженого стану.

Аналіз технологічних схем пневмосепараторів [80] і параметри лотка-інтенсифікатора не дають впевненості їх безумовного використання. Вочевидь, із зміною схеми

повітророзподільного каналу можливі зміни і коефіцієнту живого перетину лотка-інтенсифікатора, і його довжини, і кута нахилу до горизонталі. Не виключено, подальші дослідження приведуть до додаткових змін в конструкції, які значно можуть покращити технологічний процес пневмосепараторів.

В зв'язку з конструктивними особливостями цілого ряду машин, де повітророзподільний канал і сепаруюча камери об'єднані, а також із складністю проведення досліджень на перший план стають системи живлення пневмосепаруючих систем. Так в роботах [70, 71], як усвідомлюють автори, складність процесу надходження зернової суміші обумовлено причиною багатшаровості потоку, зіткнення зерна і його компонентів між собою і о стінки каналу, а також, нерівномірності розподілу вороху по площі його поперечного перетину.

З урахуванням безлічі струменів подачі зернового вороху, була описана ортогональна крива, яка дозволила отримати модель розподільвача (рис. 3.2), що забезпечить рівномірне розподілення зернової суміші[71].

На підставі рисунку 3.2 визначається

$$y = \left( \frac{B}{2\pi R} - 1 \right) \times \left[ \left( \sqrt{R^2 - x^2} \right) + (R+a) \times \ln \left| R+a - \sqrt{R^2 - x^2} \right| \right] + \frac{B}{2\pi} \times \left[ -\frac{1}{2} \arcsin^2 \frac{x}{R} + \frac{3 \times (R+a)}{\sqrt{9R^2 + 6Ra}} \times \ln \left( \frac{\arcsin^2 \frac{x}{R} + 2\sqrt{\frac{9R+6a}{R}} - 6}{\arcsin^2 \frac{x}{R} - 2\sqrt{\frac{9R+6a}{R}} - 6} \right) \right] \quad (3.6)$$

Але практика показує, що навіть при незначному збільшенню подачі насінневого матеріалу, повітряний потік не розшаровує зернову суміш в повному обсязі на компоненти і відповідно не забезпечує вимог агротехніки. Тим не менш системи живлення пневмосепаруючих систем з безпосередньою подачею у повітряний потік є найбільш ефективною формою вирішення задачі попереднього очищення зерна [71].



В статті Буркова А.І. [63] представлено вдосконалений експериментально-теоретичний метод (ЕТМ) розрахунку траєкторії частинок в пневмосепаруючих каналі (ПСК).

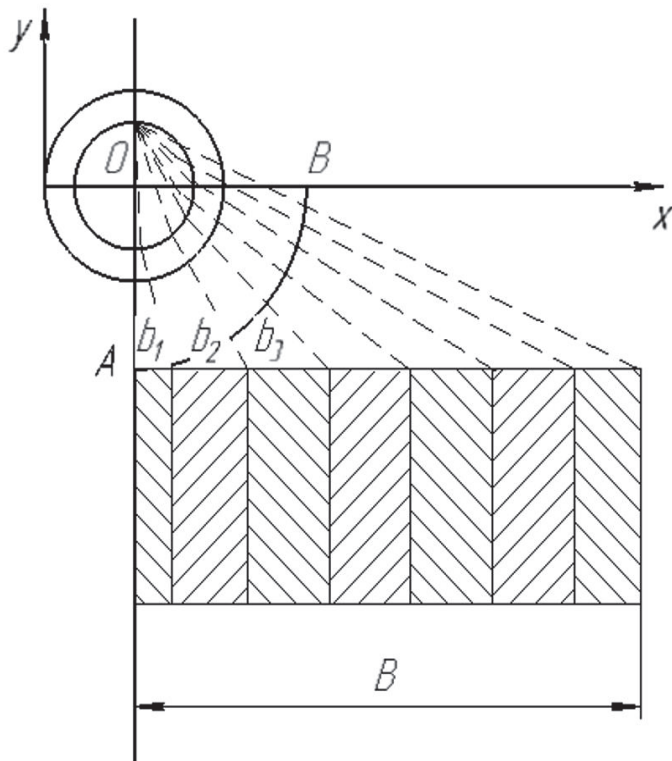


Рисунок 3.2 – До обґрунтування параметрів та форми повітрярозподільника ( $b_i$  – ширина вертикальної частини подаючого лотка) [71]

Розрахунок траєкторії частинок компонентів зернового матеріалу в зоні сепарації використовується науково-технічними працівниками при обґрунтуванні конструктивних параметрів робочих органів пневмосистем – сепаруючих каналів, осадових і розділових камер, повітропідвідних і відвідних каналів. Найбільш часто застосовується спрощений метод розрахунку, при якому розглядається рух окремої частинки в рівномірному повітряному потоці, направленому паралельно стінок каналу, що призводить до великої похибки визначення траєкторії частинок і до

неправильного вибору параметрів пневмосепаруючого каналу (ПСК) [1].

Для розрахунку поля швидкостей повітряного потоку в ПСК використовуються різні методи. У деяких випадках поле швидкостей наближено описується аналітичними виразами, взятими з теорії турбулентних струменів Ю.В. Сичуговим для розрахунку поля швидкостей повітряного потоку в ПСК застосовано метод кінцевих елементів [74]. В.А. Лазикіним для визначення поля швидкостей в зоні сепарації ПСК використані системи рівнянь, отримані експериментальним шляхом на холостому режимі [71].

В останній час для визначення характеристик повітряного потоку в елементах пневмосистем все частіше використовуються пакети прикладних програм і програмних комплексів [71]. Розрахунок траєкторії частинок з урахуванням нерівномірності поля швидкостей в зоні сепарації на холостому режимі виконується одним з відомих чисельних методів [71] або за допомогою доступного програмного пакета [71].

Однак подібні методи не враховують вплив зернового матеріалу на структуру повітряного потоку і більшість з них – рикошет пружних частинок від стінок каналу. Зазначені недоліки обумовлюють суттєве відхилення розрахункової траєкторії частки зернового матеріалу від фактичної.

Бурков А.І. пропонує удосконалити експериментально-теоретичний метод (ЕТМ) розрахунку траєкторії частинок в ПСК з урахуванням фактичного поля швидкостей повітряного потоку в зоні сепарації при номінальному зерновому навантаженні [63].

На підставі експериментально визначених значень векторів швидкостей ПСК в центрах прямокутників складається математичні вирази (рис 3.3), які описують вертикальні  $V_y$  та горизонтальні  $V_x$  складові цих швидкостей в відповідних перетинах по осях координат.

Далі складається система диференціальних рівнянь (наприклад, другого порядку) руху частинки в ПСК щодо декартової системи координат  $XOy$ :

$$\begin{cases} \ddot{x} = -k_n(\dot{x} - V_x)\sqrt{(\dot{x} - V_x)^2 + (\dot{y} - V_y)^2}; \\ \ddot{y} = -k_n(\dot{y} - V_y)\sqrt{(\dot{x} - V_x)^2 + (\dot{y} - V_y)^2} - g, \end{cases} \quad (3.7)$$

де  $k_n$  – коефіцієнт парусності частинки,  $m^{-1}$ ;

$\dot{x}$  та  $\dot{y}$  – проекції абсолютної швидкості частинки на осі координат,  $m/s$ ;

$V_x$  та  $V_y$  – горизонтальна та вертикальна складові швидкості повітряного потоку,  $m/s$ ;

$g$  – прискорення вільного падіння,  $m/s^2$ .

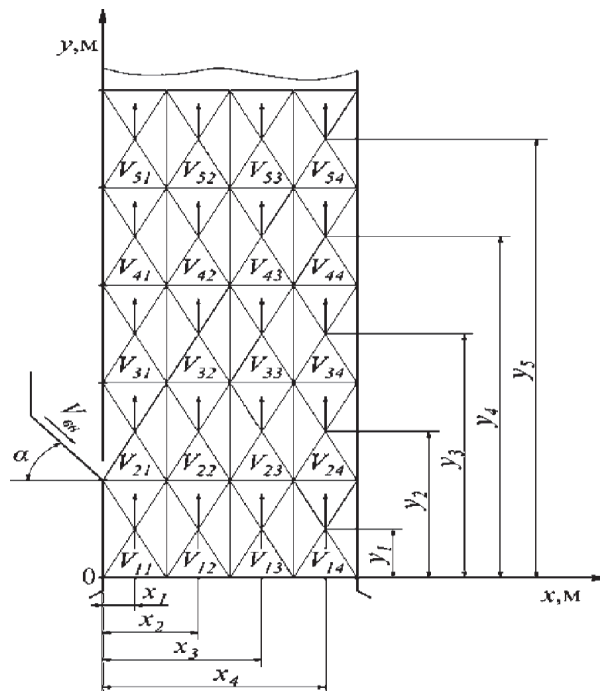


Рисунок 3.3 – Схема розбиття зони сепарації ПСК на 20 прямокутників [63].

Система диференціальних рівнянь (3.7) вирішується одним з відомих чисельних методів, наприклад, методом Рунге-Кутта [63].

Для її вирішення додатково вводяться початкові умови:  $t_0 = 0$ ;  $x_0 = 0$ ;  $y_0 = 0$ ;  $x_0 = V_{BB} \cos \alpha$ ;  $y_0 = V_{BB} \sin \alpha$ . Значення швидкостей  $V_x$  та  $V_y$  повітряного потоку визначаються за допомогою рівнянь, приведені в таблиці. Після рішення систем диференціальних рівнянь будується траєкторія частинки зернового матеріалу.

Після математичної обробки отримані рівняння, що описують зміну швидкостей повітряного потоку в ПСК по вертикалі та горизонталі [63].

В результаті застосування вдосконаленого ЕТМ розрахунку підвищується точність визначення траєкторії частинок зернового матеріалу в ПСК, швидкості і напрямку руху частинок на виході з ПСК, що сприятиме більш точному визначенню конструктивних параметрів елементів пневмосистеми, приєднаних до нього (повітрярозподільник, відвід, осадова, розділова камери, пиловловлювач та ін.).

Особливе місце в системі розподілення повітряного потоку займає його структура.

Але при розподіленні повітряного потоку відбувається його тісний зв'язок взаємодії з основними робочими органами МПО, таким як:

- вентилятори діаметральні, де завдяки роботам, Турбіна Б.Г. [91], Лур'є А.Б. [91], Сичугова М.П. [72-74], Буркова О.І. [63], в області сепарації зерна вони є провідними;
- лоток-інтенсифікатор, дослідженнями якого займалися Кузьмін М.С. [55], Богуславский Н.М. [56], Киреев М.В. [56], Михайлов Є.В. [76];
- циліндричне решето-скальператор, стосовно якого теоретичне обґрунтування проводилось в дослідженнях Летошнєва М.М. [84] Турбіна Б.Г. [91], Терскова, Г.Д. [55], Авдєєва Н.Е. [56], Киреева М.В. [56], Мачихіної Л.И. [56], Аблогіна М.М. [56].

Аналіз теоретичних досліджень по обґрунтуванню параметрів пневмосистем зерноочисних машин дозволяє зробити висновок щодо обґрунтування технологічної схеми машини попереднього очищення олійної сировини соняшнику зі замкненою повітряною

системою, до складу якої входить діаметральний вентилятор, циліндричне решето, лоток-інтенсифікатор, пневмосепаруюча та осадова камери.

Це стосується і обґрунтуванню технологічної схеми пневмогравітаційного сепаратора.

### **3.2. Обґрунтування технологічної схеми пневмогравітаційного сепаратора**

Аналізом відомостей щодо сепарації насіння в повітряних каналах встановлено, що повітря впливає на насіння в основному в момент руху зернової маси від внутрішньої стінки до зовнішньої (у прямокутному каналі). У центральній частині каналу швидкість повітря максимальна, а біля стінок вона зменшується, внаслідок чого розділення насіння погіршується. Крім того, в існуючих [41, 61, 62] пневмоканалах нижня зона повітряного потоку як конструктивний елемент і чинник поділу насінневого матеріалу за аеродинамічними властивостями не використовується. Разом з тим, працездатність нижньої зони потоку, як механізму поділу траєкторій руху насіння, розрізняється швидкістю витання. Доцільність її використання для досягнення додаткового ефекту поділу зернової суміші доведено в багатьох роботах [63-65]. Проте, використання дільників потоку насіння в падаючому шарі в протипотоці з повітрям в циліндричному каналі у вигляді коаксіального розташованих патрубків різного діаметру [59], дозволяє додатково (крім виділення «найлегших» домішок у верхній зоні каналу) розділяти насіння соняшнику на дві фракції, виділяючи найбільш повноцінну. Однак, струменевий спосіб введення потоку насіння в пневмоканал [59], як показали експериментальні дослідження [64, 65-74], обмежує діаметральну зону розділення (всього 10 мм), що знижує можливість такого способу сепарації. Для збільшення величини розділення насіння за швидкістю витання, запропоновано розпушувати струмінь насіння, здійснюючи її гальмування і розподіл насінневого потоку по радіусу за допомогою розподільчого конусного пристрою. При

цьому забезпечується не вертикальне введення матеріалу, а під певним кутом до вертикального повітряного потоку.

### **3.3. Обґрунтування технологічної схеми пневморешітного сепаратора олійної сировини соняшнику зі замкненою повітряною системою**

Зерноочисні машини попередньої обробки зерна і насіння класифікуються за такими ознаками: по мобільності, за ознакою подільності на фракції, по типу вентиляторів, по типу систем повітряного потоку, по типу каналів повітряного потоку, по типу решіт та інші [60]. Додатково, до аналізу технічних засобів зі замкненої повітряною системою приведені найбільш ідентичні технічні рішення на підставі яких прийнято напрямок удосконалення технологічної схеми пневморешітного сепаратора попереднього очищення олійної сировини соняшнику.

Машина попередньої обробки зерна пневмоінерціонного типу в своєму складі має транспортер – стрічку з комірчастою робочою поверхнею, плоскі решета, осьовий вентилятор, канал аспірації та пневмоінерціону камеру. Аналогічна машина пневмоінерційного типу з бічною подачею зерна має відцентровий вентилятор з регулятором структури повітряного потоку, повітряний канал, осадову камеру, камери для основної культури і великих домішок.

Деякі зерноочисні машини [6, 7] із замкнутою повітряною системою мають загальний недолік – відсутність решітної частини для виділення великих домішок, що знижує якість очищення вихідного матеріалу.

Відомий решітний сепаратор [5, 8] містить завантажувальний пристрій, горизонтальне циліндричне решето з зовнішньої робочою поверхнею, пристрій виведення фракції сходу, встановлений спереду циліндричного решета перфорований лоток-інтенсифікатор і повітродозподільний канал з діаметральним вентилятором.

Недоліком цієї моделі є розімкнена пневмосистема, що значно підвищує її енергоємність, та викиди легких домішок, які екологічно небезпечні для працівників.

Запропоновано удосконалення технологічної схеми пневморешітного сепаратора зі замкнутою повітряною системою (рис 3.4), в якому шляхом установки пневмосепаруючої і осадової камер зі складною геометричною поверхнею, з'єднаних всмоктувальним каналом з діаметральним вентилятором, що створює замкнуту повітряну систему, забезпечуються поліпшення процесу виділення легких домішок, зменшення енергоємності пневмосепарації та забрудненості навколишнього середовища[118, 119].

Технологічний процес роботи пневморешітного сепаратора (ПРС) здійснюється наступним чином. Повітряний потік від діаметральної вентилятора 1, привід якого здійснюється через електродвигун 2 постійного струму і ремінну передачу 3, направляється до повітророзподільника 5. Повітряний потік за рахунок важеля управління середньої рухомої стінки 6 розподіляється на жалюзі розподільника повітря 7 і лоток-інтенсифікатор 10. Подача купи надходить з бункера 12 регулюється заслінкою 11. За рахунок зміни положення подовжувача задньої рухомої стінки 9 забезпечується регулювання інтенсивності псевдозрідженого шару зернового вороху на лотку-інтенсифікаторі. Тут здійснюється сегрегація – зерно, як більш важка фракція, опускається в нижній шар, а легкі домішки – в верхній шар.

За рахунок обертання циліндричного решета 13, що має привід від мотор-редуктора 14, одночасно через привід 15 приводиться в обертальний рух щітковий очищувач 16. Зерно прокидається крізь решето і через канал очищеного зернового матеріалу 29 надходить до бункера 30. Великі домішки за рахунок обертання циліндричного решета переміщуються в зону щіткового очисника 16 і через канал великих домішок 26 надходять в бункер великих домішок 27.

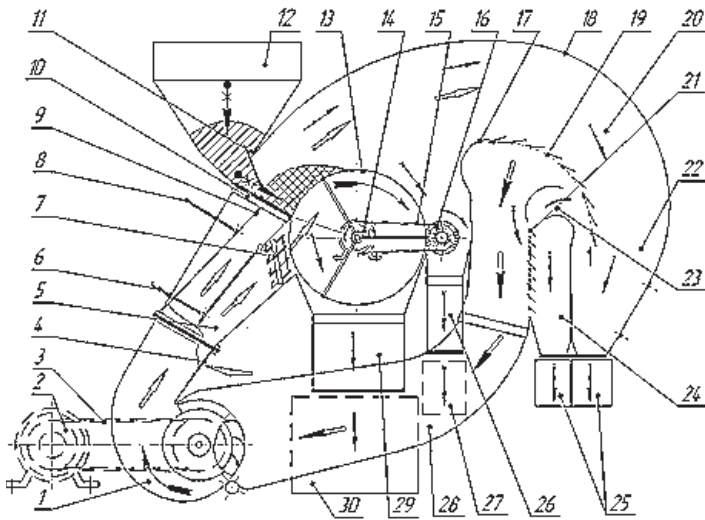


Рисунок 3.4—Схема технологічна пневморешітного сепаратора зерна із замкненою повітряною системою.

1 – вентилятор діаметральний; 2 – електродвигун постійного струму; 3 – привід вентилятора; 4 – жалюзі впуску додаткового повітряного потоку в вентилятор; 5 – повітророзподільник; 6 – важіль управління середньої рухомої стінки; 7 – жалюзі повітророзподільника; 8 – важіль управління задньої рухомої стінки; 9 – подовжувач задньої рухомої стінки; 10 – лоток-інтенсифікатор; 11 – заслінка завантажувального бункера; 12 – бункер; 13 – решето циліндричне; 14 – мотор-редуктор; 15 – привід щіткового очисника; 16 – очищувач щітковий; 17 – відсікач повітряного потоку; 18 – обичайка повітряного каналу осадової камери; 19 – робоча поверхня жалюзі 1-го ступеня очищення; 20 – повітряний канал 1-го ступеня очищення; 21 – поверхня жалюзі 2-го ступеня очищення; 22 – осадова камера 1-го ступеня очищення; 23 – вхідний канал 2-го ступеня очищення; 24 – осадова камера 2-го ступеня очищення; 25 – бункер домішок 1-й і 2-й ступенів осадової камери; 26 – канал і клапан виведення великих домішок; 27 – бункер великих домішок; 28 – всмоктувальний канал вентилятора; 29 – канал і клапан очищеного зернового матеріалу; 30 – бункер очищеного зернового матеріалу.

Повітряний потік регулюється жалюзі 7, пронизує циліндричне решето і частково зерновий ворох.



Повітровідокремленні домішки переміщуються по каналу 20 і потрапляють в зону осадової камери I-го ступеня очищення 22. Під дією відцентрових сил і сил гравітації легкі домішки (пил, дрібні частинки соломи, полови) притискаються до обичайки 18 і по стінці корпусу переміщається в бункер домішок 25. за рахунок розрідження, створюваного під робочою поверхнею жалюзі I-й і II-й ступенів очищення осадової камери, повітряний потік прямує в усмоктувальний канал вентилятора 28. Вирівнювання повітряного потоку в вентиляторі здійснюється за рахунок жалюзі 4. Легкі домішки потрапляють через жалюзі 19 у вхідний канал II-го ступеня очищення 23 і далі в осадочну камеру II-го ступеня очищення, де остаточно осідають в бункері 25. Таким чином, здійснюється замкнутий цикл роботи пневмосепаратора.

Розрахункова питома продуктивність пневморешітного сепаратора може бути в 1,5-2,0 рази вище продуктивності існуючих зерноочисних машин, оснащених циліндричними решетами з горизонтальною віссю обертання і зовнішньої робочою поверхнею.

Пневморешітний сепаратор простий по конструкції, має меншу метало-енергоємність у порівнянні з існуючими машинами попереднього очищення зерна, не має вібруючих і коливаючих елементів конструкції, забезпечить високу технологічну та експлуатаційну надійність, та практично не травмує обробляемий матеріал.

Використання циліндричного решета з горизонтальною віссю обертання і діаметрального вентилятора дозволить за принципом подібності розробляти пневмосепаратори модульного типу продуктивністю 10...50 т/год.

Впровадження у конструкцію сепаратора жалюзійного повітродозподільника з регульованими жалюзі, рухомими середньою та задньою стінками, 2-х ступінчастої осадової камери та зворотного повітряного каналу дозволило обґрунтувати технологічну схему і процес роботи пневморешітного сепаратора із замкнутою повітряною системою.

### **3.4. Теоретичні дослідження параметрів та режимів роботи жалюзійного повітророзподільника**

Насінневий ворох соняшнику, що надходить з бункера комбайну, в більшості випадків має підвищену вологість і містить значну кількість домішок. При рекомендованих строках збирання вологість насіння становить 12 ... 14%, вміст вологи в стеблах – 37 ... 52%, в кошиках – 57 ... 68% [9]. Тому, потрапляючи в бункер з сухим насінням, рослинні залишки звожують їх. Здавати таке насіння на приймальні пункти або маслозаводи недоцільно, що вимагає їх обов'язкового попереднього очищення, сушки, так як в іншому випадку це призводить до самозігрівання, псуванні, розвитку шкідників і хвороб, підвищення кислотності, на усунення чого потрібні значні витрати.

На початковому етапі очистки найбільш часто поділ складових вороха насіння соняшнику відбувається з урахуванням його аеродинамічних властивостей та особисто критичних швидкостей вітання. Високопродуктивні машини попереднього очищення зерна, як правило, [57] використовують принцип поділу частинок в повітряному потоці. Незважаючи на широке використання явища руху матеріальних частинок в сучасних зерноочисних машинах, пов'язаних з сепарацією складових зернового вороху, кількісні закономірності руху тіл з урахуванням опору повітряного середовища і сьогодні потребують досліджень [38].

Попередні дослідження аналога пневмосепаратора у виробничих умовах визначили необхідність вирішення наукової задачі – удосконалення параметрів та режимів роботи повітророзподільника ПРС.

Підвищення ефективності попередньої очистки олійної сировини соняшнику за рахунок теоретичного обґрунтування параметрів та режимів роботи повітророзподільника ПРС.

В основу удосконалення ПРС поставлена задача провести теоретичні дослідження руху сміттєвих часток олійної сировини соняшнику у повітряному потоці сепаратора.

Регульовані задня і середня стінка дозволяють змінювати режим інтенсивності процесу псевдозрідження зернового шару по довжині лотка-інтенсифікатора та в жалюзійному повітророзподільнику 5, за рахунок того, що із загальної кількості жалюзі кожна непарна жалюзі I є нерухомою, а парна рухома II має можливість змінювати кут нахилу  $\alpha$  рухомої жалюзі до нерухомої, а це приводить до можливості змінювати «живій перетин» повітророзподільника, швидкість повітряного потоку і обирати найбільш ефективний режим пневмосепарації при обробці матеріалів з різними аеродинамічними властивостями (рис. 3.5).

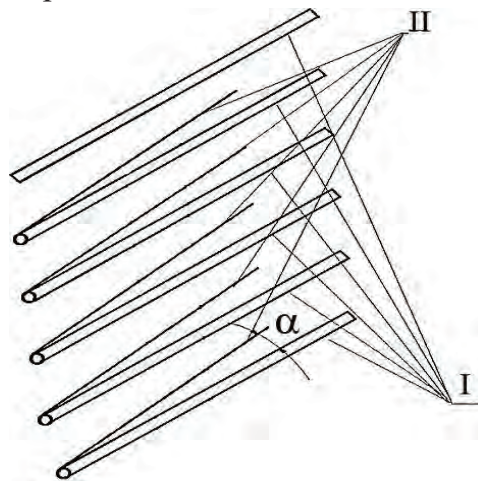


Рисунок 3.5 – Нерухомі та рухомі жалюзі

I – нерухомі жалюзі, II – рухомі жалюзі,  $\alpha$  – кут нахилу рухомої жалюзі до нерухомої

У результаті отриманої апіорної інформації, вивчення літературних джерел можна припустити, що класичний математичний опис розглянутого процесу представляє велику складність через велику кількість, як внутрішніх, так і зовнішніх сил, що діють на зерновий матеріал при різних етапах її проходження по робочому органі [123, 134].

Тому користуючись даними досліджень було виділено 7 параметрів і режимів роботи машини попередньої очистки зерна:

- частота обертання ротору вентилятора,  $\text{об}\cdot\text{хв}^{-1}$ ;

- швидкість повітряного потоку,  $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$ ;
- подача зернового матеріалу,  $\text{кг}\cdot\text{с}^{-1}$ ;
- кут нахилу жалюзійної перегородки щодо горизонталі, град;
- кут нахилу рухомої жалюзі до нерухомої, град;
- коефіцієнт живого перетину жалюзійного повітророзподільника, %;
- кут відхилення стінки рухомої середньої від положення середньої стінки, град.

На підставі попередніх досліджень та апріорного аранжування факторів для проведення теоретичних досліджень та багатофакторного експерименту було визначено 3 фактори:

- кут нахилу рухомої жалюзі до нерухомої, град;
- кут відхилення стінки рухомої середньої від положення середньої стінки, град;
- частота обертання ротору вентилятора,  $\text{об}\cdot\text{хв}^{-1}$ .

Зміна значень 3<sup>х</sup> перелічених факторів впливає на швидкість повітряного потоку пневмосистеми та продуктивність сепаратора.

В основу удосконалення ПРС поставлена задача провести теоретичні дослідження руху складових ОСС у повітряному потоці пневмосепаратора.

Для дослідження руху складової ОСС представимо її у вигляді матеріальної точки (частинки), яка здійснює складний рух (рис. 3.6).

Використовуємо рівняння відносного руху:

$$ma_{\text{вд}} = \sum F_k + F_{\text{пер}}^i + F_{\text{кор}}^i, \quad (3.7)$$

де  $m$  – маса частинки, кг;

$a_{\text{вд}}$  – відносне прискорення;

$\sum F_k$  – сума сил, діючих на частинку;

$F_{\text{пер}}^i$  – переносна сила інерції;

$F_{\text{кор}}^i$  – кориолисова сила інерції.

$$F_{\text{пер}}^i = ma_{\text{вд}}, \quad (3.8)$$

де:  $a_{\text{вд}}$  – переносне прискорення. Швидкість повітряного потоку

постійна, тому  $a_{\text{вд}} = \frac{dV_{\text{пер}}}{dt}$ .

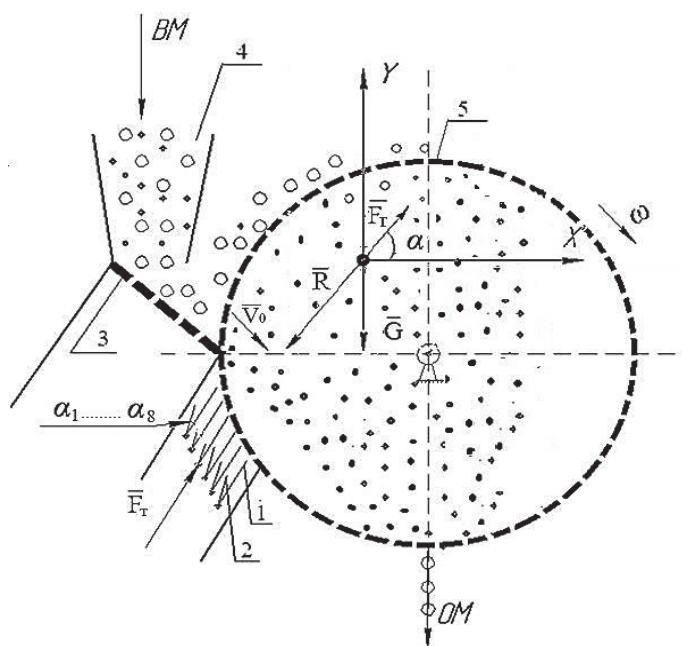


Рисунок 3.6 – Схема розрахунку руху частинки у повітряному потоці

BM – вхідний матеріал,

OM – очищений матеріал.

$\vec{F}_T$  – сила тиску повітря на частинку, Н;

$\vec{R}$  – сила опору частинки повітряному потоку, Н;

$\vec{V}_0$  – швидкість повітряного потоку у початковий момент часу, м/с;

$\vec{G}$  – сила тяжіння, Н;

$\alpha$  – кут нахилу повітряного потоку до горизонталі, град;

$\alpha_1 \dots \alpha_8$  – кути нахилу рухомої жалюзі до нерухомої град.

1 – нерухома жалюзі; 2 – рухома жалюзі; 3 – лоток-інтенсификатор; 4 – бункер; 5 – решето циліндричне.

Виходячи з цього,  $F_{\text{пер}}^i = 0$ .

Визначаємо кориолисову силу інерції:

$$F_{\text{кор}}^i = ma_{\text{кор}}, \quad (3.9)$$

де  $a_{\text{кор}}$  – кориолисове прискорення.

Модуль кориолисова прискорення визначається зі співвідношення:

$$a_{\text{кор}} = 2\vec{V}_{\text{вд}} \cdot \omega \cdot \sin(\widehat{\vec{V}_{\text{вд}}, \vec{\omega}}), \quad (3.10)$$

де  $\vec{V}_{\text{вд}}$  – відносна швидкість;

$\vec{\omega}$  – кутова переносна швидкість,  $\vec{\omega} = 0$ , так як точка в переносному русі рухається поступально, то  $a_{\text{кор}} = 0$  і  $F_{\text{кор}}^i = 0$ .

Виходячи з вище наведених міркувань рівняння приймає вигляд:

$$ma_{\text{вд}} = \sum F_k. \quad (3.11)$$

Знайдемо проекцію рівняння на вісь  $Ox$

$$ma_x^{\text{вд}} = \sum F_{kx}. \quad (3.12)$$

Визначаємо суму проекцій всіх сил на вісь  $Ox$ .

$$\sum F_{kx} = F_T \cdot \cos \alpha - R \cdot \cos \alpha, \quad (3.13)$$

де  $F_T$  – сила тиску повітря на частинку,  $H$ ;

$R$  – сила опору частинки повітряному потоку,  $H$ .

Підставляємо вираз у рівняння:

$$ma_x^{\text{вд}} = (F_T - R) \cdot \cos \alpha. \quad (3.14)$$

В свою чергу  $a_x^{\text{вд}} = \frac{dV_x^{\text{вд}}}{dt}$ , з урахуванням значення  $a_x^{\text{вд}}$  вираз приймає вигляд:

$$m \frac{dV_x^{\text{вд}}}{dt} = (F_T - R) \cdot \cos \alpha . \quad (3.15)$$

Сила тиску повітря на частинку визначається за формулою:

$$F_T = k_n \cdot V_n^2 \cdot m , \quad (3.16)$$

де  $k_n$  – коефіцієнт парусності частинки,  
 $V_n^2$  – швидкість повітряного потоку;  
 $m$  – маса частинки.

Сила опору частинки повітряному потоку визначається за формулою:

$$R = \mu \cdot V_x^{\text{вд}} , \quad (3.17)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт опору частинки повітряному потоку.

$$m \frac{dV_x^{\text{вд}}}{dt} = (k_n \cdot V_n^2 \cdot m - \mu \cdot V_x^{\text{вд}}) \cos \alpha . \quad (3.18)$$

Розділимо ліву та праву частини рівняння на  $m$

$$\frac{dV_x^{\text{вд}}}{dt} = \left( k_n \cdot V_n^2 - \frac{\mu}{m} \cdot V_x^{\text{вд}} \right) \cos \alpha . \quad (3.19)$$

У правій частині рівняння винесемо за дужки  $-\frac{\mu}{m}$ , тоді

$$\frac{dV_x^{\text{вд}}}{dt} = \left( -\frac{\mu}{m} \right) \left( -\frac{k_n \cdot V_n^2 \cdot m}{\mu} + V_x^{\text{вд}} \right) \cos \alpha . \quad (3.20)$$

Введемо позначення:

$$a = -\frac{\mu}{m} \cos \alpha ; \quad b = -\frac{k_n \cdot V_n^2 \cdot m}{\mu} . \quad (3.21)$$

Підставляємо позначення в рівняння:

$$\frac{dV_x^{\text{вд}}}{dt} = a(V_x^{\text{вд}} + b). \quad (3.22)$$

Відокремимо змінні, для чого помножимо ліву та праву частини рівняння на  $dt$  та розділимо на  $(V_x^{\text{вд}} + b)$

$$\frac{dV_x^{\text{вд}}}{V_x^{\text{вд}} + b} = a dt. \quad (3.23)$$

Проінтегруємо ліву і праву частини рівняння

$$\int_{V_0^{\text{вд}}}^{V_x^{\text{вд}}} \frac{dV_x^{\text{вд}}}{V_x^{\text{вд}} + b} = a \int_0^t dt. \quad (3.24)$$

$$\ln|V_x^{\text{вд}} + b| \Big|_{V_0^{\text{вд}}}^{V_x^{\text{вд}}} = at \Big|_0^t \quad (3.25)$$

$$\ln|V_x^{\text{вд}} + b| - \ln|V_{Ox}^{\text{вд}} + b| = at. \quad (3.26)$$

За властивостями логарифмів ліва частину виразу перетвориться до вигляду:

$$\ln \left| \frac{V_x^{\text{вд}} + b}{V_{Ox}^{\text{вд}} + b} \right| = at. \quad (3.27)$$

Потенціюємо вираз (3.27)

$$\frac{V_x^{\text{вд}} + b}{V_{Ox}^{\text{вд}} + b} = e^{at}. \quad (3.28)$$

З виразу визначаємо проекцію відносної швидкості на вісь  $Ox$



$$\begin{aligned} V_x^{\text{вд}} + b &= e^{at} (V_{Ox}^{\text{вд}} + b); \\ V_x^{\text{вд}} &= e^{at} (V_{Ox}^{\text{вд}} + b) - b \end{aligned} \quad (3.29)$$

З урахуванням позначень рівняння приймає вигляд

$$V_x^{\text{вд}} = e^{-\frac{\mu}{m} \cos \alpha} \left( V_{Ox}^{\text{вд}} - \frac{k_{\Pi} \cdot V_{\Pi}^2 \cdot m}{\mu} \right) + \frac{k_{\Pi} \cdot V_{\Pi}^2 \cdot m}{\mu}, \quad (3.30)$$

де  $V_{Ox}^{\text{вд}}$  – проекція на вісь  $Ox$  відносної швидкості у початковий момент часу;

$\mu$  – коефіцієнт опору частинки повітряному потоку;

$\alpha$  – кут нахилу повітряного потоку до горизонталі.

Визначимо проекцію відносної швидкості на вісь  $Oy$ , для чого проектуємо рівняння на вісь  $Oy$ .

$$m a_y^{\text{вд}} = \sum F_{ky}. \quad (3.31)$$

Знаходимо суму проекцій на вісь  $y$ , діючих на частинку сил:

$$\begin{aligned} \sum F_{ky} &= F_T \cdot \sin \alpha - R \sin \alpha - G = k_{\Pi} \cdot V_{\Pi}^2 \cdot m \\ &\cdot \sin \alpha - \mu V_y^{\text{вд}} \cdot \sin \alpha - mg \end{aligned} \quad (3.32)$$

Проекція відносного прискорення на вісь  $Oy$  відповідно дорівнює:

$$a_y^{\text{вд}} = \frac{dV_y^{\text{вд}}}{dt} \quad (3.33)$$

Підставляємо позначення в рівняння:

$$m \frac{dV_y^{\text{вд}}}{dt} = k_{\Pi} \cdot V_{\Pi}^2 \cdot m \cdot \sin \alpha - \mu \cdot V_y^{\text{вд}} \cdot \sin \alpha - gm. \quad (3.34)$$

Розділимо ліву та праву частини рівняння на  $m$ :

$$\frac{dV_y^{\text{вд}}}{dt} = k_{\text{п}} \cdot V_{\text{п}}^2 \cdot \sin \alpha - \frac{\mu}{m} \cdot V_y^{\text{вд}} \cdot \sin \alpha - g. \quad (3.35)$$

Виконаємо алгебраїчні перетворення в правій частині рівняння:

$$\begin{aligned} \frac{dV_y^{\text{вд}}}{dt} &= -\frac{\mu}{m} \left( V_y^{\text{вд}} - \frac{k_{\text{п}} \cdot V_{\text{п}}^2 \cdot m}{\mu} + \frac{g}{\mu \sin \alpha} \right) \sin \alpha; \\ \frac{dV_y^{\text{вд}}}{dt} &= -\frac{\mu}{m} \left[ V_y^{\text{вд}} + \left( \frac{g}{\mu \sin \alpha} - \frac{k_{\text{п}} \cdot V_{\text{п}}^2 \cdot m}{\mu} \right) \right] \sin \alpha. \end{aligned} \quad (3.36)$$

Введемо позначення:

$$\begin{cases} c = -\frac{\mu}{m} \sin \alpha; \\ d = \frac{gm}{\mu \sin \alpha} - \frac{k_{\text{п}} \cdot V_{\text{п}}^2 \cdot m}{\mu}. \end{cases} \quad (3.37)$$

З урахуванням позначень рівняння приймає вигляд:

$$\frac{dV_y^{\text{вд}}}{dt} = c(V_y^{\text{вд}} + d). \quad (3.38)$$

Відокремимо змінні у рівнянні, для чого помножимо ліву та праву частини рівняння на  $dt$  та розділимо на  $(V_y^{\text{вд}} + d)$ , тоді

$$dV_y^{\text{вд}} = c(V_y^{\text{вд}} + d)dt. \quad (3.39)$$

$$\frac{dV_y^{\text{вд}}}{V_y^{\text{вд}} + d} = cdt \quad (3.40)$$

Проінтегруємо ліву та праву частини рівняння:

$$\int_{V_{Oy}^{вд}}^{V_y^{вд}} \frac{dV_y^{вд}}{V_y^{вд} + d} = c \int_0^t dt. \quad (3.41)$$

$$\ln \left| V_y^{вд} + d \right| \Big|_{V_{Oy}^{вд}}^{V_y^{вд}} = ct \Big|_0^t. \quad (3.42)$$

Підставляємо межі інтегрування:

$$\ln \left| V_y^{вд} + d \right| - \ln \left| V_{Oy}^{вд} + d \right| = ct. \quad (3.43)$$

Згідно з властивостями логарифмів маємо:

$$\ln \left| \frac{V_y^{вд} + d}{V_{Oy}^{вд} + d} \right| = ct. \quad (3.44)$$

Потенціюємо вираз:

$$\frac{V_y^{вд} + d}{V_{Oy}^{вд} + d} = e^{ct}. \quad (3.45)$$

$$V_y^{вд} + d = e^{ct} (V_{Oy}^{вд} + d).$$

$$V_y^{вд} = e^{ct} (V_{Oy}^{вд} + d) - d. \quad (3.46)$$

Підставляємо позначення в рівняння:

$$V_y^{вд} = e^{-\frac{\mu}{m} \sin \alpha} \left( V_{Oy}^{вд} + \frac{gm}{\mu \sin \alpha} - \frac{k_{\Pi} V_{\Pi}^2 m}{\mu} \right) - \frac{gm}{\mu \sin \alpha} - \frac{k_{\Pi} V_{\Pi}^2 m}{\mu}. \quad (3.47)$$

де  $V_y^{вд}$  – проекція відносної швидкості на вісь  $Oy$  у початковий момент часу.

Остаточно відносна швидкість частинки визначиться:

$$\begin{aligned}
V_{\text{вд}} &= \sqrt{(V_x^{\text{вд}})^2 + (V_y^{\text{вд}})^2} = \\
&= \left\{ \left[ e^{-\frac{\mu}{m} \cos \alpha} \left( V_{Ox}^{\text{вд}} - \frac{k_{\text{п}} \cdot V_{\text{п}}^2 m}{\mu} \right) + \frac{k_{\text{п}} \cdot V_{\text{п}}^2 m}{\mu} \right]^2 + \right. \\
&\quad \left. + \left[ e^{-\frac{\mu}{m} \sin \alpha} \left( V_{Oy}^{\text{вд}} + \frac{gm}{\mu \sin \alpha} - \frac{k_{\text{п}} V_{\text{п}}^2 m}{\mu} \right) - \frac{gm}{\mu \sin \alpha} - \frac{k_{\text{п}} V_{\text{п}}^2 m}{\mu} \right]^2 \right\}^{\frac{1}{2}}.
\end{aligned} \tag{3.48}$$

На основі виконаних розрахунків вперше отримана математична модель руху частинки у повітряному потоці ПРС у залежності від швидкості повітря та аеродинамічних властивостей частинки олійної сировини соняшнику, що дає можливість проаналізувати робочий процес жалюзійного повітря розподільника і сприяє зниженню енерговитрат на сепарування у повітряному потоці.

**РОЗДІЛ 4.**  
**МЕТОДИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ**  
**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ**  
**(METHODICAL SUBSTANTIATION OF EXPERIMENTAL**  
**DEVICES RESEARCH)**

**4.1. Методика встановлення параметрів та режимів роботи пневмогравітаційного сепаратора**

**4.1.1. Конструкція натурної моделі пневмогравітаційного сепаратора**

Для проведення досліджень, нами була сконструйована експериментальна установка запропонованого пневмогравітаційного сепаратора насіння соняшника (рис. 4.1) [135-139].

Експериментальна установка була виготовлена з металевого профілю квадратного перерізу та кутників.

Рама установки є несучою та складається із трьох частин:

- лівої частини рами 7;
- верхньої частини рами 8;
- нижньої частини рами 9.

Усі частини несучої рами 7, 8 та 9 з'єднані між собою шпильками з різьбою М8, на які накручені гайки.

Розглянемо більш детально конструкцію сепаратора.

Основою силової частини сепаратора є осьовий вентилятор ВКОМ-315, що має наступну технічну характеристику:

- потужність приводу – 110 Вт.
- частота обертання – 1300 хв<sup>-1</sup>.
- подача повітря – 1700 м<sup>3</sup>.
- діаметр труби вентилятора – 315 мм.

Вентилятор 4 закріплений на лівій частині рами 7 за допомогою чотирьох болтів М8, отвори для яких просвердлені з різних боків у місці контакту труби з рамою, як показано на рисунку 4.2

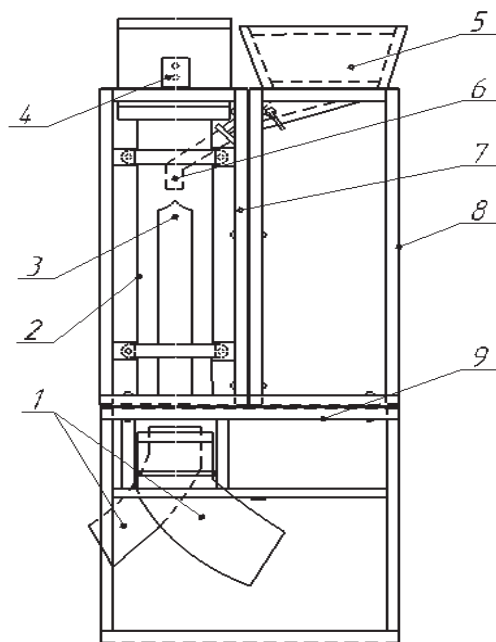


Рисунок 4.1 – Схема експериментального пневмогравітаційного сепаратора насіння

1– два розподільника; 2 – аспіраційний канал; 3 – подільник; 4 – вентилятор; 5 – бункер; 6 – патрубок постачання; 7 – ліва частина рами; 8 – верхня частина рами; 9 – нижня частина рами.

Усередині вентилятора 4 встановлено вертикальний аспіраційний канал 2, який має довжину 0,8 м, та виконаний із пластикової труби 6 внутрішнім діаметром 200 мм.

Щілину, що утворюється між внутрішньою стороною осьового вентилятору та зовнішньою поверхнею частини пластикової труби аспіраційного каналу 2, ущільнено за допомогою поліуретанового ущільнювача.

В нижній частині рами аспіраційного каналу 2 пластикова труба 6 аспіраційного каналу закріплена хомутом, який з'єднується із рамою болтами М8.

У правій частині до лівої частини рами 7 за допомогою шпильок М8 закріплюється верхня частина рами 8, а ці обидві рами з'єднуються відповідно з нижньою частиною сепаратора 9 також за допомогою шпильок М8.

Попід нижньою частиною аспіраційного каналу 2 встановлено поділювач продуктів поділу 1, який може бути виготовлений на дві або три фракції.

Конструктивно розподілювачі насіння по фракціях виконані у вигляді колін, аналогічних колінам повітропроводів, які використовуються у промисловій вентиляції і мають кут повороту  $90^\circ$ .

Розподілювачі фракції встановлені один відносно одного на кут  $90^\circ$ , тобто повернуті, та за рахунок виготовлення отворів проходять один крізь одного, при цьому вони утворюють з боку нижнього кінця аспіраційного каналу центральний отвір малого діаметру – місце відбору насіння до фракції I, а також один чи два циліндричні отвори для відбору інших фракцій (II та III).

Для введення насіння в зону сепарації в центрі по перерізу верхньої частини вертикального аспіраційного каналу 2 діаметром 200 мм встановлено постачаючий патрубок 6, який являє собою конструкцію з пластикової труби діаметром 50 мм, причому встановленої з нахилом в бік ковзання насіння з живильника бункеру 5 до місця введення – верхньої частини вертикального аспіраційного каналу 2.



Рисунок 4.2 – Загальний вид експериментальної установки

Сам живильник бункера має регулятор продуктивності постачання насіння – регульовану заслінку, встановлену в місці звуження падаючої частини бункера.

Регулювання необхідної продуктивності вентилятора проводиться шляхом зміни перерізу його вихідного отвору у необхідних межах. При цьому продуктивність вентилятора може бути змінена від 0 до 1700 м<sup>3</sup>.

Працює розроблена конструкція аеродинамічного сепаратора наступним чином: насіння з бункера 5 через живильник із регульовальною заслінкою постачається через патрубок 6 до кутника 3, що розташований по центру перерізу верхньої частини вертикального аспіраційного каналу 2.

У верхній частині цього вертикального аспіраційного каналу встановлений осьовий вентилятор ВКОМ-315, а щілина між трубою вентилятора Ø315 мм та Ø200 мм заповнена ущільнювачем.

Загальний вид експериментальної установки показано на рисунку 4.2

При роботі вентилятора 4 потік повітря просмоктується у напрямку знизу нагору, з нижнього кінця вертикального аспіраційного каналу 2.

Таким чином, всередині аспіраційного каналу 2 утворюється вертикальний повітряний потік, який направлений назустріч сепарованим частинкам, що вкидаються рівно посередині перерізу верхньої частини каналу 2 з труби-кутника 9.

Насіння має неідеальну форму, в результаті чого при падінні у вертикальний потік розщеплюється вертикальна траєкторія падаючих насінин і вони розсіваються в залежності від питомої ваги.

Легке насіння практично не змінює своєї траєкторії руху, тому падає у вертикальному напрямку практично в місці випадання, в результаті чого воно потрапляє в бункер фракції I. Питомо-важке насіння розганяється розподільником в поперечному напрямку до більш високих швидкостей і розщеплюється значно більше, в результаті чого воно потрапляє в периферійні збірники фракції II.



#### **4.1.2. Методика дослідження раціональної величини швидкості повітряного потоку у аспіраційному каналі**

Величина швидкості повітряного потоку всередині вертикального аспіраційного каналу має значний вплив на якість відбору насіння по фракціям при сепарації.

Так, при недостатній величині швидкості повітряного потоку насіння буде недостатньо розщеплено у своїй траєкторії, тому все насіння буде збиратись до бункеру фракції I для пито-легкого насіння.

Навпаки, якщо швидкість повітряного потоку буде зовеликою, то все насіння буде всмоктано наверх вентилятором, і сепарація буде неякісною.

Отже, при роботі сепаратора має бути встановлено саме раціональну швидкість повітряного потоку усередині вертикального каналу.

У ході теоретичних досліджень було визначено величину раціональної швидкості – 4,5-5,5 м/с. Дослідження характеристик повітряного потоку проводили за допомогою: трубки Піто-Прандтля, мікроманометру рідинного компенсаційного з мікрометричним гвинтом типу МКВ-250 та анемометру АРІ-49 (рис. 4.3) [135].



Рисунок 4.3 – Вимірювання характеристик повітряного потоку трубкою Піто-Прандтля з мікрометром МКВ-250

По лінійці та лімбу мікроманометра МКВ-250 визначають висоту стовпа рідини, який врівноважується розрядженим тиском. Зробивши відлік за двома шкалами фіксують результат. Потім шлангу приєднуємо до виходу трубки Піто-Прандтля, де вимірюється статичний тиск і повторюємо дослід.

Експериментальні дослідження раціональної величини швидкості повітряного потоку у аспіраційному каналі проводили у наступній послідовності:

1. За допомогою трубки Піто-Прандтля визначається критична швидкість повітряного потоку всередині аспіраційного каналу сепаратора, за умови вилучення або зависання всередині каналу найбільш пито-легкої з сепаруємих насінин.

Потрібна швидкість повітряного потоку задається за допомогою зміни частоти обертання валу двигуна осьового вентилятора регулятором потужності фірми «Вентс» (рис. 4.4). із діапазоном зміни напруги від 10 до 300 В.



Рисунок 4.4 – Загальний вид регулятора швидкості повітряного потоку

2. Швидкість повітряного потоку в аспіраційному вертикальному каналі сепаратора зменшується до нуля вимкненням вентилятора.

3. Встановлюється по під нижнім кінцем аспіраційного каналу вентилятора на відстані встановлення бункерів-поділювачів фракцій (близько 10 см) горизонтальна поверхня, виконана з ДСП, яка за своїми розмірами (ширина та довжина або радіус) перевищує діаметр аспіраційного каналу не менше ніж на 20%, тобто не менша за 300 мм.

4. На плиті із ДСП розмічається центр аспіраційного каналу та радіуси у межах від 10 мм до 300 мм, через кожні 10 мм.

5. Площина плити з ДСП змащується зверху тонким шаром (0,5-1 мм) світлої консистентної рідини Літол-24 по всій поверхні.

6. Проводиться серія досліджень, з трикратною повторністю випробувань, у ході яких проводиться вкидання точно по центру 10 насінин різної питомої ваги, та за допомогою штангенциркуля та розмічених кіл, визначаються радіуси рознесення кожної із насінин.

7. Повторюється серія досліджень по п. 6, при зміні величини повітряного потоку від 0 до 150% критичної швидкості через кожні 10%.

За результатами, отриманих в ході експериментальних досліджень даних, будується графік залежності радіусу рознесення 10 насінин різної питомої ваги у залежності від швидкості повітряного потоку в аспіраційному каналі сепаратора.

Проведені дослідження дозволяють за максимальною різницею у радіусах рознесення між насінням із малою та великою питомою вагою, зробити висновки щодо раціональної величини швидкості повітряного потоку в аспіраційному вертикальному каналі запропонованого сепаратора, а також щодо достатності потужності повітряного потоку встановленого на сепараторі вентилятора для забезпечення якісного сепарування в залежності від питомої ваги насіння.

#### **4.1.3. Методика дослідження раціональної довжини вертикального аспіраційного каналу**

Довжина вертикального аспіраційного каналу сепаратора також досить суттєво впливає на якість відбору насіння по фракціях при сепарації.

Так, при недостатній довжині аспіраційного каналу сепаратора, насіння буде недостатньо розщеплено у свої траєкторії, тому все потрапить у ході сепарування до бункеру фракції I, що призначена тільки для питомо-легкого насіння.

Навпаки, якщо довжина вертикального аспіраційного каналу сепаратора буде завеликою, необхідно буде витратити енергію на

постачання насіння на значну висоту сепаратора, яка визначається геометричною довжиною аспіраційного каналу сепаратора з додаванням висоти бункеру.

Окрім цього, можливий випадок повторного вертання насіння при обертанні в процесі розщеплення від стінки до центру аспіраційного каналу, що також може негативно впливати на загальну якість сепарування насіння за питомою вагою.

Отже, сепаратор мусить мати вертикальний аспіраційний канал раціональної довжини.

У ході теоретичних досліджень було визначено величину раціональної довжини вертикального аспіраційного каналу сепаратора, тому в ході експериментальних досліджень проводилася її перевірка.

Експериментальні дослідження перевірки величини раціональної довжини вертикального аспіраційного каналу сепаратора проводилися за наступною методикою.

1. За допомогою трубки Піто-Прандтля встановлюється раціональна величина швидкості повітряного потоку всередині вертикального аспіраційного каналу.

2. Встановлюється висота постачання насінин – 10 см, тобто на перерізі нижнього кінця вертикального аспіраційного каналу сепаратора.

3. Попід нижнім кінцем аспіраційного каналу вентилятора на відстані 10см встановлюється горизонтальна поверхня з ДСП, діаметр якої не менша за 300 мм.

4. На плиті розмічається центр аспіраційного каналу та радіуси з 10 мм до 300 мм (через 10 мм), та площа плити зверху по всій поверхні змащується тонким шаром (0,5-1 мм) світлої консистентної рідини Літол-24.

5. Проводиться серія досліджень, у ході яких вкидання 10 насінин різної питомої ваги проводиться точно по центру, та за допомогою штангенциркуля та розкреслених кіл визначаються радіуси рознесення кожної з насінин.

6. Повторюється п. 5, а саме: висоту вкидання насіння по

відношенню до нижнього кінця вертикального аспіраційного каналу сепаратора слід змінювати у межах від 0 мм (10 см від площини бункерів поділювачів) та до 1,0 м через кожні 10 мм (максимальна довжина вертикального каналу сепаратора).

За результатами отриманих у ході експериментів даними будуємо графік залежності радіусу рознесення 10 насінин різної питомої ваги при раціональній швидкості повітряного потоку в вертикальному аспіраційному каналі сепаратора в залежності від довжини (відстані вкидання насінин) аспіраційного каналу сепаратора.

За максимальною різницею у радіусах рознесення між насінням із малою та великою питомою масами робимо висновок щодо раціональної довжини аспіраційного вертикального каналу.

Проаналізувавши отриманий графік та враховуючи конструктивні міркування, визначається раціональна довжина вертикального каналу запропонованого сепаратора.

#### **4.1.4. Методика дослідження раціонального діаметру аспіраційного каналу**

Діаметр вертикального аспіраційного каналу сепаратора має великий вплив на енергетичні та якісні показники, що отримуються при роботі установки. Якщо діаметр вертикального аспіраційного каналу буде малим, у результаті дії повітряного потоку на насіння, що падає у вільному падінні назустріч всмоктуваному повітрю, розщеплення траєкторії падаючих насінин буде обмежено бічними внутрішніми стінками цього каналу, а чіткість відбору насіння за питомою вагою буде погіршуватися. Окрім цього, недостатній діаметр вертикального аспіраційного каналу не дозволить встановити в його середину пристрій для постачання насіння – патрубок необхідного діаметру. З іншого боку, занадто великий діаметр вертикального аспіраційного каналу призведе до великих енерговитрат на створення повітряного потоку великої продуктивності.

Тому в ході експериментальних досліджень раціональна величина діаметра вертикального аспіраційного каналу визначалася наступним чином.

1. Встановлювався пристрій для фіксації та подачі насіння точно в центрі перерізу верхньої частини вертикального аспіраційного каналу сепаратору. Конструктивно пристрій для фіксації та подачі насіння виготовлений у вигляді електромагнітного реле типу РЕС-6 із знятим корпусом, позаду якого на шпильку для кріплення з різьбою М3 накручена скоба для затискання та металева смуга для фіксації всього пристрою в просторі.

2. Попід нижнім кінцем вертикального аспіраційного каналу на відстані 10 см встановлення бункерів подільовачів розташовувалась мішень для реєстрації місця приземлення насіння, виконана з ДСП у вигляді шматка прямокутної форми розмірами 300 x 300 мм, товщиною 20 мм.

На поверхні цієї мішені для приземлення насіння тонким шаром (0,5-1 мм) рівномірно нанесена консистентна рідина для змащування типу "Літол - 24".

3. Далі здійснюється подача 10 насінин різної власної питомої ваги та за результатами їх приземлення на мішень визначаються та окреслюються радіуси рознесення насіння у залежності від їх питомої ваги.

4. Після необхідної повторності вкидання кожної з 10 піддослідних насінин вимірюється найменша отримана відстань від насінини до найближчої стінки вертикального аспіраційного каналу сепаратора та визначається середнє значення.

5. Аналіз результатів серії проведених досліджень дає можливість встановити залежність відстані до найближчої бічної стінки аспіраційного вертикального каналу від відстані зміщення точки вкидання насіння у верхній частині вертикального аспіраційного каналу сепаратора та побудувати графік цієї залежності.

6. Це дозволяє зробити висновок щодо максимальної відстані постачання насіння у верхній частині аспіраційного вертикального каналу сепаратора, при якому не відбувається зіткнення насіння з малою питомою вагою з бічними стінками вертикального каналу та визначити раціональну величину діаметра запропонованого сепаратора.

#### **4.1.5. Методика дослідження раціонального діаметра патрубку постачання насіння в середині вертикального аспіраційного каналу**

Величина діаметру патрубка, що постачає насіння в верхню частину вертикального аспіраційного каналу сепаратора, має великий вплив як на якість сепарування насіння за питомою вагою, так і на загальну продуктивність роботи розробленого сепаратора. Якщо величина діаметра патрубка постачання насіння всередині вертикального аспіраційного каналу сепаратора буде замалою, то ми отримаємо малу продуктивність сепаратора, що призведе до погіршення його економічних показників. З іншого боку, занадто велика величина діаметра патрубка постачання насіння призведе до міграції насіння по сусідніх фракціях, яка отримується в результаті їх попереднього положення у просторі.

Таким чином, у результаті міграції насіння між сусідніми фракціями, буде відбуватися збільшення середньої ваги насіння у бункері насінневої фракції I та, відповідно, зменшення середньої питомої ваги у бункері фракції II за рахунок перерозподілу насіння попаде в невідповідні фракції в ході міграційного процесу. Отже, у ході експериментальних досліджень необхідно визначити раціональне значення діаметра патрубка постачання насіння.

Для цього проведено дослідження в наступній послідовності.

1. У вертикальному аспіраційному каналі встановлюється раціональна величина швидкості повітряного потоку, яка була визначена у ході попередніх досліджень.

2. Розташовується пристрій для фіксації та введення насіння на відстані від нижнього кінця вертикального аспіраційного каналу,

яка відповідає раціональній величині довжини каналу, що була визначена у попередніх дослідженнях.

3. Попід нижнім кінцем вертикального аспіраційного каналу на відстані встановлення поділювачів фракцій (10 см) встановлюється мішень для фіксації положення насіння при випаданні з цього каналу в процесі сепарації. Мішень виготовляється з ДСП або дошки товщиною 20-40 мм, з розмірами 300x300 мм або більше. На поверхню мішені наноситься тонким шаром у 0,5-1,0 мм в'язка рідина – рідина для змащування типу "Літол - 24".

4. По центру перерізу вертикального аспіраційного каналу сепаратора у його верхній частині виставляється пристрій для фіксації та постачання насінин, після чого проводяться дослідження відстані радіусу рознесення 10 насінин різної питомої ваги. Кожен дослід проводиться з необхідною повторністю та вираховується середнє значення досліджуваної відстані.

5. За результатами досліджень будується графік залежності відстані рознесення насіння (радіусу рознесення) від питомої ваги.

6. Користуючись графіком, отриманим при реалізації п. 5, визначається радіус відбору насіння до насінневої фракції І (питомо-легкого насіння) за максимальними агрономічними вимогами до насінневого матеріалу. Для насіння соняшника це становить 100 г для 1000 шт. насінин (межі – 80-100 г).

7. За отриманими (при реалізації п. 6 методики) радіусами відбору, які відповідають середній масі 1000 шт. насінин за агрономічними вимогами, відбираються такі, що не придатні до сівби, тобто виключається з потрапляння у фракцію І насіння із масою 1000 шт. – 50 г, для соняшника (при межах 80-100 г). Циліндричний патрубок, що забезпечує відбір насіння в ході сепарування із масою 1000 насінин 90 г (тобто, середньої маси за агрономічними вимогами) виготовляється з оцинкованої сталі товщиною 0,55 мм висотою 10 см. Отриманий циліндричний патрубок кріпиться за допомогою саморізів та кутників на мішені. Після цього отримана мішень для відбору насіння до



фракції I закріплюється на відстані 20 см від нижнього кінця аспіраційного вертикального каналу сепаратора, тобто циліндричний імітатор горловини фракції I із оцинкованої сталі розташовується точно в місці майбутнього штатного розташування приймача продуктів поділу фракції насінневого матеріалу I – 10 см.

8. Для фракції II виготовлено циліндричний патрубок із оцинкованої сталі товщиною 0,55 мм та висотою 10 см із зовнішнім діаметром 200 мм.

Патрубок відбору насіння до фракції II закріплюється концентрично навкруги циліндру фракції I на тій же мішені для відбору насіння із деревини, що і в п.3.

9. Змінюючи в ході випробувань із трикратною повторністю відстань постачання насіння проводиться сепарація піддослідних насінин різної питомої ваги, які являють сепаровану фракцію насіння – від найбільш пито-важких до найбільш пито-легких насінин.

У ході проведення досліджень записуються результати перерозподілу сепарованих насінин по бункерах фракції I та II.

10. За результатами експериментів п. 9 побудовано графік залежності перерозподілу насіння по фракціям I та II від відстані постачання насіння в верхній частині вертикального аспіраційного каналу сепаратору, що дорівнює відповідному діаметру патрубку постачання насіння.

Результати отриманих графічних залежностей дають можливість зробити висновок про раціональну величину діаметра патрубку постачання насіння у верхній частині вертикального аспіраційного каналу запропонованого сепаратору.

#### **4.1.6. Методика дослідження впливу геометричного положення насіння у просторі на загальну якість поділу насіння**

Геометричне положення насіння у просторі при потраплянні у верхню частину вертикального аспіраційного каналу установки може впливати на якість поділу насіння за питомою вагою.

Так, при неправильному положенні насіння у просторі, насіння соняшника, що має подовжену форму, може деякий час летіти всередині вертикального аспіраційного каналу сепаратора у повітряному потоці без розщеплення вертикальної траєкторії.

Цей час, що насінина летить без розщеплення її вертикальної траєкторії, витрачається на повертання насінини у просторі в положення найменшого аеродинамічного опору по відношенню до повітряного потоку, що просмоктується встановленим у верхній частині аспіраційного каналу вентилятором осьового типу.

Таким чином, залежно від геометричного положення насінин у просторі, при випаданні його із патрубку постачання, розташованого в верхній частині вертикального аспіраційного каналу сепаратора, насіння в результаті може змінити величину підсумкового рознесення та потрапити не у відповідну до її питомої ваги фракцію.

Тобто, для визначення можливої максимальної та середньої величини зміни радіусу рознесення насінин залежно від їх геометричного положення у просторі, необхідно провести дослідження за наступною методикою.

1. Всередині аспіраційного вертикального каналу сепаратора встановлювалася раціональна величина швидкості повітряного потоку.

2. В верхній частині вертикального аспіраційного каналу точно по середині встановлюється пристрій для фіксації та постачання насінин на відстані 70 см від нижнього кінця вертикального аспіраційного каналу установки, що відповідає раціональній величині довжини цього каналу.

3. Попід нижнім кінцем аспіраційного вертикального каналу сепаратора встановлюється на відстані розташування поділювачів фракції I та II (10см) мішень, яка виконана у вигляді квадрату з деревини або ДСП товщиною 22-40 мм із зовнішніми розмірами 300 x 300 мм.

Верхня зовнішня поверхня цієї мішені вкривається тонким шаром (0,5-1,0 мм) рідини для змащування типу "Літол - 24".

4. Узявши 10 піддослідних насінин різної питомої ваги, що представляють сепаровану фракцію насіння, встановлюють їх із трикратною повторністю під кутом  $90^\circ$  до швидкості повітряного потоку.

5. Проводиться вимірювання відстані рознесення 10 піддослідних насінин, при їх попередньому положенні розташування у  $0^\circ$ ,  $90^\circ$  та розташуванні довшою віссю, яка повернута на  $180^\circ$  відносно положення найменшого аеродинамічного опору по відношенню до швидкості повітря, яке усмоктується встановленим в верхній частині аспіраційного вертикального каналу сепаратора осьовим вентилятором.

6. За результатами експериментальних досліджень, що реалізовані у п.4 та п.5, будуються графіки залежності радіусів рознесення 10 насінин різної питомої ваги, від попереднього геометричного положення в просторі при  $0^\circ$ ,  $90^\circ$  та  $180^\circ$  їх орієнтації.

За отриманими графічними залежностями зроблено висновки щодо впливу попереднього геометричного положення насіння в просторі на якість сепарування, а саме, на зміну радіусу рознесення насіння.

#### **4.1.7. Методика дослідження раціонального діаметра розподільника фракції для відбору легкого насіння**

Величина діаметра бункера фракцій поділу має великий вплив на середню питому вагу відібраного при сепарації насіння.

Тому діаметр поділювача, який забезпечує відбір насіння до бункера фракції I, повинен бути встановлений у раціональне значення, що забезпечуватиме відбір до фракції I пито-легкого насіння, яке має низьку енергію проростання та схожість.

Якщо діаметр відбору насіння до фракції I буде занадто великим, то до фракції I потрапить дуже багато насіння з великою власною питомою вагою, що в результаті призведе до зменшення середньої маси насіння у бункері фракції II, тобто буде отримане насіння, що не відповідає агрономічним вимогам.

Таким чином, у ході експериментальних досліджень необхідно визначити залежність середньої маси 1000 насінин, що отримуються в ході сепарації у бункері фракції I, від діаметру бункера фракції при раціональній довжині вертикального каналу.

Серія досліджень проводилася за наступною методикою:

1. Встановлювалася раціональна відстань постачання насіння у вертикальний аспіраційний канал, яка відповідає раціональній довжині (п. 4.1.3), шляхом встановлення пристрою для введення насіння – труби раціонального діаметру, який був визначений в ході попередніх експериментальних досліджень (п. 4.1.5).

У середині аспіраційного вертикального каналу сепаратора необхідно встановити раціональну величину швидкості повітряного потоку, яка визначена в ході реалізації п. 4.1.2 методики.

2. З сепаруємої фракції шляхом рівномірного ділення 1 кг насіння відбиралося 200 г навіски для проведення випробувань.

3. Попід нижнім кінцем вертикального аспіраційного каналу розташовувався експериментальний приймач продуктів поділу, виконаний у вигляді дошки чи шматка ДСП, із зовнішніми розмірами 300 x 300 мм, розташований в центрі перерізу вертикального аспіраційного каналу на відстані 10 см від його нижнього кінця.

4. Симетрично до центру перерізу вертикального аспіраційного каналу сепаратора у ході досліджень закріплені циліндричні імітатори бункеру фракції I.

Ці імітатори поділювачів фракції I виконані з оцинкованої сталі товщиною 0,55 мм розмірами від 40 мм до 200 мм (що дорівнює діаметру пластикової труби вертикального каналу сепаратора) з кроком 10 мм між сусідніми розмірами.

Від центру експериментального приймача продуктів поділу розмічені кола діаметрами від 40 мм до 200 мм, з кроком 10 мм між сусідніми колами.

На кожному з кіл за допомогою кутників, гвинтів та саморізів закріплені відповідні циліндричні імітатори фракцій поділу.

5. Проводяться дослідження із необхідною повторністю, в ході яких вимірюється середня маса 1000 насінин, що отримуються при сепаруванні у бункері фракцій I та II.

Для визначення маси 1000 насінин необхідно після кожного з сепарувань звішувати по 200 шт насінин з трикратною повторністю.

За даними, отриманими в ході експериментальних досліджень будуються графіки залежності середньої ваги насіння, що отримані у фракціях I та II від діаметру відбору до фракції I.

Результати проведених досліджень дозволяють зробити висновки щодо раціонального діаметру циліндричного відбирача бункеру фракції I.

#### **4.1.8. Методика дослідження раціональної продуктивності роботи пневмогравітаційного сепаратора насіння**

Продуктивність сепаратора має велике значення для отримання високих економічних показників роботи установки для сепарування насіння, оскільки, при недостатній продуктивності сепаратора за рахунок недостатнього постачання насіння в сепаратор, ефективність його роботи буде зменшена.

З іншого боку, при перебільшенні норми постачання насіння в сепаратор при його роботі буде зменшена якість насіннєвого матеріалу внаслідок потрапляння неякісного пито-легкого насіння з фракції I у насіннєву фракцію для пито-важкого насіння II.

Окрім того, частина високоякісного насіння з сепаруємої фракції в результаті перевантаження пропускної здатності сепаратора в результаті міграції із фракції II буде перенесена до фракції I, тобто буде втрачена.

Таким чином, продуктивність запропонованого сепаратора має бути встановлена у раціональне значення.

Для визначення раціональної продуктивності сепаратора експериментальні дослідження проводилися за наступною методикою.

1. У верхній частині вертикального аспіраційного каналу точно посередині встановлювався штатний пристрій для постачання насіння, виконаний у вигляді пластикової труби раціонального діаметру.

2. У середині аспіраційного вертикального каналу сепаратора встановлювалася раціональна величина швидкості повітряного потоку.

Штатний патрубок встановлювався на відстані від нижнього кінця вертикального аспіраційного каналу установки, яка відповідає раціональній величині довжини цього каналу.

3. Попід нижнім кінцем аспіраційного вертикального каналу сепаратора встановлювався імітатор бункеру фракції I, виконаний у вигляді мішені на відстані розташування поділювачів фракції I – 10 см.

Сама мішень виконана у вигляді квадрату з деревини (або ДСП) товщиною 22-40 мм із зовнішніми розмірами 300 x 300 мм, на яку симетрично до центральної вертикальної вісі аспіраційного каналу зверху прикручено циліндричну поверхню, імітуючи приймач продуктів поділу фракції I із раціональним діаметром.

4. Проводилися трикратні дослідження, в ході яких вимірювалася середня маса 1000 насіння, що отримуються при сепаруванні у бункері фракцій I та II, при змінюванні продуктивності постачання насіння від мінімально можливої до максимально можливої, що здатен пропустити патрубок постачання насіння (до 100-120 кг/год.).

Для визначення маси 1000 насіння після кожного із сепарувань зважувалися 200 шт. насіння із трикратною повторністю.

Продуктивність регулювалася зміною діаметру отвору випадання насіння у нижній частині бункера за допомогою заслінки, і підраховувалася шляхом вимірювання часу сепарування навіски насіння з 10 кг.

5. За даними, отриманими в ході експериментальних досліджень побудовано графіки залежності середньої маси насіння, що отримуються у фракції I, від продуктивності сепаратора

6. Аналіз цих залежностей дає можливість зробити висновки щодо раціональної продуктивності сепаратора.

Розробивши методику дослідження, ми робимо наступні висновки: запропонована методика дозволяє встановити закономірності процесу сепарування насіння соняшника та знайти оптимальне значення параметрів запропонованого сепаратора.

## **4.2. Методика встановлення параметрів і режимів роботи жалюзійного повітророзподільника пневморешітного сепаратора**

### **4.2.1. Конструкція лабораторно-виробничого стенду**

Для дослідження технологічного процесу роботи жалюзійного повітророзподільника, було виготовлено лабораторно-виробничий стенд, відповідно договору про творчу співпрацю ТДАТУ на дочірньому підприємстві "Гуляйпільський механічний завод" "ВАТ Мотор Січ" (м. Гуляйполе) (рис. 4.5)



Рисунок 4.5 – Лабораторно-виробничий стенд машини попереднього очищення олійної сировини соняшнику

Лабораторно-виробничий стенд складається з основних частин: рами, вентилятора діаметрального типу, повітророзподільного каналу, жалюзійного повітророзподільника, лотока-інтенсифікатора, циліндричного решета з горизонтальною віссю обертання та зовнішньою робочою поверхнею, щітки очисної з секційним набором ворси, осадової камери, яка має 2 ступеня очистки та блоку з рухомою частиною, дозволяючою змінювати «живий» перетин та структуру повітряного потоку.

Основні параметри та конструктивні розміри установлені на основі результатів теоретичних досліджень та попередніх пошукових дослідів.

1. Стенд складається з основних частин: рами, яка має габарити: довжина  $L = 3695$  мм, висота  $h = 2725$  мм, та ширина  $b = 1000$  мм.

2. На рамі закріплена задня стінка з фанери товщиною  $t = 16$  мм, фронтальна лицева стінка виготовлена з оргскла  $t = 5$  мм;

3. Вентилятор діаметрального типу має 12-ти лопатевий ротор  $\varnothing 400$  мм. Привід вентилятора здійснюється від двигуна з фазовим ротором і трансформатором, які дозволяють змінювати обороти ротора від  $0-1200$  об.хв<sup>-1</sup> (рис. 4.6(a));

4. У верхній частині жалюзійного повітророзподільника встановлено лоток-інтенсифікатор (рис. 4.6(б)), з «живим» перетином 43-45%, довжину якого можливо змінювати від 240-80 мм за рахунок переміщення задньої рухомої стінки. Жалюзійний повітророзподільник має блок з 10-ма нерухомими та 10-ма рухомими жалюзі, довжина яких складає 80 і 40 мм. Рухомі жалюзі можуть змінювати своє положення відносно нерухомих від  $0-45^\circ$  з кроком  $5^\circ$ .

Стінка задня рухома має кут відхилення від положення стінки задньої нерухомої –  $30^\circ$ . Стінка середня рухома має кут відхилення від положення стінки середньої нерухомої –  $\pm 16^\circ$ .

5. Бункер складається з 2-х частин. Нижня – стаціонарна ємністю  $70\text{дм}^3$ ; верхня змінна має ємністю  $130\text{ дм}^3$ . Подача



вихідного матеріалу здійснюється заслінкою, яка відкриває вивантажувальне вікно, на висоту до 150 мм.

6. Циліндричне решето (РЦ) має  $\text{Ø}600$  мм на якому закріплена тканина металева сітка з квадратними отворами розміром  $12 \times 12$ , «живим» перетином 78-80% (рис. 4.6(в)). Циліндричне решето має привод від мотор-редуктору з електродвигуном  $N = 180$  Вт, забезпечує частоту обертів  $18 \text{ об.хв}^{-1}$  (рис. 4.6).



Рисунок 4.6 – Робочі органи стану

7. Щітка очисна з секційним набором ворси, має  $\text{Ø}150,0$  мм, частоту обертання  $75 \text{ об.хв}^{-1}$ . Привід здійснюється за допомогою ланцюгової передачі.

8. Осадова камера має 2 ступеня очистки та блоки з рухомою частиною, що дозволяють змінювати «живий» перетин та структуру повітряного потоку.

#### **4.2.2. Методика встановлення режимів роботи лабораторно-виробничого стану**

Для встановлення та визначення параметрів і режимів роботи ПРС використано лабораторно-виробничий стан (рис. 4.7).

ПРС в своєму складі має діаметральний вентилятор 1, привод якого здійснюється від електродвигуна постійного струму, що дозволяє змінити частоту обертання вентилятора, і тим самим подачу повітряного потоку. Повітряний потік направляється в повітророзподільний пристрій 2, який в свою чергу

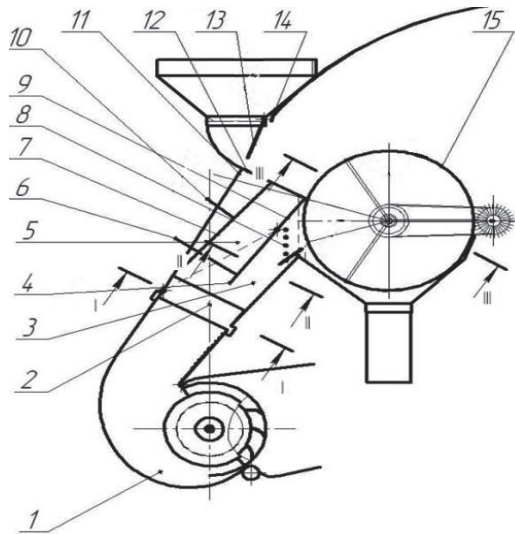


Рисунок 4.7 – Схема розміщення перетинів для вимірювання параметрів повітряного потоку у ПРС

1 – вентилятор діаметральний; 2 – пристрій повітророзподільний; 3 – сепаруюча складова повітророзподільника; 4 – середня рухома стінка; 5 – живляча складова повітророзподільника; 6 – регулятор зміни кута нахилу середньої рухомої стінки; 7 – стінка рухома задня; 8 – повітророзподільник жалюзійний; 9 – нерухома частина середньої стінки; 10 – регулятор зміни кута нахилу задньої рухомої стінки; 11 – задня стінка; 12 – лоток інтенсифікатор; 13 – живлячий устрій; 14 – бункер; 15 – решето циліндричне.

Повітряний потік, що направлений у живлячу складову повітророзподільника, проходить між задньою рухомою стінкою 7, середньою рухомою стінкою 4 та її нерухомою частиною 9 та крізь

лоток-інтенсифікатор 12. За рахунок регулятора зміни кута нахилу 6 середньої рухомої стінки 4, а також за рахунок регулятора зміни кута нахилу 10 задньої рухомої стінки 7, що дозволяє змінити коефіцієнт живого перетину лотка-інтенсифікатора, забезпечується інтенсивність впливу повітряного потоку на лоток-інтенсифікатор, а відповідно і на ворох, що знаходиться на ньому.

Методикою передбачається визначення області раціональних значень основних параметрів і режимів роботи жалюзійного повітророзподільника за рахунок:

- подачі насіннєвого матеріалу (приведена товщина шару насіння над лотком-інтенсифікатором,  $h$ , мм., за рахунок зміни заслінкою величини робочої щілини  $b$  мм);
- подача повітряного потоку (частоти обертання вентилятора 1;
- кута нахилу середньої рухомої стінки 10 повітророзподільного пристрою (рис. 4.8;
- кута нахилу рухомої жалюзі до нерухомої  $\alpha$ .

За рахунок зміни нахилу середньої рухомої стінки 10, забезпечується інтенсивність впливу повітряного потоку на лоток-інтенсифікатор, а відповідно і на ворох, що знаходиться на ньому. Відносно нульового положення він становить: до задньої нерухомої стінки  $\gamma_1=16,32^\circ$ ; до передньої стінки  $\gamma_2=18,15^\circ$  [131-133]

Методикою встановлення та визначення параметрів і режимів роботи пневморешітного сепаратору зернового вороху передбачено визначення [134]:

- значення динамічного тиску  $P_1$  і розходу повітря  $Q_1$  під лотком-інтенсифікатором в перетині I – I;
- значення динамічного тиску  $P_2$  і розходу повітря  $Q_2$  над лотком-інтенсифікатором в перетині II – II);
- значення динамічного тиску  $P_3$  і розходу повітря  $Q_3$  в перетині III – III.

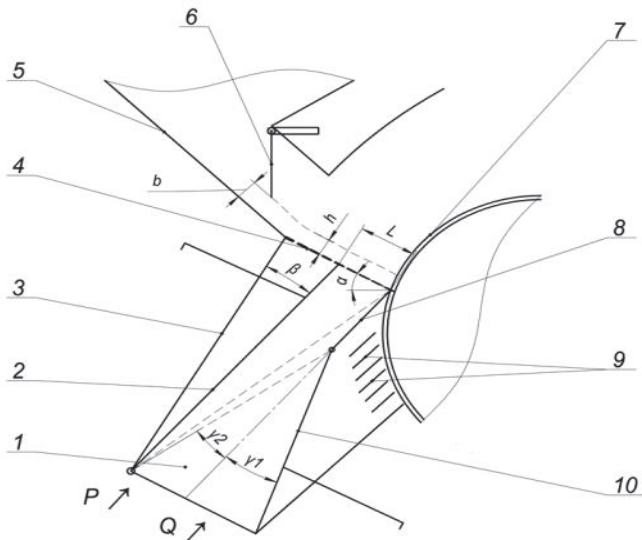


Рисунок 4.8 – Схема повітророзподільного пристрою лабораторно-виробничого стенду

1 – повітророзподільник; 2 – стінка задня рухома; 3 – стінка задня; 4 – лоток-інтенсифікатор; 5 – бункер; 6 – заслінка; 7 – циліндричне решето; 8 – стінка середня нерухома; 9 – жалюзі; 10 – стінка середня рухома;  $\alpha$  – кут нахилу лотка-інтенсифікатора відносно горизонталі;  $\beta$  – кут нахилу задньої рухомої стінки;  $\gamma$  – кут нахилу середньої рухомої стінки.

Перед початком проведення експериментальних досліджень встановлюємо певну закономірність підготовки, яка полягає в наступному:

- проведенні обкатки лабораторно-виробничого стенду в холостому та робочому режимах з контролем стабільності встановлених параметрів;
- проведенні налагодження і регулювання робочих органів і допоміжних устроїв;
- підготовці до роботи вимірювального обладнання;
- встановленні кута нахилу середньої рухомої стінки 6;
- виб'їр часу на проведення досліду та відпрацювання методики досліджень;
- визначенню часу на встановлення стаціонарності технологічного процесу;

- визначенню діапазону досліджуваних факторів.

#### 4.2.3. Критерії оцінки ефективності робочого процесу пневморешітного сепаратора

Якість роботи машини попередньої очистки і їх робочих органів визначаються наступними показниками [126-130]:

- повнота виділення сміттєвих домішок;
- втратами повноцінного насіння.

У процесі попередньо виконаних досліджень подрібнення насіння не відзначалося, а частинки шириною більш 20 мм виділялися повністю. В зв'язку з цим, якісну оцінку ефективності робочого процесу ПРС проводили по наступним критеріям:

1. Повнота виділення сміттєвих домішок  $Z$ , %:

$$Z = \frac{\Delta m_{смд}}{m_u} \cdot 100, \% \quad (4.1)$$

де  $\Delta m_{смд} = m_u - m_0$  – кількість виділення сміттєвих домішок, %;

$m_u, m_0$  – вміст сміттєвих домішок у початковому та очищеному насіннєвому матеріалі, %.

2. Втрата повноцінного насіння у відходи  $V_{пн}$ , %:

$$V_{пн} = \frac{m \cdot 100}{M}, \quad (4.2)$$

де  $m = m_{пнк} - m_{пнл}$  – маса насіння основної культури у відходах, кг;

$m_{пнк}, m_{пнл}$  – маса насіння основної культури у відходах з крупними домішками та з легкими домішками, кг;

$M$  – маса насіння основної культури у початковому матеріалі, кг.

Визначення економічної ефективності показників досліджуваного процесу проводили по наступним показникам:

1. Питома продуктивність робочого органу  $q$ , т.год.дм<sup>-1</sup>:

$$q = \frac{P_c}{S \cdot 3,6} \quad (4.3)$$

де  $q = \frac{M_d}{t}$  – продуктивність ПРС;

$M_d$  – маса матеріалу обробленого за досвід, кг;

$t$  – час взяття проби, с;

$S$  – ширина решета, дм.

2. Питома витрата енергії  $N_{\Pi}$ , кВт.год.т<sup>-1</sup>:

$$N_{\Pi} = \frac{Q \cdot P}{G \cdot 1000} \quad (4.4)$$

де  $Q$  витрата повітря, м<sup>3</sup>/с;

$P$  – повний тиск повітря у повітропідвідному каналі, Па;

$G$  – продуктивність установки, т/год.

#### 4.2.4. Методика обробки дослідних даних

При визначенні основних параметрів повітряного потоку отримані дослідні дані обробляли за допомогою наступних розрахункових співвідношень:

1. Повний тиск  $P$  повітряного потоку:

$$P = A_1 \cdot k \cdot \Pi_{\Pi} \cdot \zeta_T, \text{ Па} \quad (4.5)$$

2. Статичний тиск  $P_c$  повітряного потоку:

$$P_c = A_2 \cdot k \cdot \Pi_{\Pi} \cdot \zeta_T, \text{ Па} \quad (4.6)$$

3. Динамічний тиск  $P_d$  повітряного потоку:

$$P_d = P - P_c \text{ Па} \quad (4.7)$$

де  $A_1, A_2$  – показники шкали мікроманометрів для замірів, відповідно повного і статичного тиску;

$k$  – коефіцієнт тарировки шкали,  $k = \sin \alpha \cdot \rho_c$

де  $\alpha$  – кут нахилу трубки мікроманометра, град;

$\rho_c$  – щільність спирту, кг/м<sup>3</sup>;

$\Pi_{\Pi}$  – поправковий коефіцієнт, який служить для приведення повітря до стандартних умов (абсолютна температура  $T = 293\text{K}$ ,

барометричному тиску  $B_0 = 0,101$  МПа і відносної вологості  $\varphi_0 = 0,5$ ;

$P_{\Pi}$  – поправковий коефіцієнт на питому масу спирту;

$\rho$  – щільність повітря, кг/м<sup>3</sup>;

$\xi_T$  – тарировачний коефіцієнт трубки.

4. Швидкість повітряного потоку  $V$  у вирівнюючому каналі:

$$V = 1,29\sqrt{P_{\delta}}, \text{ м/с} \quad (4.8)$$

5. Витрати повітря  $Q$ :

$$Q = V \cdot F, \text{ м}^3/\text{с} \quad (4.9)$$

де  $F$  – площа поперечного перерізу вирівнюючого каналу, м<sup>2</sup>.

6. Швидкість фільтрації  $V_{\Phi}$ :

$$V_{\Phi} = \frac{Q}{F_{\Phi}}, \text{ м/с} \quad (4.10)$$

де  $F_{\Phi}$  – площа повітрярозподільної перегородки, м<sup>2</sup>.

Середні величини  $P_{\delta}$  і  $P_c$  визначали по  $P_{\delta}$  і  $P_c$  для кожної точки заміру. Розрахунки здійснювали по формулах:

$$P_{\delta,ср} = \frac{P_{\delta,1}\sqrt{P_{\delta,1}} + P_{\delta,2}\sqrt{P_{\delta,2}} + \dots + P_{\delta,n}\sqrt{P_{\delta,n}}}{\sqrt{P_{\delta,1}} + \sqrt{P_{\delta,2}} + \dots + \sqrt{P_{\delta,n}}}, \text{ Па} \quad (4.11)$$

$$P_{c,ср} = \frac{P_{c,1}\sqrt{P_{c,1}} + P_{c,2}\sqrt{P_{c,2}} + \dots + P_{c,n}\sqrt{P_{c,n}}}{\sqrt{P_{c,1}} + \sqrt{P_{c,2}} + \dots + \sqrt{P_{c,n}}}, \text{ Па} \quad (4.12)$$

де  $P_{\delta,n}$ ;  $P_{c,n}$  – динамічний та статичний тиск в окремих точках, Па;

$n$  – кількість точок заміру.

Середню величину повного тиску  $P$  визначали з вираження

$$P_{ср} = P_{\delta,ср} + P_{c,ср}, \text{ Па} \quad (4.13)$$

Величину питомої витрати енергії  $N_{\Pi}$  по формулі

$$N_{\Pi} = N_1 + N_2, \text{ кВт}\cdot\text{год/т}, \quad (4.14)$$

де  $N_1 = \frac{Q \cdot P}{G \cdot 1000}$  – питома витрата енергії на привод вентилятора, кВт.год/т;

$N_2$  – питома витрата енергії на привод циліндричного решета і очисної щітки.

$$N_2 = 0,025 \dots 0,028 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{ГОД}}{\text{Т}}. \quad (4.15)$$

Методика обробки дослідних даних передбачає використання програмних пакетів “MATLAB 6,5”, “Microsoft Office Excel 2007”, Statistica 8.0.



**РОЗДІЛ 5.**  
**ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ**  
**ВИКОНАНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ОЦІНКА ЇХ ПРАКТИЧНОГО**  
**ЗАСТОСУВАННЯ**  
**(ECONOMI EFFICIENCY OF THE CONDUCTED RESEARCH**  
**RESULTS AND THEIR PRACTICAL APPLICATION**  
**EVALUATION)**

**5.1. Розрахунок витрат енергії на підготовку насіння пневмогра-вітаційним сепаратором**

З літературних джерел відомо, що використання для сівби якісного, важкого насіння, отриманого в процесі сепарування, дозволяє збільшити врожайність соняшнику до 1,5-2,0 ц з гектара [142-144].

Розрахуємо витрати енергії, яка витрачається на підготовку насіння соняшнику сортів популяції для сівби на площі 1 га, за нормою висіву 5-8 кг/га.

Припустимо, що вміст якісного насіння у сепарованій фракції становить 85%, тоді загальна маса насіння, яку необхідно відсепарувати для отримання насінневого матеріалу для сівби 1 га поля становить:

$$m_{1.га} = \frac{8}{0,85} = 9,5, \text{ кг.}$$

Визначимо кількість енергії, що витрачається на привід сепаратора, який за час роботи здатен відсепарувати 90 кг насіння соняшнику:

$$t_{1.га} = \frac{m}{Q_{год.сеп.}} = 9,5, \quad (5.1)$$

де  $m_{1.га}$  – загальна маса насіння, яку необхідно відсепарувати для отримання насінневого матеріалу для сівби 1 га поля.

$Q_{год.сеп.}$  – мінімальна годинна продуктивність розробленого сепаратора, кг/год.,

Отже, розрахуємо витрати часу на сепарування фракції насіння, для отримання насінневого матеріалу для сівби 1га поля:

$$t_{1.га} = \frac{9,5}{90} = 0,10 \text{ год}$$

Розрахуємо витрати енергії для підготовки насіння для сівби 1га поля, склавши витрати енергії на привід сепаратора із енергією, що витрачається обслуговуючим персоналом сепаратора:

$$E_{1.га} = E_{приводу1га} + E_{обслуг.1га} \quad (5.2)$$

де  $E_{приводу.1.га}$  – загальна енергія, що витрачається на привід сепаратора для підготовки насіння для сівби 1га, МДж;

$E_{обслуг.1.га}$  – загальна енергія, що витрачається на обслуговування сепаратора для підготовки насіння для сівби 1га, МДж.

Визначимо загальну енергію, що витрачається на привід сепаратора для підготовки насіння для сівби 1га:

$$E_{приводу1га} = P_{вент.} \cdot t_{1га} \cdot E_{1кВт-г} \quad (5.3)$$

де  $P_{вент.}$  – потужність вентилятора сепаратора, 0,12 кВт;

$t_{1.га}$  – витрати часу на сепарування розглядаємої фракції насіння, для отримання насінневого матеріалу для сівби 1га поля, год.;

$E_{1кВт-г}$  – загальна енергія, що міститься у 1 кВт-год. електричної енергії, відповідно до ГОСТ Р 51750-2001 і становить 8,7 МДж/кВт-год.

Проведемо розрахунки:

$$E_{приводу1га} = 0,12 \cdot 0,10 \cdot 8,7 = 0,1044 \text{ МДж}$$

Визначимо загальну енергію, що витрачається на обслуговування сепаратора працівником, що забезпечує його роботу:

$$E_{обслуг.1.га} = t_{1.га} \cdot E_{1чол.-г.}, \quad (5.4)$$

де  $t_{1.га}$  – витрати часу на сепарування фракції насіння для отримання насіннєвого матеріалу для сівби 1га поля (5.3), год.;

$E_{1чол.-г.}$  – загальна енергія, що витрачається людиною за 1 годину роботи за нормальних умов роботи відповідно до ГОСТ Р51750-2001 становить 1,26 МДж/люд.-год.

$$E_{приводу1га} = 0,10 \cdot 1,26 = 0,1315 \text{ МДж}$$

Розрахуємо витрати енергії для підготовки насіння для сівби 1га поля, склавши витрати енергії на привід сепаратора із енергією, що витрачається обслуговуючим персоналом сепаратора:

$$E_{1га} = 0,1044 + 0,1315 = 0,2359 \text{ МДж}$$

Провівши дослідження на підприємстві ми отримали збільшення врожайності на 3-5 ц/га. Тепер визначимо енергетичну цінність отриманої в результаті сепарації та висіву важкого насіння прибавки у насіння соняшнику, скориставшись даними ГОСТ Р51750-2001:

$$E_{1га} = 200 \cdot 5 = 1000 \text{ МДж},$$

де 5 МДж/кг – енергетична вартість 1 кг насіння соняшнику, згідно з ГОСТ Р51750-2001.

Визначимо приріст енергії в чистому вигляді при підготовці насіннєвого матеріалу соняшника сортів популяції на розробленому сепараторі, на 1га засіяного поля:

$$E_{1га \text{ чистий}} = E_{1га.т.} - E_{1га.} = 1000 - 0,2359 = 999,76 \text{ МДж}$$

де  $E_{1га.т.}$ ,  $E_{1га.}$  – відповідні енергії, МДж.

Визначимо вартість еквіваленту в дизельному пальному, що містить таку саму енергію, що й отримане нами додаткове насіння за рахунок збільшення врожайності шляхом сепарування:

$$m_{диз} = \frac{E_{1га.чистий.}}{E_{1кг \text{ диз.пал.}}} \quad (5.5)$$

де  $E_{1.га.чистий}$  – приріст енергії в чистому вигляді, при підготовці насіннєвого матеріалу соняшника сортів популяції на розробленому сепараторі, на 1га засіяного поля, МДж;

$E_{1.кг.диз}$  – енергія, що міститься в 1 кг дизельного пального згідно ГОСТ Р 51750-2001, 10 Мдж.

Отримуємо:

$$m_{диз} = \frac{999,17}{30} = 99,17 \text{ кг}$$

Отже, використання розробленого сепаратора для збільшення врожайності соняшника шляхом підготовки насіння дозволяє отримати в грошовому еквіваленті з кожного гектара поля.

$$C_{1га.екв.} = 99,17 \cdot 10 = 999 \text{ грн}$$

Чіткість сепарації знаходимо за формулою:

$$\varepsilon = \frac{m_{в} - m_{л}}{m} \quad (5.6)$$

де  $m_{в}$  – маса важких насінин;

$m_{л}$  – маса легких насінин;

$m$  – загальна маса.

Встановлено, що економічний ефект досягається за рахунок збільшення врожайності посівів соняшнику шляхом використання попередньо відсепарованого насіння з найбільш біологічно цінними якостями, яке має великий запас поживних речовин.

Виробничі випробування підтвердили економічну ефективність використання розробленого пневмогравітаційного сепаратора, збільшення врожайності становить 3-5 ц/га.

## **5.2. Результати виробничих досліджень переробки сміттєвихдомішок олійної сировини соняшнику в умовах олійноекстракційного заводу**

Паливні матеріали рослинного походження (брикети, пелети) не так давно з'явилися на вітчизняному ринку твердого палива.

Лушпиння, що залишаються в великих обсягах при

виробництві соняшникової олії, а також відходи після сепарації соняшнику, можуть бути перероблені в паливні матеріали, які можна використовувати в печах і котельних, для побутових і промислових застосувань.

При спалюванні брикетів досягається коефіцієнт корисної дії близько 94%, а кількість золи не перевищує 3% від загального обсягу використовуваного палива. Утворені зольні залишки можуть використовуватися як відмінне добриво для ґрунту.

Відомо, що олійність відходів (сміттєвих домішок) після сепарації складає 15-18%. При переробці такої сировини можливо отримання технічної олії.

Аналізуючи стан дослідження пропонується провести орієнтовні економічні розрахунки стосовно подальшої переробки та використання сміттєвих домішок олійної сировини соняшнику на прикладі Мелітопольського олійноекстракційного заводу.

Дослідження проведено за умови використання існуючого на заводі форпресу МП-68. В результаті переробки однієї тони сміттєвих домішок було отримано 10 літрів технічної олії та 990 кг паливних матеріалів (черепашки).

Для розрахунків економічної ефективності технології переробки сміттєвих домішок соняшнику було використано ДСТУ 4397:2005 «Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробувань», відповідно якому було зроблено порівняння ціни продажу сміттєвих домішок з ціною паливних матеріалів та технічної олії, отриманих із сміттєвих домішок [140-141].

Так, прямі витрати для порівняльних технологій (вихідної та розроблюваної) визначаються за формулою

$$C_{nn} = Z_n + A_n + P_n + T_n + \Pi_{cn} + Q_{жп} + M_n + O \quad (5.7)$$

де  $C_{nn}$  – прямі витрати на відокремлення сміттєвої домішки олійної сировини соняшнику за вибраною технологією, грн;

$Z_n$  – заробітна плата робітників з нарахуваннями, грн;

$A_n$  – амортизаційні відрахування, грн.;

$P_n$  – витрати на ремонт та технічне обслуговування, грн;

$T_n$  – витрати на енергоносії, грн;

$P_{cn}$  – страхові платежі, грн;

$Q_{жп}$  – витрати на забезпечення життєдіяльності працюючих, які зайняті на вирощування культури, грн;

$M_n$  – витрати на основні та допоміжні матеріали, грн;

$O$  – витрати на оренду землі, грн.

При розрахунку визначались:

1. Річна кількість сміттєвих домішок у вихідному матеріалі,

т

$$N_{CD} = n \cdot Q_D \cdot \frac{m_{eD}}{100}, \quad (5.8)$$
$$N_{CD} = 250 \cdot 400 \cdot \frac{7,285}{100} = 7285 \text{ N}_{cd}$$

2. Кількість технічної олії, т

$$N_{TO} = N_{CD} \cdot \frac{m_{TO}}{100}, \quad (5.9)$$
$$N_{TO} = 7285 \cdot \frac{1}{100} = 72,85$$

3. Загальний річний прибуток від впровадження технології переробки сміттєвих домішок олійної сировини соняшнику, грн.

$$P_p = N_{cd} \cdot (C_{пм} - C_{cd}) + N_{то} \cdot C_{то},$$

При річному навантаженні технологічного обладнання Мелітопольського олійноекстракційного заводу у 250 діб з добовою переробкою олійної сировини соняшнику 400 т/добу можливо отримання річного прибутку від переробки сміттєвих домішок на паливні матеріали та технічну олію у розмірі 13550100 грн, що підтверджує доцільність цього заходу.

### **5.3. Визначення економічної ефективності використання пневморешітного сепаратору олійної сировини соняшнику**

Техніко-економічні показники ефективності впровадження машини попереднього очищення ОСС на прикладі аграрного підприємства півдня України з обсягом валового збору соняшника

2000 т складуть (у цінах 2019 р.): експлуатаційні витрати – 168 грн/т; наведені витрати – 98345 грн; річний економічний ефект – 105348 грн; термін окупності додаткових капітальних вкладень – 3,38 року.

#### **5.4. Практичні рекомендації з підвищення ефективності технології післязбиральної обробки олійної сировини соняшнику**

В умовах існуючих в господарствах зерноочисних машин і агрегатів слід дотримуватись поточної технології. Обов'язковим є проведення попереднього очищення соняшнику на шляху від завальної ями до машин первинного очищення соняшнику.

При розгляді технології післязбиральної обробки насіння соняшнику необхідно враховувати специфіку очищення насіння соняшнику промислового і насінневого призначення.

Для свіжозібраного соняшнику, за рідкісним винятком, рекомендовано не менше ніж дворазове очищення: первинне від великих і легких домішок і вторинне від дрібного сміття.

Для очищення вороху соняшнику промислового призначення використовують зерноочисні агрегати ЗАВ-20, ЗАВ-25, ЗАВ-40, КЗ-25, КЗ-50, а також ворохоочисники ОВП-20А, ОВС-25. В окремих випадках використовують зерночисно-сушильні комплекси КЗС-20, КЗС-40, КЗСК-25, але в господарствах південних регіонів України вони зустрічаються рідко [18, 19, 20, 21, 22].

Для сортування і калібрування насіння соняшнику насінневого призначення використовують крім названих агрегати ЗАР-5, КЗР-5, насіннеочистні приставки СПЛ-5 і СП-10 (СП-10А), насіннеочистні машини МС-4,5, СМ 4, пневмосортувальні столи ПСС-2,5, СПС-5 та ін., зерночисні машини німецького підприємства "Петкус-Вута" і ін.

В Україні використовуються машини попереднього очищення МПО-50, СПО-50, комплексний барабанний сепаратор КБС «КМЗ», скальператор А1-532-01. Для первинного очищення

використовують – ЗВС-20, РВ-БЦСМ (продуктивністю 25, 50, 100 т/год). Для вторинного очищення використовують машини МС-4,5, універсальні зерноочисні машини МУЗ-8. Багатофункціональне очищення роблять аеродинамічними сепараторами МС-4/2, (10/5, 20/10, 40/20, 50/30). Крім того використовують зерноочисні машини ОЗЦ-25 (50, 100), сепаратори типу БСХМ.

В останні роки в господарствах знайшли широке застосування вібровідцентрові сепаратори БЦСМ і на їх базі ремкомплекти типу Р8-УЗКМ-25, Р8-УЗКМ-50 і ін. Вони успішно застосовуються для очищення зернових і ін. культур. Результати наших досліджень по використанню вібросепараторів для очищення насіння соняшнику свідчать про недоцільність їх застосування для післязбиральної обробки насіння соняшнику. Внаслідок використання відцентрових сил в сепараторах відбувається травмування, розколювання плодової оболонки насіння та залипання отворів решіт.

Рекомендується наступна технологія післязбиральної обробки насіння соняшнику промислового і насінневого призначення, яка представлена на рисунку 5.1.



Рисунок 5.1 – Схема технологічна післязбиральної обробки насіння соняшнику

Для насіння промислового призначення достатні операції попередньої і первинної очисток.



Доцільно олійну сировину соняшнику після завальної ями очищувати повітряно-решітними машинами і закладати на тимчасове зберігання.

Слід відходити від традиційної системи використання в відділеннях тимчасового зберігання олійної сировини соняшнику зерноавантажувачів, зернометальників, ланцюгово-скребкових транспортерів, особливо шнекових, які є металоємні та травмують насіння. Більш того, в режимі експлуатації вони потребують значних витрат на їх технічне обслуговування та ремонт.

Для забезпечення умов біологічного зберігання олійної сировини соняшнику та її транспортування пропонується використовувати прилади активного вентилявання та аеродинамічного транспортування.

Найбільш ефективними слід вважати аерожолоба, які одночасно забезпечують активне вентилявання, транспортування сипких матеріалів та не мають перерахованих вище недоліків.

Для насіннєвого фонду додатково необхідні вторинна очистка і пневмосортування.

Рекомендовані для очищення насіння машини комплектуються виходячи з продуктивності технологічної лінії.

Найбільш раціональним слід вважати ярусно-каскадне розміщення очисних машин (рис. 5.1), що забезпечує самопливне переміщення матеріалів та зменшення металоенергоємності післязбиральної обробки соняшнику.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У монографії наведено теоретичне узагальнення та нове вирішення наукового завдання, що представлено у розроблених наукових положеннях сепарації насіння соняшника у вертикальному кільцевому каналі з нерівномірним повітряним потоком по висоті й нижньою зоною розділення і вивантаження. Це дозволило знизити енергоємність і підвищити якість процесу виділення повноцінних насінин.

Аналіз результатів досліджень сепарації насіння за різницею аеродинамічних характеристик їх компонентів показав, що найбільш перспективним для підвищення якості та інтенсифікації є процес розділення у нижній зоні вертикального каналу з нижнім вивантаженням виділених фракцій.

Для визначення поділяючої здатності та розрахунків пневмогравітаційного сепаратора розроблена комплексна математична модель руху насінини з урахуванням коефіцієнта парусності кожної фракції (компонентів) та обмежень конструктивних параметрів сепаратора, яка включає математичний опис процесів подачі матеріалу на подільник, руху насінини вздовж поверхні подільника, і руху в повітряному потоці з урахуванням їх аеродинамічних властивостей.

Реалізація нової конструкції пневмогравітаційного сепаратора науково обґрунтованими конструктивно-режимними параметрами дозволили підвищити вихід повноцінного насіння (вагою 1000 шт. насінин 80-100 г) на 25-28% при зменшенні його засміченості на 30%. За даними результатів проведених досліджень встановлено, що відносна кількість некондиційного насіння в основній фракції зменшилось на 10 г порівняно з традиційним способом розділення.

Існуючі технології і технічні засоби сепарування сировини олійних культур не дають можливості якісно здійснювати розділення складових насіннєвого вороху, так як фізико-механічні та аеродинамічні властивості соняшнику та інших фракцій дуже схожі. Попередні дослідження показали, що найпростіше і найефективніше це здійснювати на пневмогравітаційному та пневморешітному сепараторі скальператорного типу із замкненою повітряною системою.

## CONCLUSION

The monograph provides a theoretical generalization and a new solution to the scientific problem, which is presented in the developed scientific provisions for the separation of sunflower seeds in a vertical annular channel with a non-uniform air flow in height and lower separation and discharge zone. This allowed to reduce energy consumption and improve the quality of the process of selection of high-grade seeds.

Analysis of the results of seed separation studies by the difference in the aerodynamic characteristics of their components showed that the most promising for quality improvement and intensification is the process of separation in the lower zone of the vertical channel with the lower discharge of the separated fractions.

To determine the resolution and calculations of the pneumogravity separator, a complex mathematical model of seed motion was developed, taking into account the coefficient of sailability of each fraction (components) and limitations of the separator design parameters, which includes a mathematical description of the processes of material flow to the divider, the motion of the surface of the pod and the motion of the surface. taking into account their aerodynamic properties.

Implementation of the new design of the pneumogravity separator with scientifically substantiated design and regime parameters allowed to increase the yield of high-grade seeds (weighing 1000 pieces of seeds 80-100 g) by 25-28% with a reduction of its clogging by 30%. According to the results of the studies, it was found that the relative number of substandard seeds in the main fraction decreased by 10 g compared to the traditional method of separation.

The existing technologies and technical means of separating the raw materials of oilseeds do not allow the qualitative separation of the components of the seed heap, since the physico-mechanical and aerodynamic properties of sunflower and other fractions are very similar. Previous studies have shown that the simplest and most effective method is to perform a pneumogravity and pneumatic grate separator with a closed air system.

## LITERARY SOURSES

1. Ринок зернових культур. URL: <http://shareupotential.com/ru/BE/ukrainian-zerno-2017.html>.
2. Звіт USDA. Огляд ринку олійних культур / Аграрна біржа України. URL: <https://agrex.gov.ua/zvit-usda-oglyad-rinku-oliynih-kultur>
3. Нові можливості України на світовому ринку олійних культур. URL: <http://www.bakertilly.ua/news/id1189>.
4. Характеристика олійно-жирового комплексу України. – URL: <http://www.geograf.com.ua/geoinfocentre/20-human-geography-ukraine-world/275-harakterystyka-oliyno-zhyrovogo-kompleksu-ukrainy>.
5. Статистична інформація. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
6. Маслак О. М Сучасні тенденції ринку соняшнику. Агробізнес сьогодні: електрон. версія журналу. 2011. №17 (257) від 06.09.11р. URL: <http://agrobusiness.com.ua/agro/makroekonomika/item/1953-suchasni-tendentsii-rynku-soniashnyku.html>
7. Олійно-жирова галузь України. Інформаційно-аналітичний бюлетень олійно-жирової галузі України та Російської Федерації. Показники роботи за 2009 – 2012 роки. – Харків: Український науково-дослідний інститут олії та жирів НААН, 2010 – 2015.
8. Основные виды масличного сырья [Електронний ресурс]. – URL: <http://www.znaytovar.ru>
9. Михайлов Е.В. Задосна Н.О. Свойства семян подсолнечника и показатели качества масличного сырья, поступающего на Мелитопольский маслоэкстракционный завод. Праці ТДАТУ. – Вип.13.т.3. –2013 С. 118-123.
10. Михайлов Є.В., Задосна Н.О., Мордарьов П.С. Показники роботи підприємств олійно - переробної галузі Запорозької області і напрямки підвищення її ефективності / Михайлов Є.В., Задосна Н.О., Мордарьов П.С. // Вісник Сумського

національного аграрного університету. –2016. – Вип.10, т. 2. –С. 118 -122.

11. Задосна Н.О. Аеродинамічні властивості складових олійної сировини соняшнику. Проблеми та перспективи сталого розвитку АПК. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції ТДАТУ. –2015. Т. 4: ч. 2. –С. 53-55.

12. Очистка и калибровка семян подсолнечника [Електронний ресурс]. – URL: <http://fermerland.com>

13. Алейников В.И.. Послеуборочная обработка семян подсолнечника. М.: Колос.– 1979. – 143с.

14. Екологічне законодавство України: Збірник нормативних актів, судової та арбітражної практики: за ред. О.О. Погрібного та І.І. Каракаша – в 2–х книгах – Одеса: Латстар, 2001. – Кн. 1. – 644 с.; Кн. 2. – 644 с.

15. Закон України "Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року" від 21.12.2010р. №2818–VI – URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2818–17>.

16. URL: [http://www.rusnauka.com/14\\_ENXXI\\_2012/Pravo/7\\_1\\_10520.doc.htm](http://www.rusnauka.com/14_ENXXI_2012/Pravo/7_1_10520.doc.htm)

17. Сафранов Т.А. Екологічні основи природокористування: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – Львів: "Новий Світ–2000", 2003. – 248 с.

18. Данилишин Б.М. Природно-техногенні катастрофи: проблеми економічного аналізу та управління: Наукове видання. – К., 2001. – 260 с.

19. Джигирей В.С., Сторожук В.М., Яцюк Р.А. Основи екології та охорона навколишнього природного середовища (Екологія та охорона природи). Підручник. – Львів: Афіша, 2001. – 272 с.

20. Яремчук І.Г. Економіка природокористування. Навчальний посібник. – К.: Просвіта, 2000. – 431 с.

21. Земля і право: Посібник для російських землевласників / Под ред. проф. Боголюбова С.А. – М.: Норма–Инфра, 1998. – С. 37.

22. Правова охорона навколишнього середовища в сільському господарстві / під. ред.: Ковбаси О.С. – М.: Наука, 1989. – 188с.

23. ДСТУ 4694:2006. Соняшник. Олійна сировина. Технічні умови. [Текст]. – Введ. 01-03-08. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 19 с.

24. ДСТУ 7011:2009. Соняшник. Технічні умови. [Текст]. – Введ. 01.07.11. – К.: Держспоживстандарт України, 2011. – 11 с.

25. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначання якості – Введ. 01.01.04. – К.: Держстандарт України, 2004. – 178 с.

26. Порядок обліку сировини, матеріалів та готової продукції на підприємствах олійно-жирової галузі, затверджено наказом Міністерством агрополітики України 11.09.2009 р. за № 656 зі змінами.

27. ДСТУ 4601:2006. Насіння олійних культур. Методи відбирання проб. – Вид. офіц. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – III, 14 с. – (Національний стандарт України)

28. ДСТУ ISO 542:2006. Насіння олійних культур. Методи відбирання проб (ISO 542:1990, IDT). – Вид. офіц. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – IV, 8 с.: рис. – (Національний стандарт України).

29. ДСТУ ISO 658:2006 Насіння олійних культур. Метод визначення вмісту домішок (ISO 658:2002, IDT). – Вид. офіц. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – IV, 8 с.: рис. – (Національний стандарт України)

30. Бабченко В.Д., А.С. Матвеев А.С. Анализ развития технологий и технических средств очистки зерна и семян. Сб. науч. тр. ВИМ. –М., 1987. –Вып. 115. – С. 18-24.

31. Валиев Х.Х., Эрк Ф.Н., Вайнруб С.А. Высокопроизводительные рабочие органы для предварительной очистки влажного зернового вороха / Валиев Х.Х., Эрк Ф.Н., Вайнруб С.А. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. –1990. – №6. – С. 21-22.

32. Бриндзя З.Ф., Джула І.О. Система технологій в рослинництві. Навчальний посібник. Тернопіль: Консультаційний центр. – 2000, 188 с.

33. Окнин Б.С., Горбачев І.В., Терехин А.А., Соловьев В.М. Машины для послеуборочной обработки зерна. / Окнин Б.С., Горбачев І.В., Терехин А.А., Соловьев В.М. // – М.: Агропромиздат, 1987. – 238 с.

34. Розробка технології і технічних засобів для рослинництва в умовах зрошувального землеробства Півдня України: Звіт про науково дослідну роботу № Держреєстрації 01070008955-Мелітополь, 2009. – 40 с.

35. Янко В.М. Вероятностная модель зернового материала, поступающего на предприятия послеуборочной обработки зерна / В.М. Янко // Земледельческая механика. – М.: Машиностроение, 1968. – Т. 10.– С.112-116.

36. Михайлов Є.В. Методологія обґрунтування складу і функціональних параметрів технічних засобів післязбиральної обробки зерна (на прикладі півдня України): автореф. дис. д-ра техн. наук: 05. 05. 11. Мелітополь, 2014. – 36 с.

37. Ямпілов, С.С. Технологические и технические решения проблемы очистки зерна решетками / Ямпілов С.С. – Улан–Удэ: Изд–во ВСГТУ, 2004. – 165 с.

38. Михайлов Є.В. Післязбиральна обробка зерна у господарствах півдня України. Мелітополь: Люкс. 2012. 260 с.

39. Чижигов А.Г., Бабченко В.Д., Машков Е.А. Операционная технология послеуборочной обработки и хранения зерна (в Нечерноземной зоне) / Чижигов А.Г., Бабченко В.Д., Машков Е.А.// – М.: Россельхозиздат, 1981. – 192 с.

40. Макаров П.И. Механизация послеуборочной обработки зерна /П.И.Макаров, Г.С. Юнусов, И.И. Казанков, С.И. Казанков, Г.В. Богданов, Х.С. Гайнанов, Н.Ф.Маслова. – Йошкар–Ола: МарГУ, 2007. – 284 с.

41. Вобликов Е.М., Буханцов В.А., Прокопец А.С. Послеуборочная обработки и хранение зерна / Е. Вобликов Е.М.,

Буханцов В.А., Прокопец А.С. // – Ростов-на-Дону: Издательский центр «МарТ», 2003. – 231 с.

42. Ямпиллов С.С. Технологические и технические решения проблемы очистки зерна решетками. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2004. – 165 с.

43. Масликов В.А. Технологическое оборудование производства растительных масел. – Изд. второе, переработанное и дополненное. М.: 1974. – 439 с.

44. Белобородов В.В., Вишнепольская Ф.А., Гавриленко И.В., Зарембо Г.В., Тросько У.И. и др. Руководство по методам исследования, технологическому контролю и учету производства масложировой промышленности (специальные методы анализа и теххимический контроль в производстве растительных масел) / В.В. Белобородов. Под общ.ред. В.П. Ржехина и А.Г. Сергеева Т.2, Л.: 1965. – 416 с.

45. Сергеев А.Г. Гавриленко И.В. Зарембо Г.В. Тросько У.И. и др. Руководство по технологии получения и переработки растительных масел и жиров ( типовые и принципиальные технологические схемы, оборудование и его эксплуатация, технология производственных процессов, технологические инструкции) / Сергеев А.Г. Гавриленко И.В. Зарембо Г.В. Тросько У.И. и др.// –Т.1, Книга 1, Л.: 1975. – 726 с.

46. Подпратов Г.І., Скалецька Л.Ф., Сеньков А.М., Хилевич В.С. Зберігання і переробка продукції рослинництва: Підручник / Подпратов Г.І., Скалецька Л.Ф., Сеньков А.М., Хилевич В.С. Мета, 2002. – 495 с.

47. Пешук Л.В. Біохімія та технологія оліє-жирової сировини [Текст]: навчальний посібник для вузів /Л.В. Пешук, Т.Т. Носенко. – К.: Центр учбової літератури, 2011. – 296 с.

48. Покопцева Л. А. Зберігання посівних і технологічних властивостей насіння соняшнику в умовах півдня України. 06.01.15 – первинна обробка продуктів рослинництва. автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук /Л. А. Покопцева. – К.: НУБПУ, 2009. – 21 с.



49. Іваненко Ф.В., Сінченко В.М. Технологія зберігання та переробки сільськогосподарської продукції. – Київ: КНЕУ. – 2005. – 221 С.

50. Попов С.А., Шеврыгин П.М. Организация заготовок и хранения масличных культур. Мета. – 2007. – 195с.

51. Троценко В.І., Соняшник – селекція, насінництво, технологія вирощування. – Суми.: Університетська книга, 2001. – 184 с.

52. Бабченко В.Д., Матвеев А.С. Анализ развития технологий и технических средств очистки зерна и семян. Сб. науч. тр. ВИМ. – М.,1987. – Вып. 115.– С. 18-24.

53. Михайлов Е.В., Белокопытов А.А., Задосная Н.А. Обоснование параметров технологических процессов послеуборочной обработки зерна с использованием имитационного моделирования. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України/ Михайлов Е.В., Белокопытов А.А., Задосная Н.А.//збірник наукових праць УкрНДПВТ. – Дослідницьке, 2013. – Кн. 2. - Вип.17 (31). – С. 68-75.

54. Рекомендації щодо обґрунтування комплексу технічних засобів післязбиральної обробки зерна в умовах Півдня України /Є. Михайлов, Є. Сербій, Н. Задосна [та ін.] Науковий журнал «Техніка і технології АПК». № 5(80), Київ, 2016. С. 28-30.

55. Анискин В.И., Елизаров В.П., Зюлин А.Н. Механизация послеуборочной обработки зерна и подготовки семян Анискин В.И., Елизаров В.П., Зюлин А.Н. // Техника в сел. хоз–ве. 1999. – №6. – С. 43-46.

56. Сирохман І.В, Лозова Т.М. Якість і безпечність зерно борошняних продуктів. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 384 с.

57. Валиев Х.Х., Эрк Ф.Н., Вайнруб С.А. Высокопроизводительные рабочие органы для предварительной очистки влажного зернового вороха / Валиев Х. Х., Эрк Ф.Н., Вайнруб С.А. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. –1990.

–№6. – С. 21-22.

58. Ловчиков А.П. Саляхов Р.А., Кузнецов Н.А. Зерноочистительные машины. / Ловчиков А.П. Саляхов Р.А., Кузнецов Н.А. // Учебное пособие к лабораторным работам. г. Челябинск 2010. – 161 с.

59. Колодій О. С. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів пнев-могравітаційного сепаратора насіння соняшника: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 /О.С. Колодій; Тавр. держ. агротехнол. ун-т. – Мелітополь, 2015. – 24 с.

60. Машины для послеуборочной обработки зерна / Б.С. Окнин, И.В. Горбачев, А.А. Терехин, В.М. Соловьев. – М.: Агропромиздат, 1987. – 238 с.

61. Нелюбов А.И., Ветров Е.Ф. Пневмосепарирующие системы сельскохозяйственных машин / Нелюбов А.И., Ветров Е.Ф / М., Машиностроение, – 1977. – С. 13-22.

62. Барский М.Д., Долганов Е. А. О механизме воздушной гравитационной классификации / Барский М.Д., Долганов Е. А. // Изв. вузов «Горный журнал», 1969, № 1, 153-156с.

63. Бурков А.И., Сычугов Н.П. Зерноочистительные машины. / А.И. Бурков, Н.П. Сычугов // Конструкция, исследование, расчет и испытание. – Киров: Изд-во НШИСХ Северо-Восток, 2000. – 258 с.

64. Дідур В. А. Оптимізація параметрів пневмосепаратора для сепарації рушанки ричини / В. А. Дідур, А. Б. Чебанов // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2010. – Вип.10, т. 8.

65. Чебанов А.Б. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів пневмасепаратора рушанки ричини з пиловловлюючим пристроєм: автореф. дис. на здоб. наук. ступеня канд. тех. Наук: спец 05.05.11 «Машины і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / А.Б. Чебанов. – Мелітополь, 2013. – 15 с.

66. Подготовительные процессы переработки масличных семян / под ред. В. В. Белобородова. – М.: Пищевая

промисленность, 1974. – 337 с.

67. Перспективні напрямки розвитку зерноочисної техніки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.snt-kntu.ho.ua>

68. Principles of seed science and technology. L.V. Copeland. 1976. Burgess Publishing Company, Minneapolis, MN.

69. Seed production principles and practices. M.V. McDonald and L.O. Copeland. 1997. Chapman and Hall, New York, NY.

70. Тимофеев И.В. Интенсификация процесса сепарации зернового вороха замкнутой малогабаритной пневмосистемой: автореф. дис.канд. техн. наук / И.В. Тимофеев. – Л., 1991. – 17 с.

71. Сайтов В.Е. Повышение эффективности функционирования машины предварительной очистки зернового вороха совершенствованием основных рабочих элементов: автореф. дис. канд. техн. наук / В.Е. Сайтов. – Л., 1991. – 17 с.

72. Пат. РФ № 2199401 МПК<sup>7</sup> В07В4/02 Пневмосепаратор для очистки и фракционирования зернового материала / Н.П. Сычугов, Н.В. Жолобов, С.В. Корнеев (РФ) Заявка 2000131015/13 от 13.12.2000.

73. Пат. РФ № 2104099 МПК<sup>6</sup> В07В4/02 Пневмосепарирующее устройство зерноочистительной машины / Н.П. Сычугов, В.Е. Сайтов, Р.Г. Гатаулин (РФ) Заявка 96110770/03 от 28.05.1996

74. Пат. РФ № 2210205 МПК<sup>7</sup> А01F12/44, В07В4/02 Замкнутый пневматический сепаратор / Н.П. Сычугов, Ю.В.Сычугов (РФ). Заявка: 2001112336/13, от 04.05.2001.

75. Пат. РФ № 2303494 МПК В07В4/02 А01F 12/44 Замкнуто–разомкнутая пневмосистема зерноочистительной машины / А.И. Бурков, О.П. Рощин, Н.Л. Коньшев (РФ) Заявка 2006107859/03 от 2006.03.13

76. Пат. № 78533U Україна, МПК В07В1/28. Решітний сепаратор із замкнутою повітряною системою / Є.В. Михайлов, О.О. Білокопитов. – № u2012 09994; заявл.20.08.2012; опубл. 25.03.2013, Бюл. № 6.

77. Михайлов Є.В., Кольцов М.П., Білокопитов О.О., До

питання класифікації зерноочисних машин та їх повітряних потоків. / Михайлов Є.В., Кольцов М.П., Білокопитов О.О. // Праці таврійського державного агротехнологічного університету. – Вип.11.т 5.– с. 182–192.

78. Аналіз пневмосепаруючих систем зерноочисних машин та удосконалення їх класифікації / Михайлов Є.В., Білокопитов О.О., Задосна Н.О. [та ін.] Праці таврійського державного агротехнологічного університету: Вип.12. т. 5.: – Мелітополь, 2012. С. 50–60.

79. Пневморешетный сепаратор зерна с замкнутой воздушной системой /Е.В Михайлов, А.А. Белокопытов, Н.А. Задосная [и др.] Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь, 2014. Вип. 4, т. 2. С. 98 – 103.

80. Михайлов Є. В., Афанасьєв О.О., Задосна Н.О. Пневморешітний сепаратор із замкненою повітряною системою / Михайлов Є. В., Афанасьєв О.О., Задосна Н.О. // Сучасні проблеми землеробської механіки: Матеріали XVII міжнародної. науково-практичної. конференції. – Суми. – 2016. – С. 56-58.

81. Горячкин В.П. Веялки и сортировки– М.,1908. – 48с.

82. Горячкин В. П. Собрание сочинений. – М.: Колос, 1965. – Т. III. - 384 с.

83. Завгородний А.И., Синяева О.В. Движения шара в воздушном потоке между вибрирующими плоскостями. Вібрації в техніці та технологіях: Всеукраїнський науково-технічний журнал, №3 (67). – Вінниця: ВНАУ. – 2012. –С.20-27.

84. Летошнев М. М. Сельскохозяйственные машины. Теория, расчет, проектирование и испытание. – Изд. 3-е. – М.-Л.: сельхозгиз, 1955. – 764с.

85. Гортинский В.В., Денский А.Б., Борискин М.А. Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятий / Гортинский В.В., Денский А.Б., Борискин М.А. // М.: Колос. – 1980. – 304с.

86. Гончаров Е.С. О характере движения материальной

частицы в подвижной воздушной среде. Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – К.: Урожай. – 1966. – Вып. № 2. С. 122-132

87. Гладков Н. Г. Зерноочистительные машины. Конструкция, расчет, проектирование и эксплуатация. – М.: Машгиз. – 1961. – 368 с.

88. Кулагин М. С. Механизация послеуборочной обработки и хранения зерна и семян / М. С. Кулагин [и др.] – М.: Колос, 1979. – 256 с.

89. Котов В. В. Определение скорости движения зерна в воздушном потоке. Технологии и средства механизации полеводства. – Зерноград. – 2002. – С. 137-140.

90. Алферов С. А. Воздушно-решетные очистки зерноуборочных комбайнов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 150 с.

91. Турбин Б.Г. Сельскохозяйственные машины /Б.Г. Турбин, А. Б. Лурье, С. М. Григорьев [ и др]; под ред. Б. И. Турбина. – М. – Л.: Машгиз, 1963. – 575 с.

92. Бурков А.И. Изыскание и исследование рабочего процесса замкнутой пневмосистемы семяочистительной машины: дис. канд. техн. наук: 05.20.01 Бурков Александр Иванович - Киров, 1991. – 217 с.

93. Васильковский О.М., Петренко Ф.И. Повышение эффективности воздушной очистки зерна. Конструирование, производство и эксплуатация сельскохозяйственных машин. Кировоград. –Вип.35. – 2005. – С. 286-288

94. Васильковский М.І., Гончарова С.Я., Лещенко С.М. Обґрунтування параметрів сепарації зерна в похилому повітряному потоці / Васильковский М.І., Гончарова С.Я., Лещенко С.М. // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кировоград. – 2007. – Вип. 37. – С. 132-137.

95. Васильковский О.М., Гончаров В.В., Петренко Д.І., Лещенко С.М. Математична модель роботи відцентрово-

пневматичного сепаратора зерна / Васильковський О.М., Гончаров В.В., Петренко Д.І., Лещенко С.М. // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ. – 2010. – Вип. 10. Т.8. – 94-104с.

96. Заика П.М. Мазнев Г.Е. Сепарация семян по комплексу физико-механических свойств. – М.: Колос. –1978. - 287 с.

97. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 3, розділ 7. Очистка і сортування насіння. – Х.: Око, 2006. - 408 с.

98. Бакум М.В., Абдуєв М.М., Манчинський Ю.О. Розділення зернових сумішей у нахиленому повітряному каналі / Бакум М. В., Абдуєв М. М., Манчинський Ю. О. // Праці Таврійської державної аграрної академії. – Мелітополь. –2005. – Вип. 28. – С. 14-22.

99. Безручкин И.П. Исследование процессов сепарации зерна в наклонном и горизонтальном воздушном потоке. Сельхозмашина. – 1936. – №3. –19-66.

100. Ермак В.П., Ильченко А.А. Описание и работа воздушно-центробежного сепаратора семян тыквы. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Сучасні проблеми вдосконалення технічних систем і технологій тваринництва. – Випуск 132. – ХНТУСГ ім. Петра Василенка, 2013. – С. 178-184.

101. Швидя В.А. Підвищення ефективності пневмовідцентрового сепаратора та огрунтування параметрів робочих органів: автореф. дис. на здоб. наук. ступеня канд. тех. Наук: спец 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / В.А. Швидя. – Глеваха, 2012. – 18с.

102. Кречот М.М. Обгрунтування параметрів процесу і розробка пневматичного сепаратора насіння овочевих культур: автореф. дис. на здоб. наук. ступеня канд. тех. Наук: спец 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / М.М. Кречот – Харків, 2014 - 20с.

103. Безручкин И.П., Баженов Е.Г., Попов В.В. Очистка

зернового материала центробежно-пневматическим сепаратором: Исследование рабочих процессов и органов машин для уборки зерновых культур и послеуборочной обработки зерна / Безручкин И.П., Баженов Е.Г., Попов В.В. // Труды ВИСХОМ. – Москва. – 1969. – Вып. 57. – 301- 320с.

104. Матвеев А.С. Сепарирование зерновой смеси вертикальным воздушным потоком. Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1969. – №11. – С. 17-19.

105. Тищенко Л.Н., Пивень М.В. Исследование внутрислоевого движения частиц зерновой смеси при виброцентробежном сепарировании. Сб. научн. трудов. Курск. гос. техн. университета. – 2003. – С. 150-156.

106. Тищенко Л.Н., Пивень М.В. К исследованию динамики зернового потока на наклонном решете. Сб. научн. трудов ХГТУСХ. – 2001. – №. 8. – Т. 1. – С. 198-205.

107. Тищенко Л.Н. Мазоренко Д.И. К определению моментов времени воздействия очистителей на сепарирующую поверхность. Сб. научн. трудов МИИСП. – 1981. – С. 68-74.

108. Тищенко Л.Н. К нелинейной двухпоточковой теории виброцентробежной сепарации зерновых смесей. Вибрации в технике и технологиях. – 2003. – № 6(32). – С. 13-17.

109. Абдуев М. М. Обґрунтування параметрів сепаратора з нахиленим повітряним каналом для розділення зернових сумішей: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.05.11 / М. М.Абдуев; ХНТУСГ. – Харків, 2007. - 21с.

110. Пат. № 61469U Україна, МПК В07В1/28. Решітний сепаратор / Є. В. Михайлов, О. О. Білокопитов, В. С. Дудка, А. В. Перетятко. – № u2010 13961; заявл. 23.11.2010; опубл. 25.07.2011, Бюл. № 14.

111. Пат. № 72063U Україна, МПК В07В1/28. Решітний сепаратор / Є. В. Михайлов, О. О. Білокопитов. – № u2011 14744; заявл. 12.12.2011; опубл. 16.04.2012, Бюл.№ 5.

112. Пат. № 74137U Україна, МПК В07В1/28. Решітний

сепаратор / Є. В. Михайлов, О. О. Білокопитов. – № u2012 00062; заявл. 03.01.2012; опубл. 25.10.2012, Бюл. № 15.

113. Пневморешітний сепаратор: пат. 94716 U Україна, МПК В07В1/28. № u2014 06765; заявл.16.06.2014; опубл. 25.11.2014, Бюл.№ 22.

114. Пневморешітний сепаратор: пат. 97812 U Україна, МПК В07В1/28. № u2014 07545; заявл.04.11.2014; опубл. 25.04.2015, Бюл.№ 12.

115. Пневморешітний сепаратор: пат. 98383 U Україна, МПК В07В1/28. № u2014 12226; заявл.13.11.2014; опубл. 27.04.2015, Бюл.№ 8.

116. Пневморешітний сепаратор: пат. 105152 U Україна, МПК В07В1/28. № u2015 07760; заявл.06.12.2016; опубл. 10.03.2016, Бюл.№ 5.

117. Пневморешітний сепаратор: пат. 116021 U Україна, МПК В07В1/28. № u2016 09901; заявл. 26.09.2016; опубл. 10.05.2017, Бюл.№ 9.

118. Пневморешітний сепаратор із замкненою повітряною системою: пат. 11892 U Україна, МПК В07В1/28. № u2016 12417; заявл.06.12.2016; опубл. 11.09.2017, Бюл.№ 17.

119. Пневморешітний сепаратор із замкненою повітряною системою: пат. 11892 U Україна, МПК В07В1/28. № u2017 12113; заявл. 08.12.2017; опубл. 09.02.2018, Бюл.№ 13.

120. Михайлов Є.В., Дудка В.С., Білокопитов О.О., Бойко С.С. Визначення факторів і параметрів процесу попередньої очистки зерна / Михайлов Є.В., Дудка В.С., Білокопитов О.О., Бойко С.С. // Праці таврійського державного агротехнологічного університету. –Вип. 10. т. 2. – С. 125-131.

121. Задосна Н.О. Передумови визначення параметрів і режимів роботи машини попередньої очистки зерна. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь. –2015. – Вип. 15, т. 4. –С. 167-172.

122. Обґрунтування параметрів та режимів роботи пневмосепаратора попередньої очистки олійної сировини



соняшнику /Михайлов Є.В., Задосна Н.О., Рубцов М.О. [та ін.] Вісник ДДАЕУ. – Дніпропетровськ. –2015. – №4 (38). –С. 91-95.

123. Михайлов Є.В., Задосна Н.О. Рубцов М.О. Теоретичні дослідження руху сміттєвих частин олійної сировини соняшнику у повітряному потоці пневмосепаратора / Михайлов Є.В., Задосна Н.О. Рубцов М.О. // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь. –2016. –Вип. 6, т. 3. –С. 196-203.

124. Кюрчев С.В., Колодий О.С. Багатокритеріальний аналіз існуючих сепараторів насіння із різним робочим агентом. "Механізація сільськогосподарського виробництва". – Харків: ХНТУСГ. –2015 –Вип.156., т.1. - 86с.

125. Кюрчев С.В., Колодий А.С. Математическое описание поведения зерновок подсолнечника в воздушном потоке разделительных установок. Motrol. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. An international journal on operation of farm and agri-food industry machinery – 2015. Vol. 17. No 9-13-19

126. ОСТ 70.10.2–83. Испытания сельскохозяйственной техники. Зерноочистительные машины и агрегаты, зерноочистительно-сушильные комплексы. Программа и методы испытаний. – М: Изд-во стандартов, 1983. – 138 с.

127. ГОСТ 12036–85 Семена сельскохозяйственных культур. Правила приемки и методы отбора проб.

128. ГОСТ 12037–81 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения чистоты и отхода семян.

129. ДСТУ 2240–93 Насіння сільськогосподарських культур, сортові та посівні якості. Технічні умови.

130. Казаков Е.Д. Методы оценки качества зерна. М.: Агропромиздат, 1987. –215 с.

131. Михайлов Є.В., Задосна Н.О., Білокопитов О.О. Методика встановлення та визначення параметрів і режимів роботи пневморешітного сепаратору зернового вороху/ Михайлов Є.В., Задосна Н.О., Білокопитов О.О. // Науковий журнал «Інженерія природовикористання». Харків. –2015, №1(3). –С. 44-49.

132. Білокопитов О.О., Задосна Н.О. Методика визначення якісних показників роботи се паруючої складової повітрярозподільного пристрою машини попереднього очищення зерна. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь. –2015. – Вип. 5, т. 2. – С. 78 - 90.

133. Задосная Н.А. Аспекты обоснования параметров и режимов работы пневмосепаратора масличного сырья подсолнечника. MOTROL Commission of Motorization and Power industry in Agriculture Polish Academy of Sciences Branch in Lublin. – Volume 17, № 9. –2015, – р. 43 - 49.

134. Задосна Н.О., Білокопитов О.О. Методика визначення якісних показників роботи повітрярозподільного пристрою машини попереднього очищення зерна. Матеріали міжнародної. науково-практичної. конференції по питанням природного агровиробництва в Україні, проблем становлення, перспектив розвитку. Дніпропетровськ. – 2015. – С. 60-62.

135. Колодій О.С., Кюрчев С.В. Методики исследования параметров сепаратора семян предложенного типа. “Motorization and energetics in agriculture”, Lublin-Rzeszow, 2013 Vol.15, No2. р. 205-213.

136. Колодій О.С., Методика дослідження впливу геометричного положення насіння в просторі, при потраплянні у вертикальний аспіраційний канал сепаратору. Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь. –2013. – Вип. 13. т3 – С. 124-129.

137. Кюрчев С.В., Колодій О.С. Результаты исследования рациональных размеров вертикального аспирационного канала сепаратора семян сельскохозяйственных культур. Motrol “Motorization and energetics in agriculture”, Lublin-Rzeszow, Vol. 15, No 2. 2013 – р. 169-175.

138. Кюрчев С.В., Колодій О.С. Результаты дослідження раціональних розмірів вертикального аспіраційного каналу сепаратора насіння сільськогосподарських культур. Вісник

Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П.Василенко. Технічні науки. – Харків. – 2014. – Вип. 148. – с. 56-63

139. Кюрчев С.В., Колодій О.С. Результати дослідження форми і параметрів живильно-розподільчого пристрою пневмогравітаційного сепаратора насіння соняшника. Журнал «Інженерія природокористування» №2(6). – Харків, 2016. – с. 52-57

140. Михайлов Е.В., Задосная Н.А., Чёрная Т.С. Повышение эффективности технологии послеуборочной обработки семян подсолнечника. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь. – 2017. – Вип. 17, т. 2. – С. 36-44.

141. Михайлов Є.В., Задосна Н.О., Мордарьов П.С. Напрямки підвищення ефективності економічного розвитку олійно-переробної галузі Запорізької області. / Михайлов Є.В., Задосна Н.О., Мордарьов П.С. // Сучасні проблеми землеробської механіки: Матеріали XVII міжнародної науково-практичної конференції. Суми. – 2016. – С. 58 - 60.

142. Кюрчев С.В., Колодій О.С. Аналіз методів збільшення врожайності сільськогосподарських культур та вимоги до сепаруемого матеріалу. Праці ВНАУ: зб. наук. пр. – Вінниця. – 2012. – Вип. 11(66). – С. 311-322.

143. Кюрчев С.В., Колодій О.С. Економічний розрахунок ефективності використання аеродинамічного сепаратора з вертикальним аспіраційним каналом. Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь. – 2014. – Вип. 14. – С. 363-369.

144. Кюрчев С.В., Колодій О.С. Аналіз методів збільшення врожайності соняшника в умовах ТОВ «Зоря» приазовського району запорізької. Праці ТДАТУ. – Мелітополь. – 2017. Вип. 17. – Т.3. – С. 188 - 193.

145. Volodymyr Ivanyshyn, Taras Hutsol: The Ukrainian Agricultural Groups State and Agromachinery Revision. Scientific achievements in agricultural engineering agronomy and veterinary

medicine. Polish-Ukrainian Cooperation Scientific Monograph, 1, 5-18 (2017).

146. Volodymyr Ivanyshyn, Taras Hutsol, Sergiy Komarnitski: Stany tekhnolohichnykh skladovykh pry zbyranni zernovykh kul'tur. Ahrarna nauka ta osvita Podillya, 2, 40-42 (2017).

147. Сидорчук О.В., Луб П.М., Спічак В.С., Гуцол Т.Д., Зеленський О.В. Методологія управління виробничо-технологічним ризиком на підставі статистичного імітаційного моделювання робіт у проектах. Восточно-европейский журнал передовых технологий. Харьков: Технологический центр, 2010. Том.1. Вып. 10/(61). С. 89–92.

148. Сидорчук О.В., Гуцол Т.Д., Сидорчук Л.Л., Комарніцький С.П., Зеленський О.В., Днесь В.І. Статистична імітаційна модель системи-проекту / Сидорчук О.В., Гуцол Т.Д., Сидорчук Л.Л., Комарніцький С.П., Зеленський О.В., Днесь В.І. // «Поле-комбайни-транспортні засоби». X Международная научно-практическая конференция современные информационные технологии в экономике и управлении предприятиями, программами и проектами. – Харьков, 2012. – С. 198-199.

149. Сидорчук О.В., Ратушний Р.Т., Гуцол Т.Д., Сидорчук О.О. Системні засади профілювання місії державних цільових програм / Сидорчук О.В., Ратушний Р.Т., Гуцол Т.Д., Сидорчук О.О // Управління розвитком складних систем. – 2011. – Вип. 6. – С.59-63.

150. Печенюк А.В., Гуцол Т.Д. Сучасні інформаційні технології в транспортній логістиці. Вісник СНУ ім. Володимира Даля. – 2010. – №6. – С. 106-109.

151. Oleh Ovcharuk, Taras Hutsol, Olena Ovcharuk, Vadym Rudskyi, Krzysztof Mudryk, Marcin Jewiarz, Marek Wrybel, Jakub Styks: Prospects of Use of Nutrient Remains of Corn Plants on Biofuels and Production Technology of Pellets. Renewable Energy Sources: Engineering, Technology, Innovation, 01/2020: pages 293-300; ISBN: 978-3-030-13887-5, DOI:10.1007/978-3-030-13888-2\_29

152. Gołębiewski Jarosław: Regional diversification of the

productivity of the biomass sector in Poland in the context of the development of the bio-economy, w: Hradec Economic Days 2018: Double-blind peer reviewed proceedings part I. of the international scientific conference Hradec Economic Days 2018, January 30-31, 2018, Hradec Králové, Czech Republic / Jedlička Pavel, Marešová Petra, Soukal Ivan (*red.*), Hradec Economic Days, 2018, University of Hradec Králové, ISBN 978-80-7435-700-8, ss. 286-298

153. Gołębiewski Jarosław, Rakowska Joanna: Production and use of bioenergy in Poland in the context of the development of bioeconomy, w: Proceedings of the International Scientific Conference: Rural Development, 2017, ss. 278-284, DOI:10.15544/RD.2017.195

154. Rakowska Joanna, Gołębiewski Jarosław: EU regional policy support for bioenergy sector in Poland in 2007-2013 (2015), w: Proceedings of the International Scientific Conference: Rural Development, 2017, ss. 385-390, DOI:10.15544/RD.2017.196

155. Gołębiewski Jarosław: Zmiany produktywności pracy w łańcuchu żywnościowym w Polsce, w: Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, nr 360, 2014, ss. 91-98

156. Gołębiewski Jarosław: Zmienność cen na światowym rynku zbóż i oleistych w latach 2000-2014, w: Przegląd Zachodniopomorski, 2014, ss. 337-348.

## Authors Information

**Yevgen Mykhailov** – Sc.D. in Engineerig, Professor, Professor of the Machine Use in Agriculture Department, Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Melitopol, Ukraine.  
<http://orcid.org/0000-0001-9906-6699>

**Jaroslav Golebiewski** – Sc.D. in Economics, Professor, Director Institute of Economics and Finance, Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Warsaw, Poland.  
<https://orcid.org/0000-0001-7869-790X>

**Serhii Kiurchev** – Sc.D. in Engineerig, Professor, Professor of the Department of Technology of Structural materials, Dean of the Faculty of Mechanical and Technological Engineering, Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Melitopol, Ukraine.  
<http://orcid.org/0000-0001-6512-8118>

**Taras Hutsol** – Sc.D. in Engineerig, Vice-Rector, State Agrarian and Engineering University in Podilia, Ukraine.  
<http://orcid.org/0000-0002-9086-3672>

**Oleksandr Kolodii** – Ph.D. in Engineerig, Senior lecturer, of the Department of Technology of Structural materials, Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Melitopol, Ukraine  
<http://orcid.org/0000-0003-2237-6730>

**Tomasz Nurek** – Sc.D. in Engineerig, Professor, Director Institute of Mechanical Engineering, Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Warsaw, Poland.  
<http://orcid.org/0000-0003-2821-3377>

**Szymon Glowacki** – Sc.D. in Engineerig, Institute of Mechanical Engineering, Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Warsaw, Poland.  
<http://orcid.org/0000-0002-0373-6633>

**Natali Zadosna** – Assistant of Department of Processing and Food Production Equipment named after professor F. Yalpachik, Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Melitopol, Ukraine. Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Melitopol, Ukraine.

<http://orcid.org/0000-0001-7780-2352>

**Valentyna Verkholantseva** – Ph.D. in Engineerig, Lecturer, Lecturer of Department of Processing and Food Production Equipment named after professor F. Yalpachik, Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Melitopol, Ukraine.

<http://orcid.org/0000-0003-1961-2149>

**Nadiia Palianychka** – Ph.D. in Engineerig, Lecturer, Lecturer of Department of Processing and Food Production Equipment named after professor F. Yalpachik, Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Melitopol, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0001-8510-7146>

**Oleg Kucher** – Ph.D. in Economics and Management, Vice-Dean Faculty of Economics, State Agrarian and Engineering University in Podilya, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-2086-5971>

