

Перевалов Л.І.², к.техн.н., професор, Фадєєв Л.В.¹, к.техн.н., доцент, Півень О.М.², к.техн.н., професор, Тимченко В.К.², к.техн.н., професор, Дьяченко М.В.², магістр

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОБРУШУВАННЯ НАСІННЯ СОНЯШНИКУ КОНДИТЕРСЬКОГО СОРТУ

¹ТОВ «Завод «Фадєєв Агро», м. Харків, Україна,

²Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Ключові слова: насіння соняшнику, кондитерський сорт, обрушування, технологічні фактори, нові закономірності, ефективні технологічні рішення.

Вступ. Безлушпинне ядро насіння соняшнику є відносно новим харчовим продуктом, який виробляє олійножирова галузь. Цей продукт поступово захоплює нові сегменти вітчизняного ринку, оскільки може використовуватись не тільки для безпосереднього вживання у їжу, але й як компонент інших харчових продуктів: кондитерських виробів (халва, казінаки), м'ясних фаршів, білкового борошна, майонеза і т. ін. Доцільно відмітити, що значна частина безлушпинного ядра є предметом експорту України [1,2].

Сфери використання безлушпинного ядра соняшнику постійно розширюються і одночасно видозмінюються вимоги щодо структурно-механічних властивостей обрушеного насіння, які часто мають специфічний характер. Так, деякі споживачі потребують не тільки високого ступеню обрушування, мінімального вмісту січки, але й високого вмісту цілого незруйнованого ядра (так званого «ядра з носиком»). Такі вимоги не може задовільнити класична технологія обрушування насіння соняшнику, оскільки вона вирішує іншу задачу підготовки насіння до вилучення олії.

Таким чином, розробка нових науково обґрунтованих технологічних прийомів обрушування насіння соняшнику, спрямованих на збільшення виходу ядрової фракції (суміші ядра та січки) цілого ядра та збереження його морфологічної цілісності є актуальним науковим завданням, яке вирішує це дослідження [4].

Аналіз стану проблеми. У промислових умовах під час обрушування насіння сучасних високоолійних і кондитерських сортів, а також гібридів насіння соняшнику визначальними параметрами процесу вважають вологість насіння і швидкість обертання ротору насіннерушки, яка регулює силу удару насінин об деку.

Вологість насіння зазвичай підтримують на рівні 6,0...7,0 %, при цьому за умови рівноважного розподілу вологи вологість лушпиння складає 11,0...12,0 %, а ядра – 4,0...5,0 %. Дослідники вважають, що саме вологість є основним фактором, який регулює міцність. Крихкість і пластичність лушпиння і ядра, а її оптимальне значення забезпечує ступінь обрушування на рівні 80,0...85,0 % за умови виходу 25,0...40,0 % цілого ядра.

Основний принцип регулювання процесу обрушування за рахунок параметру вологості можна сформулювати так: «Зробити так, щоб лушпиння (за рахунок втрати вологи) стало крихким і легко обрушувалось, а ядро із залишковою вологістю залишалось достатньо пластичним і не руйнувалось під час удару» [3].

Намагання вирішити проблему підвищення ступеню обрушування шляхом регулювання параметру вологості продовжується дотепер. Основна ідея полягає в тому, щоб підсушити лушпиння до стану, який забезпечує 100%-ве обрушування насіння настільки швидко, щоб ядро не встигло втратити вологу і залишилось достатньо пластичним.

Відомо, що швидке висушування лушпиння забезпечується у сушарках киплячого шару, за допомогою інфрачервоного випромінювання та іншими способами [10, 6].

Найбільш вдалим прикладом вирішення проблеми є спосіб обрушування крупної фракції кондитерського насіння (більше 3,6 мм за товщиною), запропонований Іхно М.П. [5, 7], за яким ефект 100 %-вого обрушування досягається за рахунок швидкого (5...10 хв.) підсушування насіння до вологості 3,5 %, швидкого охолодження атмосферним повітрям і миттєвого обрушування.

Дрібне кондитерське насіння, а також дрібне насіння сучасних високоолійних сортів і гібридів соняшнику якісно обрушувати таким способом не вдається.

Останнім часом у вирішенні зазначеної вище проблеми з'явилось принципово інше спрямування. Його сутність полягає в тому, щоб за умови наявності адсорбційної вологи насіння змінити її здатність впливати на пружно-пластичні властивості насіння і ядра під час обрушування.

Найпростішим способом досягнення такого стану є заморожування насіння, яке зберігає вологу, але докорінно змінює її вплив на пружно – пластичні властивості матеріалу. Ця ідея у загальному вигляді простежується у дослідженнях [8, 9] і стосується або простої констатації факту, або вирішення окремих питань переробки соняшнику.

Грунтовні дослідження щодо впливу заморожування насіння соняшнику на показники його обрушування, які проведено на кафедрі технології жирів та продуктів бродіння НТУ «ХП», створили наукове підґрунття нової технології обрушування насіння у замороженому стані [11, 12]. Цей спосіб дозволяє вирішити ряд нових задач, що виникають під час обрушування дрібного насіння, а саме: збільшення виходу цілого ядра, скорочення виходу січки та олійного пилу та ін.

Ще одним фактором, що суттєво впливає на якість обрушування, але дотепер залишався поза увагою дослідників, можна назвати орієнтаційний фактор. Спеціалісти вважають [14], що якість обрушування залежить від положення насінини в момент удару об деку насіннерушки: тільки тупим кінцем, тільки гострим або таким, який об'єднує обидва положення.

Основною причиною, яка пояснює нестачу уваги до зазначеного фактору була відсутність насіннерушки, конструкція якої могла б забезпечити орієнтований удар насінин об деку. Останнім часом такі конструкції насіннерушок з'явилися. Варто відмітити відцентрову насіннерушку «Ласко», яка забезпечує обрушування насіння завдяки удару тільки тупим кінцем [15], і насіннерушку зі вбудованим пристроєм, який реалізує удар тільки гострим кінцем [16].

Таким чином, для реалізації сучасних можливостей управління процесом обрушування доцільно враховувати вплив щонайменше чотирьох факторів: N – фактору (швидкість обертання ротору насіннерушки); W – фактору (вологість насіння); T – фактору (температура обрушування насіння) та O_r – фактору (орієнтація насіння в момент удару об деку насіннерушки).

Мета та задачі дослідження. Метою цього дослідження є вивчення закономірностей впливу комплексу сучасних факторів на процес обрушування фракції дрібного кондитерського насіння та визначення ефективних технологічних параметрів, що за-

безпечують максимальний вихід ядрової фракції і максимальний вихід незруйнованого цілого ядра «з носиком».

У відповідності з поставленою метою вирішувались наступні задачі:

- визначення технологічних властивостей дрібної фракції кондитерського насіння сорту Лакомка;
- вивчення закономірностей впливу сучасних факторів (N, W, T та O_r) на процес обрушування цієї фракції кондитерського насіння;
- визначення раціональних технологічних параметрів процесу обрушування, які забезпечують максимальний вихід ядрової фракції та максимальний вихід незруйнованого цілого ядра.

Методична частина. Об'єктом дослідження вибрано дрібну фракцію кондитерського насіння сорту Лакомка (3,2...3,4 мм за товщиною).

За стандартними методиками, що прийняті у олійно-жировій галузі [17], визначено основні технологічні властивості: вологість, вміст ядра та лушпиння, масу 1000 насіння. В табл. 1 представлено значення цих показників.

Таблиця 1 – Технологічні показники насіння кондитерського сорту Лакомка

Номер досліджу	Вміст води, %			Склад насіння, %		Маса 1000 шт. насіння
	Насіння	Лушпиння	Ядра	Вміст лушпиння	Вміст ядра	
1	5,90	8,66	3,52	29,85	70,15	63,52
2	5,83	8,73	3,61	29,01	70,99	64,12
Середнє значення	5,87	8,70	3,57	29,43	70,57	63,82

Під час виконання основних досліджень сплановано три серії експериментів у 2-х паралелях з метою вивчення впливу вибраних факторів на склад рушанки і параметри обрушування. У кожній з трьох серій вивчали вплив однієї з трьох складових орієнтаційного фактору (O_r), які різняться за характером удару насіння об деку насіннерушки (гострим, тупим кінцем або випадковим, який поєднує обидва положення насінини) [14]. Інші три фактори у кожній серії вирівнювались у двох рівнях: N – фактор (15,0 і 18,33 c^{-1}); W – фактор (1,5 і 7,0 %); T – фактор (+20 °C і -20 °C). Вибір рівнів варіювання значень факторів чинився на підставі раніше виконаних досліджень [13].

Обрушування насіння здійснювали за допомогою відцентрової «Насіннерушки-2 Іхно», яка дозволяє обрушувати насіння шляхом однократного удару кожної насінини. Розподіл насіння за видом орієнтації окремих насінин під час удару приймали як статистичний, що передбачає однакову вірогідність удару гострим або тупим кінцем.

Для забезпечення точної орієнтації насінин під час удару об деку у середню частину ротору насіннерушки –2 Іхно було вбудовано спеціальну насадку із вигнутою трубкою, яка спрямовує насінину в один з каналів ротору, який обертається, і не дозволяє їй змінити орієнтацію до моменту удару.

Для забезпечення температури мінус 20 °C під час обрушування було улаштовано спеціальну камеру, в якій як холодоагент використовували очищене силікагелем повітря, охолоджене в середовищі зрідженого азоту.

Для характеристики якості обрушування вибрано наступні показники: вміст компонентів рушанки, коефіцієнт обрушування (K_o) і коефіцієнт збереження ядра

($K_{зб.я}$), а також вихід ядрової фракції – $V_{яф}$, % (суміш ядра та січки) і вихід незруйнованого цілого ядра – $V_{нця}$, %.

Відповідно до мети і задач дослідження були зроблені дві групи показників для роздільного визначення впливу факторів: на вихід ядрової фракції (показники K_o і $V_{яф}$, %), та на вихід незруйнованого цілого ядра з носиком (показники $K_{зб.я}$ і $V_{нця}$, %). Ці показники мають вагоме значення при визначенні раціональних умов одержання рослинної олії і белку, а також для одержання високоякісного кондитерського ядра. Зазначені характеристики визначали за типовими методиками і розрахунками, наведеними у [17].

Викладення основного матеріалу досліджень. Експериментальні дослідження з обрушення насіння соняшнику кондитерського сорту Лакомка здійснено в трьох планових експериментах за умови зміни всіх факторів, що впливають на процес обрушування. В таблицях 2–4 наведено склади рушанок (в % мас), які одержано за однакових умов зміни вологості, температури та швидкості обертання ротору, але за різної орієнтації насінин в момент удару об деку насіннерушки.

У таблицях 2–4, 5, 7 наведено:

- вихід компонентів рушанки в % мас;
- вихід ядра – як сума цілого непошкодженого ядра «з носиком» (з Н) та частково пошкодженого ядра «без носика» (без Н);

Жирним шрифтом виділені значення з найбільш важливими даними, з максимальними або близькими до них значеннями показників.

Таблиця 2 – Вплив Т – , N – та W – факторів на склад рушанки при випадковому ударі насінини об деку

Т, °С	–20,00				+20,00			
	15,00		18,33		15,00		18,33	
N, с ⁻¹	1,50	7,00	1,50	7,00	1,50	7,00	1,50	7,00
1. Пил	1,65	1,41	3,38	2,56	4,50	2,23	9,22	5,51
2. Ядро	40,24	24,17	50,38	37,38	34,19	22,80	26,95	25,73
2.1 Ядро без Н	7,02	2,35	14,21	6,40	8,72	3,92	10,42	8,74
2.2 Ядро з Н	33,22	21,82	36,17	30,98	25,47	18,88	16,53	16,99
3. Січка	8,50	2,60	14,99	8,32	19,13	9,63	29,37	20,95
4. Недоруш	7,01	16,49	2,41	13,75	5,85	17,10	5,01	14,19
5. Ціляк	22,09	42,16	2,93	17,33	12,52	31,91	3,14	11,90
6. Лушпиння	20,51	13,18	25,91	20,66	23,83	16,33	26,32	21,74

Таблиця 3 – Вплив Т – , N – та W – факторів на склад рушанки при ударі насінини об деку гострим кінцем

Т, °С	–20,00				+20,00			
	15,00		18,33		15,00		18,33	
N, с ⁻¹	1,50	7,00	1,50	7,00	1,50	7,00	1,50	7,00
1. Пил	1,30	0,85	3,22	2,07	2,28	0,99	5,29	2,51
2. Ядро	35,01	16,74	45,85	35,23	26,83	13,02	33,31	24,85
2.1 Ядро без Н	6,06	2,91	16,03	5,19	6,21	1,49	12,16	4,60
2.2 Ядро з Н	28,95	13,83	29,82	30,04	20,62	11,53	21,15	20,25
3. Січка	5,64	2,14	13,68	5,71	7,98	2,67	20,85	7,28
4. Недоруш	8,23	11,88	4,13	14,68	8,06	10,26	6,62	15,61
5. Ціляк	32,39	59,52	7,68	22,65	38,11	64,89	8,85	33,16
6. Лушпиння	17,42	8,86	25,43	19,67	16,76	8,18	25,09	16,60

Таблиця 4 – Вплив T – , N – та W – факторів на склад рушанки при ударі насінни об деку тупим кінцем

$T, ^\circ\text{C}$	– 20				+20,00			
	15,00		18,33		15,00		18,33	
N, c^{-1}	1,50	7,00	1,50	7,00	1,50	7,00	1,50	7,00
$W, \%$	1,50	7,00	1,50	7,00	1,50	7,00	1,50	7,00
1. Пил	2,86	1,79	5,27	3,81	4,65	1,58	7,03	4,13
2. Ядро	44,75	33,97	44,05	42,46	34,63	23,81	37,44	32,93
2.1 Ядро без Н	9,45	4,77	15,47	9,24	10,37	3,49	12,44	7,33
2.2 Ядро з Н	35,30	29,20	28,58	33,22	24,26	20,32	25,00	25,60
3. Січка	10,59	3,34	18,11	7,75	12,49	3,64	19,30	8,39
4. Недоруш	7,32	20,07	3,90	15,02	10,16	18,66	7,97	17,16
5. Ціляк	9,65	22,40	3,25	8,78	15,69	37,75	3,00	17,31
6. Лушпиння	24,84	18,43	25,43	22,18	22,38	14,57	25,26	20,07

Аналіз даних, наведених у табл. 2–4, виявив, що якість обрушування (вихід ядра та непошкодженого ядра з Н) суттєво залежить від величини діючого фактору. Вихід цілого ядра та вихід непошкодженого ядра збільшується:

- при зменшенні температури від $+20\text{ }^\circ\text{C}$ до $-20\text{ }^\circ\text{C}$;
- при збільшенні швидкості обертання ротору від 15,00 до 18,33 c^{-1} ;
- при зменшенні вологості насіння від 7,0 до 1,5 %.

Вплив факторів на коефіцієнт обрушування і вихід ядрової фракції наведено у табл. 5.

Аналіз даних таблиці 5 підтверджує загальні висновки щодо впливу T – , N – , W – та O_r – факторів на показники обрушування. Додатково виявлено, що ефективність дії O_r – фактору за умови випадкового удару та удару тупим кінцем є приблизно однаковою.

Таблиця 5 – Вплив T – , N – , W – та O_r – факторів на коефіцієнт обрушування і вихід ядрової фракції

$T, ^\circ\text{C}$	–20,00				+20,00			
	15,00		18,33		15,00		18,33	
N, c^{-1}	1,50	7,00	1,50	7,00	1,50	7,00	1,50	7,00
$W, \%$	1,50	7,00	1,50	7,00	1,50	7,00	1,50	7,00
Вид удару	Коефіцієнт обрушування, K_o							
Випадковий	0,72	0,44	0,95	0,72	0,83	0,54	0,93	0,77
Гострим кінцем	0,61	0,31	0,89	0,65	0,55	0,27	0,86	0,54
Тупим кінцем	0,84	0,61	0,94	0,79	0,76	0,47	0,90	0,69
Середнє значення між орієнтованими ударами								
Значення	0,73	0,46	0,92	0,72	0,66	0,37	0,88	0,62
Вид удару	Вихід ядрової фракції $V_{яф}, \%$ від потенціалу							
Випадковий	68,94	37,87	92,46	64,64	75,42	45,87	79,66	66,02
Гострим кінцем	57,50	26,71	84,20	57,91	49,24	22,20	76,60	45,45
Тупим кінцем	78,28	52,77	87,93	71,02	66,65	38,83	80,26	58,45
Середнє значення між орієнтованими ударами								
Значення	67,89	39,74	86,07	64,47	57,95	30,52	78,43	51,95

Вплив W – фактору для кожного значення N – і T – факторів визначено за збільшенням (%) середніх значень між орієнтованими ударами показників K_o і $V_{яф}$ при зниженні вологості з 7,0 до 1,5 %, а потім оцінена інтенсивність цього впливу для різних значень N – фактору при зниженні температури обрушування. Розрахунки приведені в таблиці 6.

Таблиця 6 – Оцінка впливу W – фактору на середні значення між орієнтованими ударами показників K_o і V_{яф}

T, °C	-20				+20			
N, c ⁻¹	15,0		18,33		15,0		18,33	
W, %	1,5	7,0	1,5	7,0	1,5	7,0	1,5	7,0
Середні значення K _o між орієнтованими ударами								
	0,72	0,46	0,92	0,72	0,66	0,37	0,88	0,62
Визначення (%) збільшення K _o при зниженні вологи W								
	100 – (0,46/0,72) · 100 = 36,2		100 – (0,72/0,92) · 100 = 22,8		100 – (0,37/0,66) · 100 = 44,0		100 – (0,62/0,88) · 100 = 29,5	
Середні значення V _{яф} між орієнтованими ударами								
	67,89	39,74	86,07	64,47	57,95	30,52	78,43	51,95
Визначення (%) збільшення V _{яф} при зниженні вологи W								
	100 – (39,74/67,89) · 100 = 41,5		100 – (64,47/86,07) · 100 = 26,0		100 – (30,52/57,95) · 100 = 47,4		100 – (51,95/78,43) · 100 = 33,8	

Результати розрахунків показують, з одного боку, що зниження вологості від 7,0 до 1,5 % суттєво збільшує середні значення між орієнтованими ударами показників K_o від 22,8 до 44,0 % і V_{яф} від 30,52 до 86,07 %, а з другого боку – що інтенсивність цього впливу (при однакових обертах ротору насіннерушки) знижується при зниженні температури: для N= 18,33 c⁻¹ – від 29,5 до 22,8 % і при N= 15,0 c⁻¹ – від 44,0 до 36,2 %.

Особливості дії W– фактору на параметри обрушування насіння є доказом того, що адсорбційна волога насіння під час охолодження до мінусових температур зменшує свій вплив на пружно-пластичні властивості оболонки насіння, зокрема на її крихкість. Цей факт дозволяє розширити теоретичні погляди на особливості обрушування насіння соняшнику в замороженому стані.

На підставі проведеного аналізу визначено умови одержання максимального виходу ядрової фракції, який досягається за температури мінус 20 °C, низькій вологості насіння і максимальній швидкості обертання ротору насіннерушки за умови забезпечення випадкового удару або удару тупим кінцем насіння.

Доцільно відмітити, що достатніми для практичних цілей є також показники обрушування (K_o і V_{яф}), які досягаються і при температурі + 20 °C за умови низької вологості і максимальної швидкості обертання ротору.

Тому, для виробництва олії та білка з обрушеного насіння можна запропонувати два варіанта раціональних технологічних параметрів обрушування, доцільність реалізації яких залежить від технічних можливостей підприємства та економічної доцільності.

В табл. 7 представлено такі варіанти раціональних технологічних параметрів обрушування насіння соняшнику з метою одержання олії та білка.

Таблиця 7 – Раціональні умови обрушування насіння для одержання олії та білка

Фактор обрушування	Раціональні технологічні параметри і показники обрушування			
	1 варіант		2 варіант	
	Значення факторів	Показники обрушування	Значення факторів	Показники обрушування
T – фактор, °C	- 20,0	V _{яф} = 86...92 % K _o = 0,92...0,95	+ 20,0	V _{яф} = 78...80% K _o = 88...93
N – фактор, c ⁻¹	18,33		18,33	
W– фактор, %	1,5		1,5	
O _r – фактор	Випадковий удар або удар тупим кінцем			

Для одержання з обрушеного насіння кондитерського ядра високої якості важливими є показники виходу цілого ядра та збереження його морфологічної цілосності («ядро з носиком»). Для визначення раціональних технологічних параметрів, які забезпечують достатні для практичних цілей показники кондитерського ядра за даними табл. 1–4 розраховано коефіцієнт збереження ядра ($K_{зб.я}$) та вихід непошкодженого цілого ядра ($V_{нця}$, %) від потенціалу ядра (70,57 %, табл. 1). Одержані розрахункові дані представлено в табл. 8.

Таблиця 8 – Вплив T -, N -, W - та O_r - факторів на коефіцієнт збереження ядра і вихід непошкодженого цілого ядра

$T, ^\circ C$	-20,00				+ 20,00			
N, c^{-1}	15,00		18,33		15,00		18,33	
$W, \%$	1,50	7,00	1,50	7,00	1,50	7,00	1,50	7,00
Вид удару	Коефіцієнти збереження, $K_{зб.я}$							
Випадковий	0,80	0,83	0,75	0,77	0,59	0,63	0,42	0,49
Гострим кінцем	0,84	0,83	0,74	0,80	0,70	0,74	0,56	0,69
Тупим кінцем	0,76	0,84	0,67	0,79	0,66	0,77	0,60	0,71
Середнє значення між орієнтованими ударами								
Значення	0,80	0,84	0,71	0,80	0,68	0,76	0,58	0,70
Вид удару	Вихід цілого непошкодженого ядра $V_{нця}$, % від потенціалу							
Випадковий	46,99	30,86	51,16	43,82	36,03	26,70	23,38	24,03
Гострим кінцем	40,95	19,56	42,18	42,49	29,17	16,31	29,92	28,64
Тупим кінцем	49,93	41,30	40,42	46,99	34,31	28,74	35,36	36,21
Середнє значення між орієнтованими ударами								
Значення	45,44	30,43	41,30	44,74	31,74	22,53	32,64	32,43

Детальний аналіз даних табл. 8 виявив деякі закономірності. А саме:

– найбільший вплив на розрахункові показники обрушування має T - фактор, що видно по змінненню середніх значень показників $K_{зб.я}$ і $V_{нця}$, % між орієнтованими ударами в залежності від температури обрушування. При зниженні температури від 20 до $-20\ ^\circ C$ $K_{зб.я}$ збільшився від 0,68 до 0,79, тобто на 12 %, а $V_{нця}$ – від 29,80 до 40,41 %, тобто на 27 %;

– при $20\ ^\circ C$ максимальне значення $K_{зб.я} = 0,77$ спостерігається при низьких обертах ротору $N = 15,00\ c^{-1}$ і вологості $W = 7,0\%$, що відповідає відомим закономірностям;

– при температурі $-20\ ^\circ C$ закономірності впливу N – і W – факторів на показники $K_{зб.я}$ і $V_{нця}$ більш складні і недостатньо вивчені, оскільки при заморожуванні головною властивістю ядра, що визначає його стійкість при руйнуванні, стає його міцність, яка збільшується при підвищенні вологості. Тому, максимальні та близькі до них значення $K_{зб.я}$ (0,84 і 0,80) спостерігаються при вологості насіння 7,0 % і обертах ротору 15,00 і 18,33 c^{-1} . В той же час, максимальний вихід цілого ядра з носиком (45,44 %) спостерігається при $N = 15,00\ c^{-1}$ і $W = 1,5\%$;

– у більшості розглянутих випадків удар тупим кінцем (вплив O_r – фактора) є більш ефективним, ніж удар гострим кінцем відносно показників $K_{зб.я}$ і $V_{нця}$;

– найбільші значення $K_{зб.я}$ і $V_{нця}$ сподостерегаються в умовах вологості 7,0 % і температурі $-20\ ^\circ C$.

В цілому, близькі за величиною коефіцієнти збереження ядра і вихід цілого незруйнованого можна одержати за двома варіантами технологічних параметрів, які можна рекомендувати як раціональні для одержання кондитерського ядра насіння соняшника. Результати аналізу наведено у табл. 9.

Таблиця 9 – Раціональні умови обрушування насіння для одержання кондитерського ядра

Фактор обрушування	Раціональні технологічні параметри і показники обрушування			
	1 варіант		2 варіант	
	Значення факторів	Показники обрушування	Значення факторів	Показники обрушування
T– фактор, °C	-20,0	K _{зб.я} = 0,84 B _{нця} = 45,4 %	-20,0	K _{зб.я} = 0,80 B _{нця} = 44,7 % суттєво
N– фактор, с ⁻¹	15,0		18,33	
W– фактор, %	1,5		7,0	
O _r – фактор	випадковий та удар тупим кінцем		випадковий, гострим та тупим кінцем	

Висновки. Комплекс виконаних теоретичних та експериментальних досліджень дозволяє зробити наступні висновки.

1. Набуло подальшого розвитку теоретичне уявлення щодо механізму впливу технологічних факторів на ефективність обрушування насіння соняшнику.

2. Вперше показано, що O_r– фактор, який враховує положення насінини в момент удару об деку насіннерушки суттєво впливає на показники обрушування дрібної фракції насіння кондитерського сорту.

3. Вперше експериментально доведено, що за умови дії мінусових температур знижується ефективність впливу адсорбційної вологи на пружно-пластичні властивості оболонки насіння.

4. Визначено раціональні технологічні параметри обрушування дрібної фракції кондитерського сорту соняшника для практичної реалізації в технологіях видобування рослинної олії та білка, а також одержання високоякісного кондитерського ядра.

Література

1. Тесленко С.О. Безлушпинне ядро соняшнику для отримання кондитерських виробів /С.О. Тесленко, Л.І. Перевалов, Г.В. Садовничий //Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. – Харків: ХДУХТ, 2013. – Вип. 2 (18). – С. 84–91.

2. Іхно Микола Петрович. Науково-практичні основи отримання тавикористання харчового безлушпинного ядра соняшника: дис. на здобуття наук. ступ. д-ра техн. наук: 05.18.6 /Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». – Харків, 2004.

3.Технология производства растительных масел: учебник /Л.А. Мхитарьянц, Е.П. Корнена [и др.]; под общей редакцией Е.П. Корненой. – Сб: ГИОРД, 2009. –352 с.

4. КупченкоА. Добре обрушення насіння соняшнику – запорука якості кінцевої продукції / А.Купченко //Олійно-жировий комплекс. – 2007. – № 5.

5. Пат. 27009 Україна, МПКА1/36,С11В 1/04, Спосіб одержання ядра соняшни-

кового насіння / Ихно Н.П.; Заявник та патентовласник Ихно Микола Петрович. № 95114827; заявл. 09.11.1995; опубл. 28.02.2000; Бюл. № 1.

6. Фролов Руслан Николаевич. Совершенствование процесса обрушивания семян подсолнечника с применением при подготовке инфракрасного облучения: дисс. Кандидата технических наук 05.18.12 – Процессы и аппараты пищевых производств. Краснодар. – 2002. – 123 с.

7. Ихно Н.П. Теория и практика получения низколузгового яра подсолнечника /Н.П. Ихно //Масложировая промышленность. – 1999. – № 3. – С.19–21.

8. Legraux Andre, Sury-en-Brie, Process for embrittling integuments of small seeds. U.S. Pat. 4.090.669. May 25, 1978.

9. Фют А.К. Совершенствование технологии и оборудования подготовительных процессов переработки семян подсолнечника /А.К. Фют, В.В. Ключкин //М.: АгроНИИТЭИПП. 1990. – Серия 20. – Вып. 5. – 32 с.

10. Кучеренко А.В. Огляд і класифікація способів підготовки насіння соняшнику до обрушування /А.В. Кучеренко, Т.І. Мелехова // Хранение и переработка зерна. – 2001. – Т. 22. – №4. – С. 35–38.

11. Пат. 1142005 Україна, МПК (2017.01), С11В 1/02 (2006.01), В02В 3/00. Спосіб обрушування соняшникового насіння /Перевалов Л.І., Попсуйшапка А.В., Гладкий Ф.Ф., Півень О.М., Гірман В.В., Тесленко С.О., Калішевська Н.В., Задорожний В.К.; заявник та патентовласник Перевалов Леонід Іванович. – № и 201506862; Заявл. 03.02.2015; Опубл. 10.05.2017; Бюл. №9.

12. Перевалов Л.І. Новая технология обрушивания семян подсолнечника / Л.И. Перевалов, Е.Н. Пивень, А.В. Попсуйшапка, С.А. Тесленко // Масложировой комплекс. – Днепропетровск. – 2012. – №1 (36). – С. 47–49.

13. Перевалов Л.І. Вплив вологості насіння високоолеїнового соняшнику гібриду український F–1 на обрушування цього насіння в замороженому стані /Л.І. Перевалов, О.М. Півень, С.О. Тесленко //Інтегровані технології та енергозбереження. – 2019. – №4. – С. 56–62.

14. Белобороов В.В. Основные процессы производства растительных масел. – М: Пищевая промышленность, 1966. – 478 с.

15. Пат. 02645 Україна. МПК В02В 3/00 3/02 Спосіб Ласко обрушування олійного насіння та насіннерушка Ласко / Фадеєв Л.В.; Опубл. 15.12.2003; Бюл. №5.

16. Лобанов В.И. Устройство для обрушивания семян подсолнечника с предварительным их ориентированием в направляющих коробах / В.И. Лобанов, С.Ю. Бузоверов. М.П. Желтунов // Вестник Алтайского государственного университета. – №3 (149). – 2017. – С. 161.

17. Копейковский В.М. Лабораторный практикум по технологии производства растительных масел / В.М. Копейковский, А.К. Мосян, Л.А. Мхитарьянц, В.Е. Тарасов. – М: Агропромиздат, 1990. – 416 с.

Bibliography (transliterated)

1. Teslenko S.O. Bezlushpynne yadro soniashnyku dlia otrymannia kondyterskykh vyrobiv / S.O. Teslenko, L.I. Perevalov, H.V. Sadovnychi // Prohresyvni tekhnika ta tekhnologii kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli. – Kharkiv: KhDUKhT, 2013. – Vyp.2 (18). – P. 84–91.

2. Ikhno Mykola Petrovych. Naukovo-praktychni osnovy otrymannia ta vykorystannia kharchovoho bezlushpynnoho yadra soniashnyka: dys. na zdobuttia nauk. stup. d-ra tekhn.

nauk: 05.18.6 / Natsionalnyi tekhnichnyi universytet «Kharkivskiy politekhnichnyi instytut». – Kharkiv, 2004.

3. Tehnologiya proizvodstva rastitelnykh masel: uchebnyk / L.A. Mhityants, E.P. Kornena [i dr.]; pod obschey redaktsiye E.P. Kornenoy. – Sb: GIOR, 2009. – 352 p.

4. Kupchenko A. Dobre obrushennia nasinnia soniashnyku – zaporuka yakosti kintsevoi produktsii / A. Kupchenko // Oliino-zhyrovyi kompleks. – 2007. – no 5.

5. Pat. 27009 Ukraina, MPKAL1/36,C11B 1/04, Sposib oderzhannia yadra soniashnykovoho nasinnia / Ykhno N.P.; Zaiavnyk ta patentovlasnyk Ikhno Mykola Petrovych.no y 95114827; zaiavl.09.11.1995; opubl.28.02.2000; Biul. no 1.

6. Frolov Ruslan Nikolaevich. Sovershenstvovanie protsessa obrushivaniya semyan podsolnechnika s primeneniem pri podgotovke infrakrasnogo oblucheniya: diss. Kandidata tehnycheskikh nauk 05.18.12 – Protsepyi i apparaty pischevykh proizvodstv. Krasnodar. – 2002. – 123 p.

7. Ihno N.P. Teoriya i praktika polucheniya nizkoluzgovogo yara podsolnechnika / N.P. Ihno // Maslozhirovaya promyshlennost. – 1999. – no 3. – P. 19–21.

8. Lerrauzaux Andre, Sury-en-Brie, Process for embrittling integuments of small seeds. U.S. Pat. 4.090. 669. May 25, 1978.

9. Fyut A.K. Sovershenstvovanie tehnologii i oborudovaniya podgotovitelnykh protsessov pererabotki semyan podsolnechnika / A.K. Fyut, V.V. Klyuchkin // M.: AgroNIITEIPP. 1990. – Seriya 20. – Vyip. 5. – 32 p.

10. Kucherenko A.V. Ohliad i klasyfikatsiia sposobiv pidhotovky nasinnia soniashnyku do obrushuvannia / A.V. Kucherenko, T.I. Melekhova // Khranenyie y pererabotka zerna. – 2001. – T. 22. – no4. – P. 35–38.

11. Pat. 1142005 Ukraina, MPK (2017.01), S11V 1/02 (2006.01), V02V 3/00. Sposib obrushuvannia soniashnykovoho nasinnia / Perevalov L.I., Popsuishapka A.V., Hladkyi F.F., Piven O.M., Hirman V.V., Teslenko S.O., Kalishevskaya N.V., Zadorozhnyi V.K.; zaiavnyk ta patentovlasnyk Perevalov Leonid Ivanovych. – no y 201506862; Zaiavl. 03.02.2015; Opubl. 10.05.2017; Biul. No 9.

12. Perevalov L.I. Novaya tehnologiya obrushivaniya semyan podsolnechnika / L.I. Perevalov, E.N. Piven, A.V. Popsuishapka, S.A. Teslenko // Maslozhirovoy kompleks. – Dnepropetrovsk. – no1 (36). – P. 47–49.

13. Perevalov L.I. Vplyv volohosti nasinnia vysokooleinovoho soniashnyku hibrydu ukrainskyi F–1 na obrushuvannia tsoho nasinnia v zamorozhenomu stani / L.I. Perevalov, O.M. Piven, S.O. Teslenko // Intehrovani tehnolohii ta enerhozberezhennia. – 2019. – no4. – P. 56–62.

14. Beloborov V.V. Osnovnyie protsepyi proizvodstva rastitelnykh masel. – M: Pischevaya promyshlennost, 1966. – 478 p.

15. Pat. 02645 Ukraina. MPK V02V 3/00 3/02 Sposib Lasko obrushuvannia oliinoho nasinnia ta nasinnierushka Lasko / Fadiiev L.V.; Opubl. 15.12.2003; Biul. no 5.

16. Lobanov V.I. Ustroystvo dlya obrushivaniya semyan podsolnechnika s predvaritelnyim ih orientirovaniem v napravlyayuschih korobah / V.I. Lobanov, S.Yu. Buzoverov. M.P. Zheltunov // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo universiteta. – no 3 (149). – 2017. – P. 161.

17. Kopeykovskiy V.M. Laboratornyiy praktikum po tehnologii proizvodstva rastitelnykh masel / V.M. Kopeykovskiy, A.K. Mosyan, L.A. Mhityants, V.E. Tarasov. – M: Agropromizdat, 1990. – 416 p.

УДК 582.998.2:664.31

Перевалов Л.І., Фадєєв Л.В., Півень О.М., Тимченко В.К., Дьяченко М.В.

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОБРУШУВАННЯ НАСІННЯ СОНЯШНИКУ КОНДИТЕРСЬКОГО СОРТУ

Сфери використання безлушпинного ядра соняшнику постійно розширюються і одночасно видозмінюються вимоги щодо структурно-механічних властивостей обрешеного насіння. Значна частина безлушпинного ядра є предметом експорту України. Метою цього дослідження було вивчення закономірностей впливу комплексу сучасних факторів на процес обрушування фракції дрібного кондитерського насіння та визначення ефективних технологічних параметрів, що забезпечують максимальний вихід ядрової фракції і максимальний вихід незруйнованого цілого ядра «з носиком». Наведено результати системного теоретичного та експериментального дослідження комплексної дії сучасних технологічних факторів на особливості обрушування дрібної фракції насіння соняшнику кондитерського сорту, а саме: вплив чотирьох факторів: N – фактору (швидкість обертання ротору насіннерушки); W – фактору (вологість насіння); T – фактору (температура обрушування насіння) та O_r – фактору (орієнтація насіння в момент удару об деку насіннерушки). Вперше експериментально доведено, що за умови дії мінусових температур знижується ефективність впливу адсорбційної вологи на пружно-пластичні властивості оболонки насіння. А також доведено, що фактор, який враховує положення насіння в момент удару об деку насіннерушки суттєво впливає на показники обрушування дрібної фракції насіння кондитерського сорту. Запропоновано ефективні технологічні рішення щодо реалізації наукових здобутків у технологіях видобування рослинної олії та білку, а також у виробництві високоякісного ядра соняшника кондитерського сорту.

Ключові слова: насіння соняшнику, кондитерський сорт, обрушування, технологічні параметри, нові закономірності, ефективні технологічні рішення.

Перевалов Л.И., Фадеев Л.В., Пивень Е.Н., Тимченко В.К., Дьяченко М.В.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОБРУШИВАНИЯ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА КОНДИТЕРСКОГО СОРТА

Сферы использования безлузгового ядра подсолнечника постоянно расширяются и одновременно видоизменяются требования к структурно-механическим свойствам обрешенных семян. Значительная часть безлузгового ядра является предметом экспорта Украины. Целью настоящего исследования было изучение закономерностей влияния комплекса современных факторов на процесс обрушивания мелкой фракции кондитерских семян подсолнечника и определения эффективных технологических параметров, обеспечивающих максимальный выход ядровой фракции и максимальный выход целого ядра «с носиком». Приведены результаты системного теоретического и экспериментального исследования комплексного воздействия современных технологических факторов на особенности обрушивания мелкой фракции семян подсолнечника кондитер-

ского сорта, а именно: влияние четырех факторов: N – фактора (скорость вращения ротора семенорушки), W – фактора (влажность семян), T – фактора (температура обрушивания семян) и O_r – фактора (ориентация семян в момент удара о деку семенорушки). Впервые экспериментально доказано, что в условиях действия отрицательных температур снижается эффективность воздействия адсорбционной влаги на упруго-пластические свойства оболочки семян. А также доказано, что фактор, который учитывает положения семян в момент удара о деку семенорушки существенно влияет на показатели обрушивания мелкой фракции семян кондитерского сорта. Предложены эффективные технологические решения по реализации научных достижений в технологиях добычи растительного масла и белка, а также в производстве высококачественного ядра подсолнечника кондитерского сорта.

Ключевые слова: семена подсолнечника, кондитерский сорт, обрушивание, технологические параметры, новые закономерности, эффективные технологические решения.

Perevalov L., Fadeev L., Piven O., Timchenko V., Diachenko M.

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL RESEARCHES OF THE PROCESS OF SEED DEHULLING OF SUNFLOWER CONFECTIONERY SORT

The areas of use of the huskless sunflower kernel are constantly expanding and, at the same time, the requirements for the structural and mechanical properties of peeled seeds are being modified. A significant part of the huskless sunflower kernel is the subject of export of Ukraine. The purpose of this study was to study the laws of the influence of a complex of modern factors on the separation process of husks of a fine fraction of confectionery sunflower seeds and definition of effective technological parameters that ensure the maximum output of the whole kernel “with a nose», namely, the influence of four factors: N – factor (speed of rotation of the rotor of the seed), W – factor (moisture of the seeds), T – factor (temperature of seed crushing) and O_r – factor (orientation of the seeds at the moment of impact on the deck of the Dehuller). For the first time it has been experimentally proved that under the influence of subzero temperatures the efficiency of the effect of adsorption moisture on the elastic-plastic properties of the seed coat decreases. And it is also proved that a factor that takes into account the position of the seeds at the time of impact on the deck of the Dehuller significantly affects the rate of caving in the small fraction of seeds of the confectionery variety. Effective technological solutions are proposed for the implementation of scientific achievements in technologies for the extraction of vegetable oil and protein, as well as in the production of a high-quality of sunflower kernel confectionery sort.

Keywords: sunflower seeds, confectionery sort, caving, technological parameters, new patterns, effective technological solutions.