

УДК 631.362.3

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2018.48.143-153>

**І.О. Скринник**, доц., канд. техн. наук, **І.О. Пісарькова**, інженер-конструктор,  
**М.М. Петренко**, проф., канд. техн. наук

*Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький,  
Україна*

*e-mail: petrenkonn@i.ua*

## Механічне травмування насіння

Отримані залежності відношення нормальної до поверхні складової швидкості зернівки пшениці після удару по поверхні до швидкості удару (аналог коефіцієнта миттєвого тертя, від якого залежить травмування зерна) і коефіцієнта травмування насіння від швидкості удару по поверхні, кута її нахилу, матеріалу, геометрії, вологості зерна. Ці дані служать для вибору режимів роботи машин для післязбиральної обробки зерна і геометрії поверхонь їх робочих органів.

**пошкодження, зернівка, удар, вологість, поверхня, матеріал, швидкість**

**И.А. Скринник**, доц., канд. техн. наук, **И.А. Писарькова**, инженер-конструктор, **Н.Н. Петренко**, проф., канд. техн. наук

*Центральноукраинский национальный технический университет, г. Кропивницкий, Украина*

### Механическое травмирование семян

Получены зависимости отношения нормальной к поверхности составляющей скорости зерновки пшеницы после удара по поверхности к скорости удара (аналог коэффициента мгновенного трения, от которого зависит травмирование зерна) и коэффициента травмирования семян от скорости удара по поверхности, угла ее наклона, материала, геометрии, влажности зерна. Эти данные служат для выбора режимов работы машин для послеуборочной обработки зерна и геометрии поверхностей их рабочих органов.

**повреждение, зерно, удар, влажность, поверхность, материал, скорость**

**Постановка проблеми.** Сучасні технології виробництва зернових культур не дозволяють отримати якісне зерно через наявність макро- і мікропошкоджень зернівок, що утворюються при збиранні і післязбиральній обробці врожаю. Механічні пошкодження зерна машинами мають негативний вплив як на насінневий матеріал, так і на продовольче зерно. Зернова маса, що має в своєму складі ту чи іншу кількість механічно пошкоджених зерен, менш стійка до зберігання, так як у пошкодженого зерна більш інтенсивне дихання, воно більше виділяє тепла і вологи. Все це призводить до виникнення вогнищ самозігрівання, і, якщо вчасно не вжити відповідних заходів, вся партія зерна може повністю стати непридатною до посіву. До того ж пошкоджене зерно в більшій мірі піддається впливу хвороб (мікроорганізмів) і шкідників [1-8].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У роботах Пугачова О.М. [8], Тарасенка О.П. [6,7], Бедыч Т.В. [1,2], Гамадиева А.М. [3], Кирпи М.Я. [5], Кузнецова В.В. [6] і інших вивчені механізми механічних пошкоджень зерна колосових культур, запропонована класифікація видів травмування зернівок, заснована на зміні їх фізико-механічних властивостей. Встановлено, що 30-40% насіння зернових культур не дають сходів через мікропошкодження. При посіві травмованим насінням врожайність зернових знижується. Вивчення травмування зерна в період післязбиральної обробки частіше обмежувалося дослідженнями механічного впливу окремими машинами і механізмами на пошкодження насіння. Не встановлені механізми залежності травмування насіння від комплексної дії швидкості удару зернівки по поверхні, її кута

© І.О. Скринник, І.О. Пісарькова, М.М. Петренко, 2018

нахилу, матеріалу, вологості зерна. Ці дані необхідні для вибору режимів роботи машин для післязбиральної обробки зерна і поверхонь їх робочих органів.

**Постановка завдання.** Встановити вплив різних чинників на відношення нормальної до поверхні складової швидкості зернівки пшениці після удару до швидкості удару (аналог коефіцієнта миттєвого тертя, від якого залежить травмування зерна). Вивчити залежність травмування в процесі його взаємодії з поверхнями робочих органів машин від швидкості удару по поверхні, її кута нахилу, матеріалу, геометрії, вологості зерна.

**Виклад основного матеріалу.** Пошкодження зернівок визначали прямим або органолептичним (візуальним) методом з використанням цифрового USB мікроскопа Magnifier Ultra Zoom 1000x (MG576) без фарбування і з застосуванням фарбування зерна у 0,5% розчині йоду в йодистому калії.

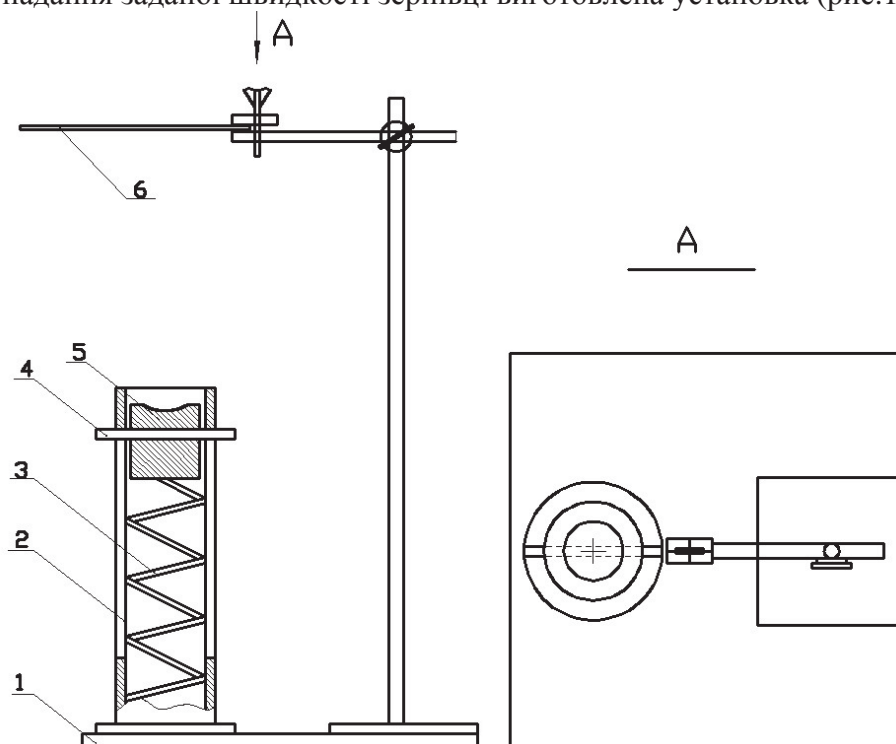
Після просихання зернівки розбирали по шести видам травм:

- зерно з вибитим зародком;
- зерно з пошкодженим зародком;
- зерно з пошкодженою оболонкою зародка;
- зерно з пошкодженою оболонкою зародка і ендосперма;
- зерно з пошкодженою оболонкою ендосперма;
- зерно з пошкодженим ендоспермом.

При проведенні експериментальних досліджень використовували пшеницю «Харківська-39» (тверда). Маса 1000 зерен – 41 г.

При формуванні таблиць і побудові графіків використано показник сумарного травмування зерна.

Для надання заданої швидкості зернівці виготовлена установка (рис.1).



1 - корпус; 2 - труба; 3 - пружина; 4 - фіксатор; 5 - лоток для зерна; 6 – змінна пластина

Рисунок 1 – Установа для визначення травмування насіння при різних швидкостях удару по поверхні

*Джерело: розроблено авторами*

Зерно до початку роботи кладуть в лоток 5 (рис. 1). Під час переміщення фіксатора 4 в задане по висоті положення стискається пружина 3. Після відпуску фіксатора він разом з лотком для зерна, під дією пружини, переміщується по пазам труби 2 уверх, де миттєво гальмується після зіткнення з верхньою стінкою пазу. Після цього, завдяки дії сили інерції, зернівка вилітає з лотка і вдаряється по поверхні пластини 6.

Кількість повторностей кожного досліджу – 50.

Для проведення досліджень були вибрані поверхні:

- плоска, розташована під різними кутами до вектора швидкості насінини (0, 20, 40, 60, 80 градусів);
- циліндрична різних діаметрів (100, 150, 200, 250 мм).

Матеріали поверхонь: сталь, пластик (HDPV), гума.

Результати експериментальних досліджень.

Таблиця 1 – Коефіцієнт відновлення швидкості зернівки пшениці при ударі по пластині з різними кутами нахилу ( $K_v$ , %).

Швидкість $V$ , м/с	Матеріал														
	Сталь					Пластик					Гума				
	Кут нахилу пластини, град.					Кут нахилу пластини, град.					Кут нахилу пластини, град.				
	0	20	40	60	80	0	20	40	60	80	0	20	40	60	80
<b>1</b>	0,57	0,54	0,42	0,28	0,11	0,52	0,48	0,36	0,25	0,08	0,257	0,228	0,160	0,110	0,040
<b>3</b>	0,56	0,53	0,41	0,26	0,11	0,51	0,47	0,35	0,23	0,07	0,245	0,222	0,160	0,110	0,040
<b>5</b>	0,55	0,51	0,39	0,25	0,09	0,50	0,45	0,34	0,21	0,06	0,231	0,218	0,155	0,106	0,037
<b>7</b>	0,53	0,50	0,38	0,24	0,08	0,48	0,43	0,32	0,20	0,05	0,221	0,210	0,150	0,100	0,034
<b>9</b>	0,52	0,48	0,37	0,23	0,07	0,46	0,41	0,31	0,19	0,04	0,201	0,181	0,140	0,100	0,030
<b>11</b>	0,49	0,46	0,36	0,22	0,06	0,42	0,40	0,30	0,18	0,03	0,191	0,168	0,120	0,080	0,028

Джерело: розроблено авторами.

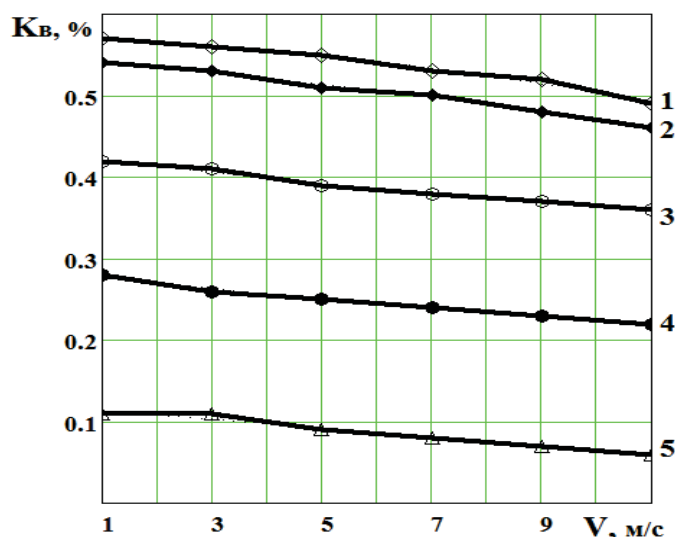


Рисунок 2 – Залежність відношення нормальної до поверхні пластини складової швидкості зернівки пшениці після удару по поверхні до швидкості удару ( $K_v$ , %). Матеріал поверхні: **сталь**.

Кути нахилу поверхні: 1-0 град.; 2-20 град.; 3-40 град.; 4-60 град.; 5-80 град.

Джерело: розроблено авторами.

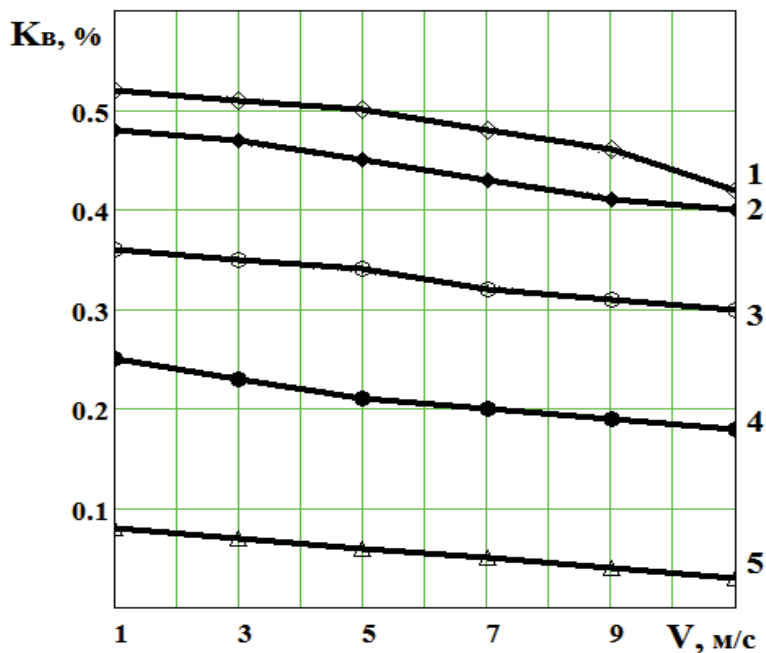


Рисунок 3 – Залежність відношення нормальній до поверхні пластини складової швидкості зернівки пшениці після удару по поверхні до швидкості удару (Кв,%). Матеріал поверхні: пластик.

Кути нахилу поверхні: 1-0 град.; 2-20 град.; 3-40 град.; 4-60 град.; 5-80 град.

Джерело: розроблено авторами.

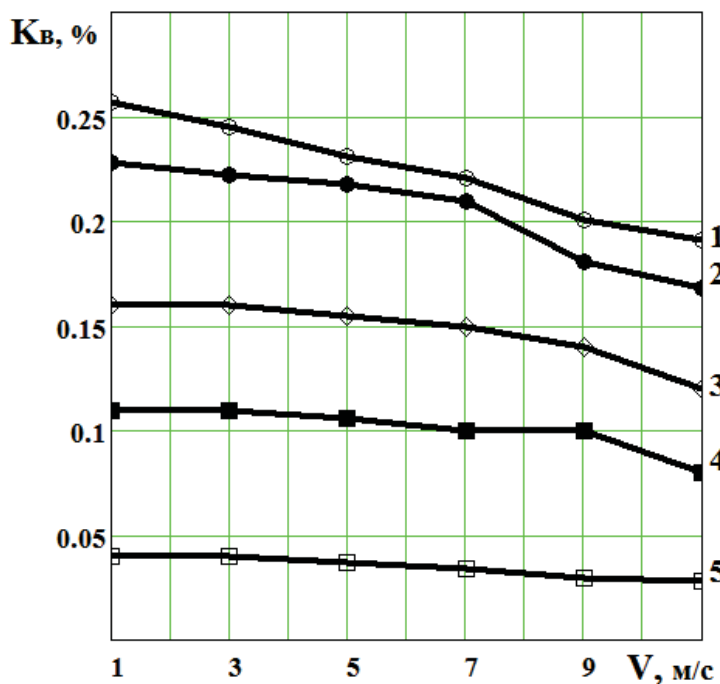


Рисунок 4 – Залежність відношення нормальній до поверхні пластини складової швидкості зернівки пшениці після удару по поверхні до швидкості удару (Кв,%). Матеріал поверхні: гума.

Кути нахилу поверхні: 1-0 град.; 2-20 град.; 3-40 град.; 4-60 град.; 5-80 град.

Джерело: розроблено авторами.

З табл. 1 і графіків (рис. 2, 3, 4) слідує, що при збільшенні кута удару по пластині зменшується нормальна складова швидкості після удару, яка визначає величину динамічного навантаження на зернину. Тому, при зростанні кута удару доля пошкодженого насіння зменшується (рис. 5, 6, 7).

Таблиця 2 – Коефіцієнт пошкодження зернівок пшениці при ударі по пластині з різними кутами нахилу (Кп,%).

Швидкість V, м/с	Матеріал														
	Сталь					Пластик					Гума				
	Кут нахилу пластини, град.					Кут нахилу пластини, град.					Кут нахилу пластини, град.				
	0	20	40	60	80	0	20	40	60	80	0	20	40	60	80
1	0,23	0,18	0,15	0,11	0,05	0,08	0,07	0,05	0	0	0	0	0	0	0
3	2,49	2,20	1,81	1,31	0,39	0,92	0,81	0,59	0,46	0	0	0	0	0	0
5	7,72	6,30	5,01	3,42	1,18	2,91	2,52	1,80	1,32	0,41	0	0	0	0	0
7	14,83	12,31	9,68	6,52	2,34	5,83	5,12	3,62	2,81	0,91	0,60	0,48	0,31	0,23	0
9	24,18	20,81	18,82	12,91	4,31	12,61	11,21	7,91	6,22	1,94	1,31	1,12	0,94	0,61	0
11	34,12	31,61	26,32	17,61	5,92	17,11	15,32	12,12	8,11	2,73	1,42	1,31	1,12	0,64	0

Джерело: Розроблено авторами.

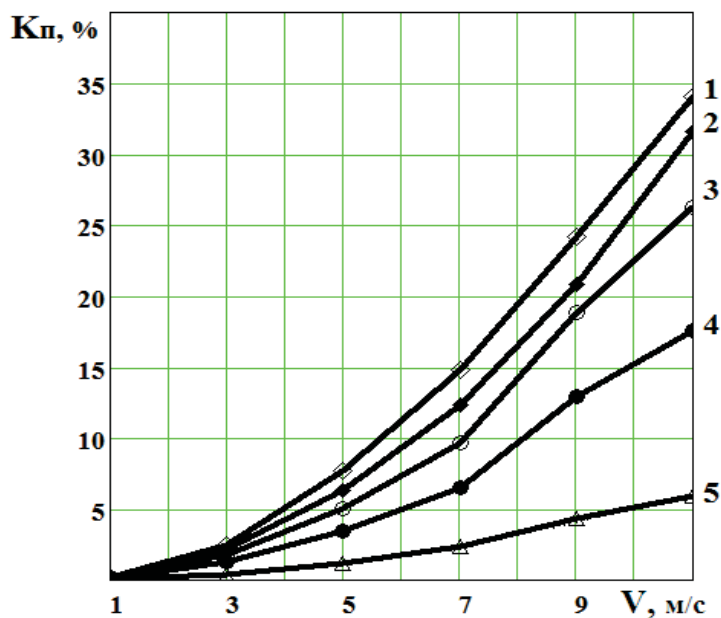


Рисунок 5 – Залежність коефіцієнта пошкодження зернівок пшениці (Кп,%) від швидкості удару по пластині (V, м/с). Матеріал поверхні: **сталь**.

Кути нахилу поверхні: 1-0 град.; 2-20 град.; 3-40 град.; 4-60 град.; 5-80 град.

Джерело: розроблено авторами.

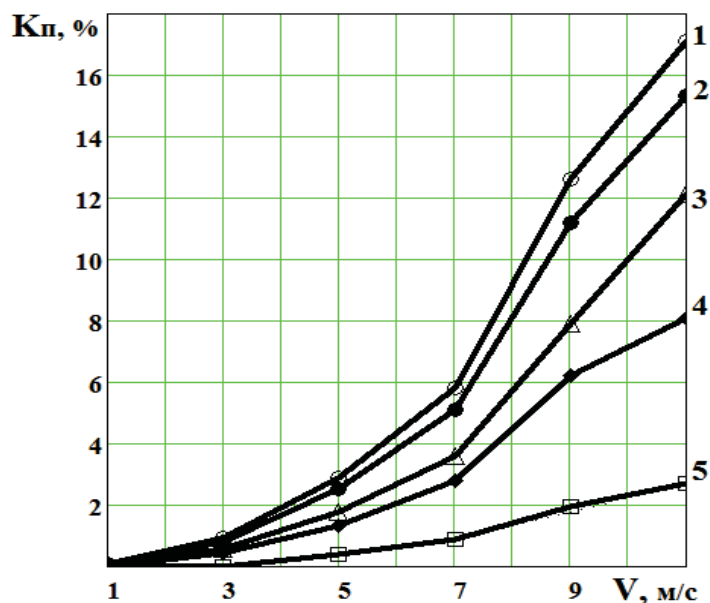


Рисунок 6 – Залежність коефіцієнта пошкодження зернівки пшениці (Кп,%) від швидкості удару по пластині (V,м/с).Матеріал поверхні: **пластик**.  
Кути нахилу поверхні: 1-0 град.; 2-20 град.; 3-40 град.; 4-60 град.; 5-80 град.

Джерело: розроблено авторами.

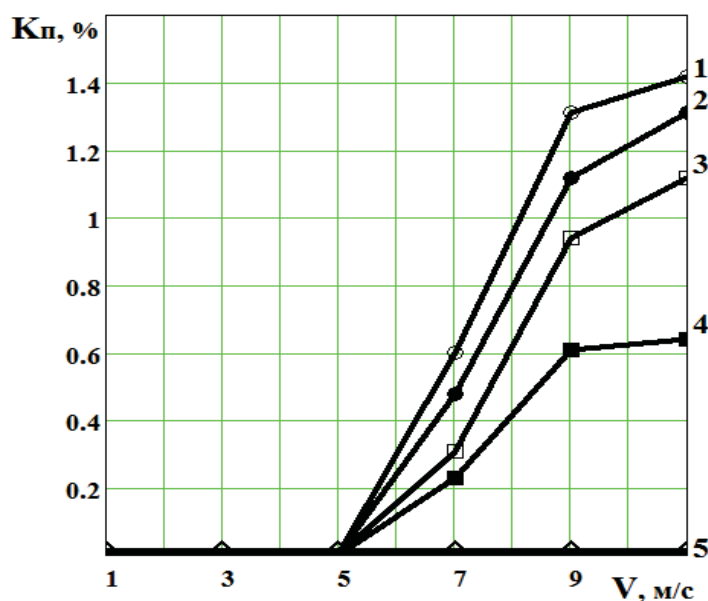


Рисунок 7 – Залежність коефіцієнта пошкодження зернівки пшениці (Кп,%) від швидкості удару по пластині (V,м/с).Матеріал поверхні: **гума**.  
Кути нахилу поверхні: 1-0 град.; 2-20 град.; 3-40 град.; 4-60 град.; 5- 80 град.

Джерело: розроблено авторами.

При ударних навантаженнях руйнування (пошкодженнях) зернівок відбувається за рахунок напружень, які виникають в місті контакту насінин і поверхні. Напруження прямо пропорційне силі удару і зворотно пропорційне площі контакту. Площа контакту залежить від величини пружної деформації тіл: зерно-поверхня, яка збільшується із зменшенням модуля пружності матеріалів поверхні і зернівки. Таким чином,

травмування насіння при ударі можна зменшити за рахунок вибору раціональної геометрії поверхонь робочих органів зерноочисних машин і їх покриттів.

Збільшення швидкості удару по площині визначає зусилля, що виникає в момент удару, діє на насіння і сприяє пошкодженню зернівок.

При кутах удару 60-80 градусів насіння ушкоджується переважно за рахунок здирання оболонки, оскільки при великих кутах різко збільшується величина швидкості, яка паралельна площині, по якій рухається якийсь час зернівка.

При збільшенні швидкості удару коефіцієнт відновлення зменшується тому, що частина енергії деформації зернівки йде на локальне її руйнування. При цьому значення коефіцієнтів пошкодження зернівок відповідно зростають при збільшенні швидкості (від 1м/с до 11м/с):

- для сталі: 0,23-34,12;
- для пластику: 0,08-17,11;
- для гуми: 0,0-1,42.

Таблиця 3 – Коефіцієнт пошкодження при ударі зернівки пшениці по зовнішній циліндричній поверхні (Кп, %).

Кут удару, град.	Матеріал - сталь			
	Діаметр, мм			
	100	150	200	250
0	27,14	29,17	31,61	33,81
20	18,44	24,12	26,14	29,18
40	12,32	17,56	20,80	24,11
60	6,41	11,18	16,21	18,12
80	0,51	1,03	2,11	4,42

Джерело: розроблено авторами.

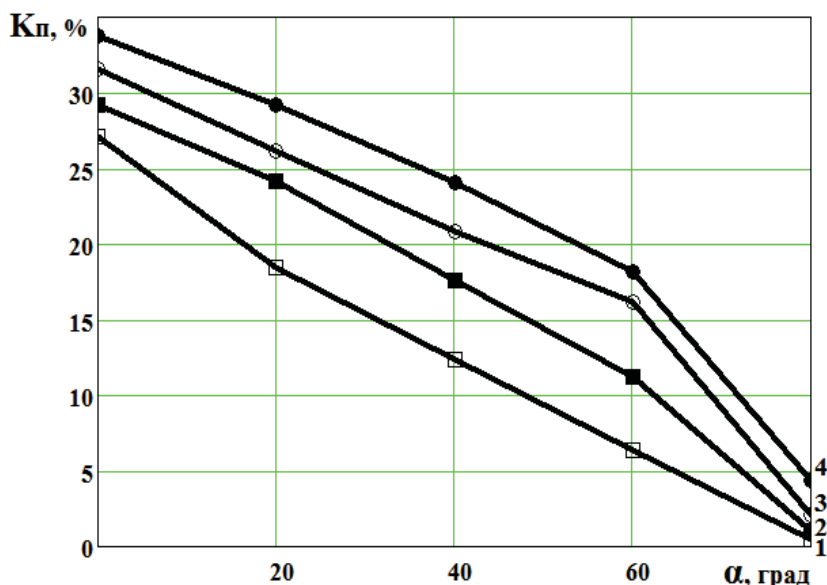


Рисунок 8 - Залежність коефіцієнту пошкодження (Кп,%) зернівки пшениці від кута удару по зовнішній циліндричній поверхні (α,град.).

Матеріал поверхні: сталь. Швидкість удару V=11 м/с.

Діаметри циліндра: 1 – 100мм, 2 – 150мм, 3 – 200мм, 4 – 250мм.

Джерело: розроблено авторами.

При ударі по зовнішній поверхні циліндру коефіцієнт ушкодження зернівки зі збільшенням кута удару і зменшенням діаметра циліндра зменшується в основному за рахунок зменшення ушкодження оболонки, оскільки при цьому знижується час контакту насінини з випуклою криволінійною поверхнею після удару (рис. 8).

Таблиця 4 – Коефіцієнт пошкодження при ударі зернівки по внутрішній циліндричній поверхні (Кп, %).

Кут удару, град	Матеріал - сталь			
	Діаметр, мм			
	100	150	200	250
0	41,08	39,16	38,03	37,42
20	37,95	36,72	34,16	33,94
40	35,12	33,18	31,82	29,48
60	31,18	29,01	26,11	23,17
80	18,94	16,04	14,85	12,04

Джерело: розроблено авторами.

При ударі зернівки по внутрішній циліндричній поверхні степінь пошкодження зернівок збільшується через збільшення тривалості ковзання насінини по поверхні (рис.9).

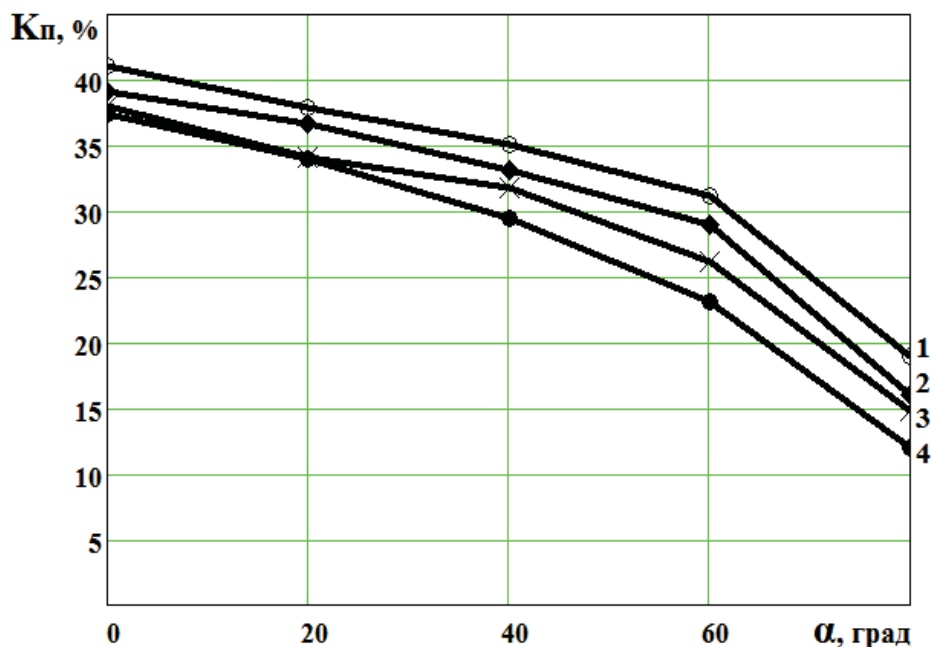


Рисунок 9 – Залежність коефіцієнту пошкодження (Кп, %) зернівки пшениці від кута удару по внутрішній циліндричній поверхні ( $\alpha$ , град.).

Матеріал поверхні: сталь. Швидкість удару  $V=11$  м/с.

Діаметри циліндра: 1 – 100 мм, 2 – 150 мм, 3 – 200 мм, 4 – 250 мм

Джерело: розроблено авторами.



Таблиця 5 – Залежність коефіцієнта пошкодження зернівки (Кп,%) від вологості (W,%). Швидкість 11м/с

Вологість (W, %)	7,6	10,1	12,7	15,3	17,7	20,2	22,8
Коефіцієнт пошкодження зернівки (Кп, %)	23,9	18,7	14,8	16,1	20,5	26,4	30,9

Джерело: розроблено авторами.

Для швидкості удару зерна по сталевій пластині 11 м/с відсоток травмування зернівок найменший при діапазоні вологості насіння  $W = 12,7-15,3$  %. З цього можна зробити висновок, що дана вологість може бути раціональною при очищенні зерна пшениці машинами. Зменшення чи збільшення цього показника приводить до збільшення відсотку травмування зернівок.

**Висновки.** Встановлено, що при збільшенні кута удару зернівки по поверхні зменшується нормальна складова швидкості після удару, яка визначає величину динамічного навантаження на зернину. Тому при зростанні кута удару доля пошкодженого насіння зменшується. При ударних навантаженнях руйнування (пошкодженнях) зернівок відбувається за рахунок напружень, які виникають в місті контакту насінин і поверхні. Напруження прямо пропорційне силі удару і зворотно пропорційне площі контакту. Площа контакту залежить від величини пружної деформації тіл: зерно-поверхня, яка збільшується із зменшенням модуля пружності матеріалів поверхні і зернівки. Таким чином, травмування насіння при ударі можна зменшити за рахунок вибору раціональної геометрії поверхонь робочих органів зерноочисних машин і їх покриттів.

Із збільшенням швидкості удару насінини по поверхні коефіцієнт її відновлення зменшується тому, що частина енергії деформації зернівки йде на локальне її руйнування. При цьому значення коефіцієнтів пошкодження зернівок відповідно зростають при збільшенні швидкості (від 1м/с до 11м/с).

У випадку удару насінини по зовнішній поверхні циліндру коефіцієнт ушкодження зернівки зі збільшенням кута удару і зменшенням діаметра циліндра зменшується в основному за рахунок зменшення ушкодження оболонки, оскільки при цьому знижується час контакту насінини з випуклою криволінійною поверхнею після удару.

При ударі насінини по внутрішній циліндричній поверхні степінь пошкодження зернівок збільшується через збільшення тривалості ковзання насінини по поверхні.

Встановлено, що відсоток травмування зернівок найменший при діапазоні вологості насіння  $W = 12,7-15,3$  %, яка може бути раціональною при очищенні зерна пшениці машинами. Зменшення чи збільшення цього показника призводить до збільшення відсотку травмування зернівок.

Ці дані служать для вибору режимів роботи машин для післязбиральної обробки зерна і поверхонь їх робочих органів.

## Список літератури

1. Бедыч Т.В. Классификация механических повреждений зерна машинами непрерывного транспорта и меры по их устранению. *Международный сельскохозяйственный журнал*. Москва, 2008. №2. С. 62.
2. Бедыч Т.В. Влияние рабочих органов машин на травмируемость зерна. *Международный сельскохозяйственный журнал*. Москва, 2008. №4. С. 71.
3. Гимадиев А.М. Травмирование семян. URL: <http://www.agroinform.ru/2010/06/travm.htm>
4. Дерев'янюк Д.А., Тарасенко О.П., Оробінський В.І. Вплив травмування на якість насіння зернових культур : монографія. Житомир: Нілан-ЛТД, 2012. 440 с.
5. Кирпа М.Я., БазілеваЮ.С. Вплив різних типів травмування на якість насіння гібридів кукурудзи. *Наук. пр. ПФ «КАТУ» НАУ*. Сімферополь, 2008. Вип. 107. С. 68-71.
6. Кузнецов В.В., Манойлина С.З. Совершенствование методики оценки микроповреждения зерновок. *Вестник ВГАУ*, 2007. №14. С. 121-135.
7. Снижены повреждения зерна крупяных культур при уборке и послеуборочной обработке. / М.Э. Мерчалова и др. *Техника в сельском хозяйстве*, 2012. №4. С. 5–6.
8. Мерчалова М.Э., Тарасенко А.П. Изменение уровня травмирования зерна при послеуборочной обработке. *Современные тенденции развития технологий и технических средств для АПК*. Воронеж, 2014. С. 104–106.
9. Пугачев А.Н. Повреждение зерна машинами. Москва: Колос, 1975. 229 с.
10. Рекомендации по прогнозированию и снижению травмирования семян при послеуборочной обработке / Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Воронежский государственный аграрный университет имени К.Д. Глинки» (ФГОУ ВПО ВГАУ им. К.Д. Глинки), 2010. 11 с.
11. Тарасенко А.П., Оробинский В.И., Мерчалова М.Э., Сорокин Н.Н. Совершенствование технологии получения качественных семян и продовольственного зерна . *Лесотехнический журнал*, 2014. Т. 4, №1 (13). С. 36–40.
12. Тарасенко А.П. Совершенствование механизации производства семян зерновых культур / А.П. Тарасенко и др. Москва: Росинформагротех, 2014. 60 с.
13. Травмирование семян. URL: <http://www.agrocounsel.ru/travmirovanie-semyan>
14. Чернышов С.В., Мерчалова М.Э., Тарасенко А.П. Снижение травмирования зерна нориями. *Механизация и электрификация сельского хозяйства*, 2008. №10. С. 6.

## References

1. Bedych, T.V. (2008). Klassifikacija mehanicheskih povrezhdenij zerna mashinami nepreryvnogo transporta i mery po ih ustraneniju [Classification of Mechanical Damage of Grains by Machines of Continuous Transportation and Measures to Eliminate Them]. *International Agricultural Magazine*, 2, 62 [in Russian].
2. Bedych, T.V. (2008). Vlijanie robochih organov mashin na travmiruemost' zerna [Influence of Machine Working Elements on the Damage of Grain]. *International Agricultural Magazine*, 4, 71. [in Russian].
3. Gimadiev, A.M. (2010). Travmirovaniye semjan [Grains Damage]. *agroinform.ru*. Retrieved from <http://www.agroinform.ru/2010/06/travm.htm> [in Russian].
4. Derevyanko, D.A., Tarasenko, O.P., Orobinskiy, V.I. (2012). Vplyv travmuvannia na iakist' nasinnia zernovykh kul'tur [Influence of Damage on the Quality of Seeds of Grain Crops ]. Zhytomyr: Nilan LTD [in Ukrainian].
5. Kyrpa, M.Ya., Bazileva, Yu.S. (2008). Vplyv riznykh typiv travmuvannia na iakist' nasinnia hibrydiv kukurudzy [Effect of Different types of Damage on the Quality of Maize Hybrid Seeds]. *Scientiific Works of PF "KATU" NAU*, Issue 107, 68-71. [in Ukrainian].
6. Kuznetsov, V.V., Manoylina, S.Z. (2007). Sovershensstvovanie metodiki ochenki mikropovrezhdeniya zernovok [Improvement of Methodology of Grain Micro-Damage Assessment]. *Bulletin of Voronezh State Agrarian University*, 14, 121-135. [in Russian].
7. Merchalova, M.E., Milovanov, V.V., Tarasenko, A.P., Orobinskiy, V.I., Sidorov, S.A. (2012). Snizheni povrezhdeniya zerna krupnykh kul'tur pri uborke i posleuborochnoj obrabotke [Reduction of Grain Damage to Cereal Crops During Harvesting and Post-harvest Processing]. *Engineering in agriculture*, 4, 5-6. [in Russian].
8. Merchalova, M.E., Tarasenko, A.P. (2014). Izmenenie urovnja travmirovaniya zerna pri posleuborochnoj obrabotke [Changes in the Level of Grain Damage During Post-harvest Processing]. *Modern trends in the development of technologies and technical means for agro-industrial complexes*, 104-106. [in Russian].

9. Pugachev, A.N. (1975). Povrezhdenie zerna mashinami [Grain Damage by Machines]. Moscow: Kolos [in Russian].
10. *Recommendations on Forecasting and Reduction of Grain Damage in Post-harvest Processing.* (2010). Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Voronezh State Agricultural University named after K.D. Glinka" [in Russian].
11. Tarasenko, A.P., Orobinskiy, V.I., Merchalova, M.E., Sorokin, N.N. (2014). Covershenstvovanie tehnologi poluchenija kachestvennyh semjan i prodovol'stvennogo zerna [Improvement of Technology of Obtaining Quality Seeds and Food Grain ]. *Forestry magazine, Vol. 4, 1 (13)*, 36-40. [in Russian].
12. Tarasenko, A.P., Orobinskiy, V.I., Gievskiy, A.M. (2014). Sovershenstvovanie mehanizacii proizvodstva semjan zernovyh kul'tur [Improvement of Mechanization of Grain Crops Production]. Moscow: Rosinformagrotech [in Russian].
13. Travmirovanie semjan [Grain Damage]. *agrocounsel.ru*. Retrieved from <http://www.agrocounsel.ru/travmirovanie-semyan> [in Russian].
14. Chernyshov, S.V., Merchalova, M.E., Tarasenko, A.P. (2008). Reduction of Grain Damage by Grain Elevators [Snizhenie travmirovaniya zerna norijami]. *Mechanization and electrification of agriculture, 10, 6* [in Russian].

**Ivan Skrynnik**, Assoc. Prof., Phd tech. sci., **Iryna Pisarkova**, design engineer, **Mykola Petrenko**, Prof., Phd tech. sci.

*Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine*

### **Mechanical Grain Damage**

The objective of the article is to establish the influence of various factors on the ratio of the normal to the surface of the wheat grain velocity component after impact on the impact velocity (the analogue of the coefficient of instant friction which influences grain damage). Another objective is the study of the dependence of damage in the process of its interaction with the surfaces of working elements of machines on speed impact with the surface, its tilt angle, material, geometry and grain humidity.

It has been established that when the angle of impact of grain with the surface increases, then the normal component of velocity after impact is reduced. It determines the rate of the dynamic load on the grain. Therefore, with the increase of the angle of impact, the proportion of damaged grains decreases. Under impact loads, the destruction (damage) of grains takes place due to stresses (tension) that occur in the place contact of grains and the surface. The tension is directly proportional to the impact force and inversely proportional to the contact area. The contact area depends on the rate of the elastic deformation of the bodies: grain – surface, which increases with the decrease of the elastic modulus of the surface materials and grains. With the increase in the velocity of impact, the restitution factor decreases because part of the energy of grain deformation goes to its local destruction. At the same time, the values of the coefficients of grain damage increase accordingly with increasing velocity (from 1 m/s to 11 m/s). When impacting with the outside surface of the cylinder, the damage coefficient of the grain decreases with the increase in the angle of impact and the decrease in cylinder diameter. It mainly happens due to reducing the damage of the shell, as this reduces the time of contact of the grain with a convex curvilinear surface after impact.

When the grain impacts with the inner cylindrical surface, the degree of grain damage increases due to the increase in the time of the slip of the grain on the surface. It was established that the percentage of grain damage is the smallest in the range of moisture of the grains at  $W = 12.7-15.3\%$ , which can be rational in the case of clearing wheat grains by machines. Reducing or increasing this rate leads to the increase in the percentage of grain damage.

Therefore, grain damage during the impact can be reduced by choosing rational technological modes of operation, the geometry of surfaces of working elements of grain cleaning machines and their coatings.

**damage, grain, impact, humidity, surface, material, velocity**

*Одержано (Received) 4.12.2018*

*Прорецензовано (Reviewed) 10.12.2018*

*Прийнято до друку (Approved) 20.12.2018*