

УДК 631.37:621.3

Визначення показників сипкості насіннєвих мас сільськогосподарських культур, розташованих у полі коронного розряду

Герасимчук Ю. В., к.т.н., с.н.с., зав. відділу, ННЦ «ІМЕСГ»,
e-mail: ger_yuri1949@ukr.net

Адаменко О. І., д.т.н., г.н.с., тел. 044-424-00-07

Берлінець Ю. М., н.с., ННЦ «ІМЕСГ», e-mail: berlinec_yura@ukr.net

Сахневич В. Г., пров. інженер, ННЦ «ІМЕСГ», тел.: 066-365-03-87

Анотація

Мета. Розроблення методу визначення показників сипкості насіннєвої маси сільськогосподарських культур у полі коронного розряду.

Методи. Експериментальне визначення граничних дотичних і нормальних напружень у товщі насіннєвих мас сільськогосподарських культур, розташованих у полі коронного розряду, з використанням вдосконаленого трибометра. Лінійна апроксимація граничних дотичних і нормальних напружень у товщі насіннєвих мас. Факторний експеримент по визначенню взаємозв'язку кута внутрішнього тертя насіннєвої маси, розташованої в полі коронного розряду, від товщини шару, напруги джерела живлення електродної системи і висоти розташування коронуючих електродів.

Результати. Метод визначення кута внутрішнього тертя насіннєвих мас сільськогосподарських культур, розташованих у полі коронного розряду, з використанням вдосконаленого трибометра. Рівняння регресії для визначення кута внутрішнього тертя насіннєвої маси пшениці в полі коронного розряду з урахуванням товщини шару насіння та напруги джерела живлення електродної системи.

Висновки. Методичний підхід щодо використання вдосконаленого трибометра забезпечує отримання лінійної залежності граничних дотичних напружень від нормальних напружень у товщині насіннєвих мас, розташованих у полі коронного розряду, що дозволяє визначати кут внутрішнього тертя і початкове зусилля зсуву. Застосування такого методу визначення показників сипкості забезпечує проведення факторного експерименту для встановлення залежності кута внутрішнього тертя від товщини шару, напруги джерела живлення електродної системи та висоти розташування коронуючих електродів. Отримана залежність кута внутрішнього тертя насіння пшениці в полі коронного розряду від товщини шару і напруги джерела живлення електродної системи при постійній висоті розташування коронуючих електродів. Установлено, що кут внутрішнього тертя насіннєвої маси пшениці в полі коронного розряду збільшується при зменшенні товщини шару та збільшенні напруги джерела живлення електродної системи.

Ключові слова: насіннєва маса, переміщення, травмування, коронний розряд, кут внутрішнього тертя, метод визначення.

UDC 631.37:621.3

Determination indicators of graininess of grain of seed masses of agricultural crops located in the field of crown discharge

Gerasymchuk Y. V., Ph. D., Senior Research Fellow Head of department, NSC «IAEE»,
e-mail: ger_yuri1949@ukr.net

Adamenko O. I., Doctor of Tech. Sciences, tel.: 044-424-00-07

Berlinec Y. M., Research, NSC «IAEE», e-mail: berlinec_yura@ukr.net

Sahnevych V. G., Lead Engineer, NSC «IAEE», tel.: 066-365-03-87

Annotation

Purpose. Development of the method for determining the parameters of graininess of grain of seed mass of agricultural crops in the field of corona discharge.

Methods. Experimental determination of marginal tangent and normal stresses in the thickness of seed masses of agricultural crops located in the field of crown discharge using an improved tribometer. Linear approximation of marginal tangent and normal stresses in the thickness of the seed masses. Factor experiment to determine the connexion of the angle of internal friction of the seed mass located in the corona discharge field on the thickness of the layer, the voltage of the power supply of the electrode system, and the height of the location of the crowning electrodes.

Results. The method of determining the angle of internal friction of seed masses of agricultural crops located in the field of crown discharge using an improved tribometer. Regression equation for determining the angle of internal friction of the seed mass of wheat in the corona discharge field, taking into account the thickness of the seed layer and the voltage of the power source of the electrode system.

Conclusions. The methodical approach to the using an improved tribometer provides taking a linear dependence of the marginal tangent stresses from normal stresses in the thickness of the seed masses located in the corona discharge field, which allows determining the angle of internal friction and initial effort of landslip. The application of such method for determining the parameters of the graininess indicators provides realization a factor experiment to determine the dependence of the angle of internal friction on the thickness of the layer voltage of the power supply of the electrode system and the height of the location of the crowning electrodes. The dependence of the angle of internal friction of wheat seeds in the corona discharge field on the thickness of the layer and the voltage of the power source of the electrode system at constant height of the location of crowning electrodes got. It is established that the angle of internal friction of the seed mass of wheat in the field of corona discharge increases with decreasing the thickness of the layer and increasing the voltage of the power supply of the electrode system.

Keywords: seed mass, displacement, injuring, crown discharge, angle of internal friction, method of determination.

УДК 631.37:621.3

Определение показателей сыпучести семенных масс сельскохозяйственных культур, расположенных в поле коронного разряда

Герасимчук Ю. В., к.т.н., с.н.с., зав. отделом, ННЦ «ИМЭСХ»,
e-mail: ger_yur1949i@ukr.net

Адаменко А. И., д.т.н., г. н. с., тел. 044-424-00-07

Берлинец Ю. М., н.с., ННЦ «ИМЭСХ», e-mail: berlinec_yura@ukr.net

Сахневич В. Г., ведущ. инж., ННЦ «ИМЭСХ», тел.: 066-365-03-87

Аннотация

Цель. Разработка метода для определения показателей сыпучести семенной массы сельскохозяйственных культур в поле коронного разряда.

Методы. Экспериментальное определение предельных касательных и нормальных напряжений в толще семенных масс сельскохозяйственных культур, расположенных в поле коронного разряда, с использованием усовершенствованного трибометра. Линейная аппроксимация граничных касательных и нормальных напряжений в толще семенных масс. Факторный эксперимент по определению взаимосвязи угла внутреннего трения семенной массы, расположенной в

поле коронного разряда, от толщины слоя, напряжения источника питания электродной системы и высоты расположения коронирующих электродов.

Результаты. Метод определения угла внутреннего трения семенных масс сельскохозяйственных культур в поле коронного разряда с использованием усовершенствованного трибометра. Уравнения регрессии для определения угла внутреннего трения семенной массы пшеницы в поле коронного разряда с учетом толщины слоя семян и напряжения источника питания электродной системы.

Выводы. Методический подход по использованию усовершенствованного трибометра

обеспечивает получение линейной зависимости предельных касательных напряжений от нормальных напряжений в толщине семенных масс, расположенных в поле коронного разряда, позволяет определять угол внутреннего трения и начальное усилие сдвига. Применение такого метода определения показателей сыпучести обеспечивает проведение факторного эксперимента для установления зависимости угла внутреннего трения от толщины слоя, напряжения источника питания электродной системы и высоты расположения коронирующих электродов. Получена зависимость угла внутреннего трения семян пшеницы в поле коронного разряда от толщины слоя и напряжения источника питания электродной системы при постоянной высоте расположения коронирующих электродов. Установлено, что угол внутреннего трения семенной массы пшеницы в поле коронного разряда увеличивается при уменьшении толщины слоя и увеличении напряжения источника питания электродной системы.

Ключевые слова: семенная масса, перемещение, травмирование, коронный разряд, угол внутреннего трения, метод определения.

Проблема. У технологиях виробництва продукції рослинництва завданням передпосівної підготовки насіння сільськогосподарських культур є отримання якісного насінневого матеріалу. При цьому рівень його травмування – це один із важливих показників якості, тому що при висіванні насіння, в якому механічно пошкоджено 10% маси, врожайність сільськогосподарських культур знижується більш як на 1 ц/га [1, 2, с. 365, 3].

У системі технічного забезпечення післязбиральної та передпосівної підготовки важливе місце займають засоби для завантаження та вивантаження робочих машин. Це насамперед – норії, скребкові транспортери, шнеки, пневмотранспортери. На їх долю припадає до 80% травм при переміщенні насінневих мас [4, 5, с. 86]. Основною причиною травмування насіння під час його переміщення є механічна взаємодія окремих зернівок з ребрами робочих органів транспортуючих засобів.

Установлена можливість використання сил електричної природи, які діють на зернівки в полі коронного розряду, для транспортування насіння сільсько-

сподарських культур стрічковим конвеєром [6–8]. При цьому утримання насінневої маси на стрічці здійснюється силовою дією електричного поля, завдяки чому відсутня механічна взаємодія зернівок з ребрами робочих органів машин, які спричиняють їх травмування. Цілком очевидно, що утримання насінневої маси на стрічці конвеєра відбувається внаслідок зміни фізико-механічних властивостей такого сипкого середовища в полі коронного розряду. Водночас методи визначення показників сипкості насінневих мас сільськогосподарських культур у полі коронного розряду не розроблені, що стримує створення та ефективне використання стрічкових транспортуючих засобів, які суттєво можуть зменшити травмування насіння при його переміщенні в процесах післязбиральної та передпосівної підготовки.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сипкість є важливою фізико-механічною властивістю потоків зерна та насіння сільськогосподарських культур. Зернова та насіннева маси, як сипучі середовища, відносяться до зв'язних, тобто поганосипких. Основні показники сипкості, а це – коефіцієнти зовнішнього та внутрішнього тертя, початковий опір зсуву та кут природного укусу, визначаються за допомогою трибометра [9, 10]. Крім того, для визначення кута природного укусу використовуються й інші прилади [5]. Сипкість зерна та насіння сільськогосподарських культур характеризують залежністю граничних дотичних напружень від нормальних напружень у товщі зернового шару, які будують за результатами випробувань на трибометрі. Отримані дослідні дані граничних дотичних і нормальних напружень апроксимуються лінійною залежністю. При цьому за функцію приймаються дані граничних дотичних напружень, а за аргумент – дані нормальних напружень. Отриманий коефіцієнт лінеаризації, який визначає кут нахилу лінійної залежності до вісі аргументу, буде коефіцієнтом внутрішнього тертя насінневої маси, а вільний член лінійної залежності – це початковий опір зсуву.

При використанні трибометра для визначення показників сипкості нормальні напруження в товщі сипкого середовища створюють притискними пластинами, які встановлюють на шар досліджуваного матеріалу в рухомій рамці [9, с. 50; 10, с. 32; 11, с. 193]. Тому створити поле коронного розряду над шаром насіння в такому трибометрі неможливо. У зв'язку з цим виникла необхідність у розробленні методу та технічного засобу для визначення основних показників сипкості насінневих мас сільськогосподарських культур у полі коронного розряду.

Мета досліджень. Розроблення методу визначення показників сипкості насінневої маси сільськогосподарських культур у полі коронного розряду.

Результати досліджень. В електричному полі коронного розряду зернівки насіння отримують заряд і силову дію поля, які впливають на фізико-механічні властивості насінневої маси, як сипкого середовища. При цьому, унаслідок виникнення більш тісного контакту між окремими зернівками, змінюються показники сипкості. Розроблений метод визначення показників сипкості насінневої маси, яка знаходиться в електричному полі, базується на використанні вдосконаленого трибометра.

На рисунку 1 показана схема розробленої установки на базі трибометра, яка реалізує метод визначення показників сипкості зернових і насінневих середовищ у полі коронного розряду

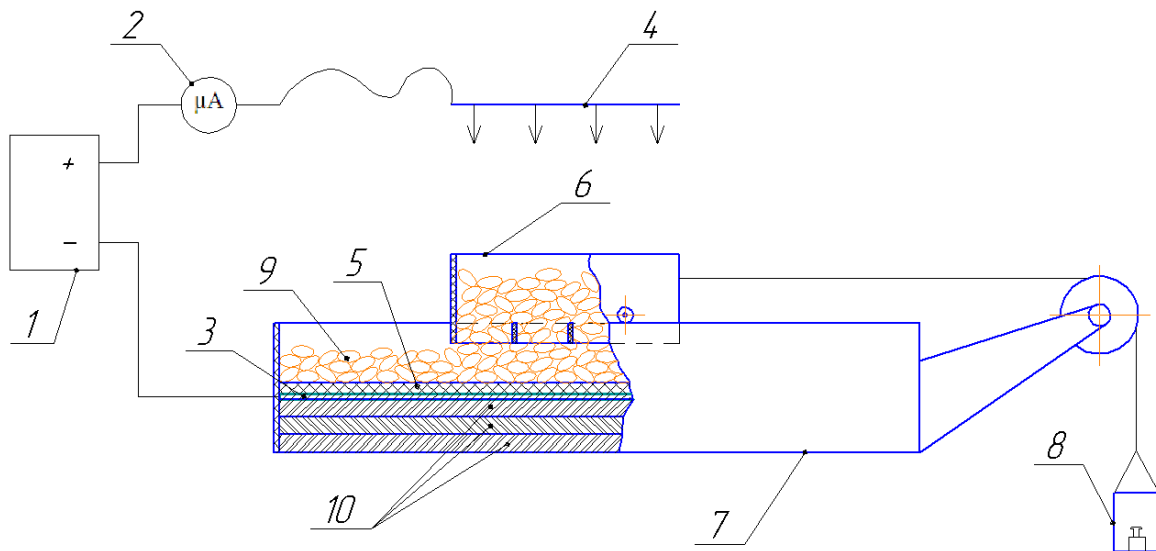


Рис. 1. Схема установки для визначення показників сипкості насінневих мас сільськогосподарських культур у полі коронного розряду:

- 1 – джерело високої напруги; 2 – мікроамперметр; 3 – осаджуючий електрод;
- 4 – коронуючий електрод; 5 – фрагмент конвеєрної стрічки; 6 – рухома рамка з перегородками; 7 – нерухомий жолоб; 8 – вантажна чашка; 9 – насіння сільськогосподарської культури, що досліджується; 10 – вставки для зміни висоти зрізу в товщі насінневої маси.

Fig. 1. Scheme of the installation for determination of graininess indicators of seeds mass of agricultural crops in the field of corona discharge:

- 1 – a source of high voltage; 2 – microammeter; 3 – precipitating electrode; 4 – crowning electrode; 5 – fragment of conveyor belt; 6 – a movable frame with partitions; 7 – fixed trough;
- 8 – cargo cup; 9 – investigating seeds of agricultural crops; 10 – inserts for changing the cut height in the thickness of the seed mass.

У нерухомий жолоб 7 засипають насіння до рівня нижньої площини рухомої рамки 6, в яку також засипають насіння до рівня потрібної товщини шару насіння. Після подачі напруги на електродну систему, при постійній висоті розташування вістря електродної системи 4 над осаджуючим електродом 3 і постійній напрузі джерела живлення 1, збільшуючи масу наважок у вантажній чашці 8 установки, визначається їх маса m_{ni} , кг, яка необхідна для зсуву рухомої рамки 6. Різні значення нормального напруження в площині зсуву та відповідно граничні дотичні напруження отримують шляхом зміни висоти зрізу в товщі насінневої маси, яка залежить від кількості вставок 10. Так, за відсутності вставок висота зрізу буде найменша, а маса насіння в рухомій рамці над площиною зсуву буде найбільша. Відповідно найбільшими будуть нормальні напруження в площині зсуву. При наявності трьох чи більше вставок 10 висота зрізу буде більша, а маса насіння над площею зсуву та нормальні напруження – меншими. Визначення граничних дотичних і нормальних напружень у кожній площині зсуву проводиться не менше ніж з 4-кратною повторністю. При цьому відстань від вістря коронуючих електродів до поверхні осаджуючого електроду та товщина шару насіння повинні залишатись постійними, а граничні дотичні напруження τ_{Ei} , Н·м⁻², і нормальні напруження σ_{Ei} , Н м⁻² в площині зсуву насінневої маси i -того експерименту розраховуються за формулами (1), (2):

$$\tau_{Ei} = \frac{F_i - F_0}{S_p}, \quad (1)$$

$$\sigma_{Ei} = \frac{m_{pi} \cdot g}{S_p}, \quad (2)$$

де F_i – сила зсуву рамки з насінням i -того експерименту, Н;

F_0 – сила зсуву рамки без насіння, Н;

S_p – площа зсуву (площа рухомої рамки), м²;

m_{pi} – маса насіння в рухомій рамці i -того експерименту, кг.

За результатами розрахунків з використанням формул (1) і (2) визначають середні значення граничних дотичних τ_{Ec} , Н м⁻² і нормальних напружень σ_{Ec} , Н·м⁻², які використовуються для отримання взаємозв'язку граничного дотичного напруження від нормального напруження у вигляді такої залежності:

$$\tau_E = a \cdot \sigma_E + b, \quad (3)$$

де a , b – коефіцієнти лінійної апроксимації отриманих середніх значень граничних дотичних і нормальних напружень у насіннєвій масі, яка знаходиться в полі коронного розряду.

Визначений таким чином кутовий коефіцієнт a лінійної залежності (3) є тангенсом кута внутрішнього тертя досліджуваної насінневої маси в полі коронного розряду при даній товщині шару насіння, напрузі джерела живлення та висоті розташування коронуючих електродів, а величина коефіцієнта b – це початкове зусилля зсуву.

Як приклад, у таблиці 1 наведені результати вимірювань і розрахунків при визначенні кута внутрішнього тертя насіння пшениці вологістю 13–14% при товщині шару насіння 0,042 м, напрузі джерела живлення 25 кВ і висоті розташування коронуючих електродів 0,05 м.

Таблиця 1. Результати вимірювання та їх оброблення при проведенні експерименту для визначення коефіцієнта внутрішнього тертя шару насінневої маси пшениці в полі коронного розряду

Table 1. Results of measurement and their processing during the experiment to definition the coefficient internal friction of the layer of seed mass of wheat in the corona discharge field

№ дослідю	Кількість вставок для регулювання висоти зрізу насінневої маси	Маса насіння в наважці $m_{пш}$, кг	Сила зсуву рамки з насінням F_b , Н	Граничне дотичне напруження τ_{Ec} Н·м ⁻²	Маса насіння в рухомій рамці $m_{рп}$, кг	Нормальне напруження в товщі шару насіння σ_{Ec} Н·м ⁻²	Величина струму коронного розряду, мкА
1	0	0,35	3,43	152,44	0,24	104,53	20
2	0	0,344	3,371	149,83	0,24	104,53	20,5
3	0	0,348	3,414	151,57	0,24	104,53	18,5
4	0	0,358	3,508	155,93	0,24	104,53	19
Середнє значення τ_{Ec} Н·м ⁻² , σ_{Ec} Н·м ⁻²				152,44	-	104,53	-
5	1	0,437	4,283	190,34	0,36	156,8	18
6	1	0,427	4,185	185,98	0,36	156,8	18,5
7	1	0,43	4,214	187,29	0,36	156,8	19
8	1	0,426	4,175	185,55	0,36	156,8	17
Середнє значення τ_{Ec} Н·м ⁻² , σ_{Ec} Н·м ⁻²				187,29	-	156,8	-
9	2	0,488	4,782	212,55	0,48	209,07	17,5
10	2	0,502	4,92	218,65	0,48	209,07	18
11	2	0,498	4,884	216,91	0,48	209,07	18,5
12	2	0,492	4,822	214,29	0,48	209,07	17
Середнє значення τ_{Ec} Н·м ⁻² , σ_{Ec} Н·м ⁻²				215,6	-	209,07	-
13	3	0,572	5,6	248,92	0,6	261,33	17
14	3	0,58	5,673	252,14	0,6	261,33	17,5
15	3	0,565	5,537	246,09	0,6	261,33	18
16	3	0,57	5,586	248,22	0,6	261,33	17
Середнє значення τ_{Ec} Н·м ⁻² , σ_{Ec} Н·м ⁻²				248,92	-	261,33	-

Отримані середні значення граничних дотичних напружень τ_{Ec} і нормальних напружень σ_{Ec} апроксимовані лінійною залежністю (рис. 2), яка має такий аналітичний вигляд:

$$\tau_{Ec} = 0,598 \cdot \sigma_{Ec} + 91,3. \quad (4)$$

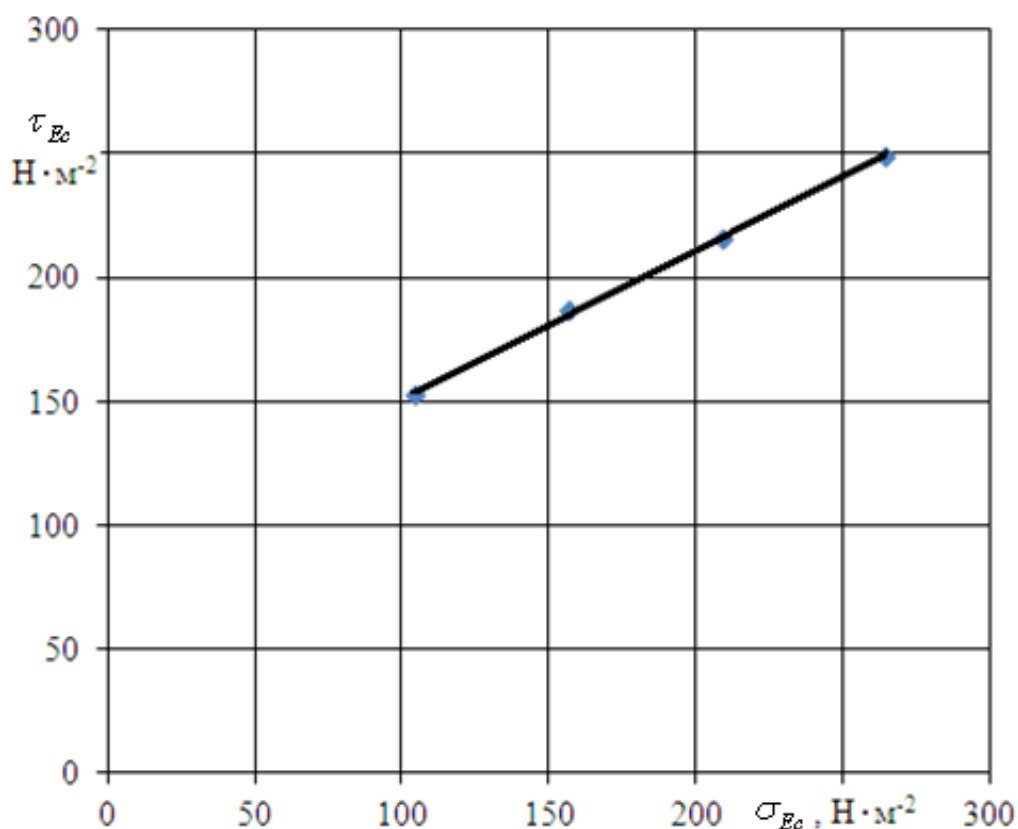


Рис. 2. Залежність граничного дотичного напруження від нормального напруження в товщі насінневої маси пшениці яка знаходиться в полі коронного розряду

Fig. 2. Dependence of the marginal tangent stress from normal stress in the thickness of the seed mass of wheat, which is located in the field of corona discharge

Отже, кут внутрішнього тертя насінневої маси пшениці при вказаних товщині шару насіння, напруги джерела живлення та висоти розташування коронуючих електродів становить $\alpha_E = \text{artg} 0,598 = 30,8^\circ$, а початкове зусилля зсуву – 91,3 Н. Природний кут внутрішнього тертя насіння пшениці, тобто без впливу поля коронного розряду, згідно даних літературних джерел знаходиться в межах 23–25°.

У результаті проведених досліджень було встановлено, що в полі коронного розряду кут внутрішнього тертя насінневих мас сільськогосподарських культур при постійній вологості залежить від товщини шару насіння, напруги джерела живлення та висоти розташування коронуючих електродів.

Для встановлення залежності кута внутрішнього тертя насіння від цих параметрів проводиться факторний експеримент. При цьому визначення функції відгуку, тобто

кута внутрішнього тертя, необхідно проводити розробленим методом з використанням вдосконаленого трибометра (рис. 1).

Для отримання залежності кута внутрішнього тертя насінневої маси в полі коронного розряду від товщини шару насіння та напруги джерела живлення електродної системи при постійній висоті розташування коронуючих електродів проведений двофакторний експеримент. При проведенні такого експерименту з насінням пшениці товщина шару насіння мала наступні значення: 0,028 м; 0,035 м; 0,042 м, а напруга джерела живлення електродної системи – 20 кВ; 25 кВ; 30 кВ. Висота розташування вістря коронуючих електродів – 0,05 м. У результаті обробки експериментальних даних отримано рівняння регресії, яке показує залежності кута внутрішнього тертя насіння пшениці в полі коронного розряду від напруги джерела живлення електродної системи та товщини шару, в такому вигляді:

$$\alpha_E = 39,97 + 1,4 \cdot U - 1256,67 \cdot h - 0,027 \cdot U^2 + 14285,7 \cdot h^2. \quad (5)$$

Аналіз отриманої залежності на прикладі насіння пшениці показує, що в полі коронного розряду кут внутрішнього тертя насінневих мас сільськогосподарських культур, а відповідно і кут укосу збільшуються при збільшенні напруги джерела живлення електродної системи та при зменшенні товщини шару насіння. Це необхідно враховувати при розробленні стрічкових конвеєрів з утриманням насіння на стрічці полем коронного розряду, а відповідні аналітичні залежності у вигляді рівняння регресії (5) для насінневих мас сільськогосподарських культур використовувати при обґрунтуванні параметрів і режимів роботи таких конвеєрів.

Висновки

Методичний підхід щодо використання вдосконаленого трибометра забезпечує отримання лінійної залежності граничних дотичних напружень від нормальних напружень у товщині насінневих мас, розташованих у полі коронного розряду, що дозволяє визначати кут внутрішнього тертя та початкове зусилля зсуву. Застосування такого методу визначення показників сипкості забезпечує проведення факторного експерименту для встановлення залежності кута внутрішнього тертя від товщини шару, напруги джерела живлення електродної системи та висоти розташування коронуючих електродів. Отримана залежність кута внутрішнього тертя насіння пшениці в полі коронного розряду від товщини шару та напруги джерела живлення електродної системи при постійній висоті розташування коронуючих електродів. Установлено, що кут внутрішнього тертя насінневої маси пшениці в полі коронного розряду збільшується при зменшенні товщини шару та при збільшенні напруги джерела живлення електродної системи.

Бібліографія

1. Тимчук В. М., Цехмейструк М. Г., Буряк Ю. Г. Травмування насіння: шляхи подолання. *Агробізнес сьогодні*. 2015. № 1–2.
2. Кавунець В. П., Кочмарський В. С., Ворона А. П. Насінництво озимої м'якої пшениці. *Селекція, насінництво і технології вирощування зернових колосових культур у Лісостепу України*; за ред. В. Т. Колочого, В. Н. Власенка, Г. Ю. Борсука / К.: Аграрна наука, 2007. С. 327–381.
3. Зінченко О. І., Салатенко В. Н., Білоножка М. А. Рослинництво: підручник; за ред. О. І. Зінченка. К.: Аграрна освіта, 2001. 591 с.
4. Тарасенко А. П. Снижение травмирования семян при уборке и послеуборочной обработке. Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ, 2003. 331 с.
5. Дринча В. М. Исследование сепарации семян и разработка машинных технологий их подготовки. Воронеж: издательство НПО «МОДЭК», 2006. 384 с.
6. Герасимчук Ю. В., Сахневич В. Г. Перспективи використання електричного поля для зниження травмування насіння в процесах передпосівної підготовки. *Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний зб.* / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2012. Вип. 96. С. 444–453.
7. Герасимчук Ю. В. Ощадний рух насіння. *The Ukrainian Farmer*. 2015. № 7. С. 102, 103.
8. Герасимчук Ю. В., Сахневич В. Г., Берлінець Ю. М. Визначення параметрів вістрьової електродної системи для транспортування насіння стрічковим конвеєром в полі коронного розряду. *Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний зб.* / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2015. Вип. № 1 (100). С. 188–194.
9. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів / О. М. Царенко, Д. Г. Войтюк, В. М. Швайко [та ін.]; за ред. С. С. Яцуна. К.: Мета, 2003. 448 с.
10. Весовое дозирование зернистых материалов / С. В. Першина, А. В. Катальмов, В. Г. Однолько, В. Ф. Першин. М.: Машиностроение, 2009. 260 с.
11. Яценко Ю. В. Окремі фізико-механічні властивості комбікормів та їх вихідних інгредієнтів. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2012. № 1. С. 191–195.

Bibliografiia

1. Tymchuk V. M., Tsekhmeistruk M. H., Buriak Yu. H. Travmuvannia nasinnia: shliakhy podolannia. *Ahrobiznes sohodni*. 2015. № 1–2.

2. Kavunets V. P., Kochmarskyi V. S., Vorona A. P. Nasinnytstvo ozymoi miakoi pshenytsi. *Selektsiia, nasinnytstvo i tekhnolohii vyroshchuvannia zernovykh kolosovykh kultur u Lisostepu Ukrainy*; za red. V. T. Koliuchoho, V. N. Vlasenka, H. Yu. Borsuka / K.: Ahrarna nauka, 2007. S. 327–381.

3. Zinchenko O. I., Salatenko V. N., Bilonozhko M. A. Roslynnytstvo: pidruchnyk; za red. O. I. Zinchenka. K.: Ahrarna osvita, 2001. 591 s.

4. Tarasenko A. P. Snyzhenye travmyrovannia semian pry uborke y posleuborochnoi obrabotke. Voronezh: FHO VPO VHAU, 2003. 331 s.

5. Dryncha V. M. Yssledovanye separatsyy semian y razrobotka mashynnykh tekhnolohiy ykh podhotovky. Voronezh: Yzdatelstvo NPO «МОДЭК», 2006. 384 s.

6. Herasymchuk Yu. V., Sakhnevych V. H. Perspektyvy vykorystannia elektrychnoho polia dlia znyzhennia travmuvannia nasinnia v protsesakh przedposivnoi pidhotovky. *Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva: mizhvid. temat. nauk. zb. / NNTs «IMESH»*. Hlevakha, 2012. Vyp. 96. S. 444–453.

7. Herasymchuk Yu. V. Oshchadnyi rukh nasinnia. *The Ukrainian Farmer*. 2015. № 7. S. 102,103.

8. Herasymchuk Yu. V., Sakhnevych V. H., Berlinets Y. M. Vyznachennia parametriv vistrovoi elektrodnoi systemy dlia transportuvannia nasinnia strichkovym konveierom v poli koronnoho rozriadu. *Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva: zahalnodержavnyi zb. / NNTs «IMESH»*. Hlevakha, 2015. Vyp. 1 (100). S. 188–194.

9. Mekhaniko-tekhnolohichni vlastyvoli silskohospodarskykh materialiv / O. M. Tsarenko, D. H. Voitiuk, V. M. Shvaiko [ta in.]; za red. S. S. Yatsuna. K.: Meta, 2003. 448 s.

10. Vesovoe dozyrovanye zernystykh materyalov / S. V. Pershyna, A. V. Katalymov, V. H. Odnoiko, V. F. Pershyn. M.: Mashynostroenye, 2009. 260 s.

11. Iatsenko Yu. V. Okremi fizyko-mekhanichni vlastyvoli kombikormiv ta yikh vykhidnykh inhrediientiv. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2012. № 1. S. 191–195.

Bibliography

1. Tymchuk V. M., M. G. Tsekhmeistruk, U. G. Buriak. Injury seeds: the ways of overcoming. *Agribusiness today*. 2015. No. 1–2.

2. Kavunets V. P., Kochmarskyi V. S., Vorona A. P. Seeds of winter wheat. *Breeding, seedtechnology and growing cereals in the steppes of Ukraine*; ed. prickly V. T. Koliuchoho, V. N. Vlasenko, G. Y. Badger / K.: Agricultural Science, 2007. P. 327–381.

3. Zinchenko O. I., Salatenko V. N., Bilonozhko M. A. Plant growing: textbook; ed. O. I. Zinchenko. K.: Agrarian Education, 2001. 591 p.

4. Tarasenko A. P. Reduction of traumatization of seeds during harvesting and post-harvest processing. Voronezh: Federal State Educational Institution of Higher Professional Education of the Higher Technical University of Ukraine, 2003. 331 p.

5. Dryncha V. M. Investigation of seed separation and development of machine technologies for their preparation. Voronezh: Publishing house of the NGO "MODEC", 2006. 384 p.

6. Gerasymchuk U. V., Sakhnevych V. G. Prospects of using an electric field to reduce the injury seeds in the process of of preseedlingtraining. *Mechanization and Electrification of Agriculture: mizh. temat. Science. Coll. / NSC "IAEE."* Hlevakha, 2012. Issue No. 96. P. 444–453.

7. Gerasymchuk U. V. The Savings movement of seeds. *The Ukrainian Farmer*. 2015. № 7. P. 102,103.

8. Gerasymchuk U. V., Sakhnevych V. G., Berlinets U. M. Determination of parameters electrode system for transporting seeds by belt conveyor in the field of corona discharge. *Mechanization and Electrification of Agriculture: Nationwide Coll. / NSC "IAEE."* Hlevakha, 2015. Issue No. 1 (100). P. 188–194.

9. Mechanical and technological properties of agricultural materials / O. M. Tsarenko, D. G. Voytyuk, V. M. Shvaiko

[and others]; for ed. S. S. Yatsuna. K.: Purpose, 2003. 448 p.

10. Weight dosing of grainy materials / S. V. Pershina, A. V. Katalymov, V. G. Odnolko, V. F. Pershin. Moscow: Mechanical Engineering, 2009. 260 p.

11. Yatsenko U. V. Separate physical and mechanical properties of mixed fodders and their outgoing ingredients. *The Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*. 2012. No. 1. P. 191–195.