Научная статья

УДК 631.3

ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА, СВЯЗЫВАЮЩЕГО СТАТИЧЕСКОЕ И ДИНАМИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА СЕМЕНА СОИ

Алексей Алексеевич Кувшинов, Владимир Александрович Сахаров, Александр Васильевич Липкань

Всероссийский научно-исследовательский институт сои, г. Благовещенск, Россия, kyaa@vniisoi.ru

Аннотация. Проблема снижения повреждений семян сельскохозяйственных культур, в частности сои, является актуальной задачей для сельского хозяйства. В статье рассмотрены методы и экспериментальные установки для исследования прочностных характеристик семян различных культур, предложенные разными авторами. Выяснено, что важными аспектами при изучении прочностных характеристик семян сои в частности, в статике и динамике являются влажность, направление приложения нагрузки к семени, использование разных материалов отражающей поверхности. Дополнительно предлагается фиксировать размеры семян (длина, ширина, толщина), определять коэффициент сферичности и вес отобранных образцов. В данной статье представлены методики по исследованию статического и динамического воздействия на семена сои. Обоснованы предпосылки к выведению коэффициента, связывающего потенциальную энергию деформации с кинетической энергией удара, позволяющего в последующем отказаться от проведения исследований по динамическому воздействию удара на семена сои.

Ключевые слова: семена сои, нагрузка, деформация, статическое воздействие, динамическое воздействие, критическая скорость удара

Для цитирования: Кувшинов А. А., Сахаров В. А., Липкань А. В. Предпосылки для определения коэффициента, связывающего статическое и динамическое воздеЙствие на семена сои // Агронаука. 2023. Том 1. № 1. С.165–170.

Original article

UDC 631.3

A TECHNIQUE FOR DETERMINING THE CRITICAL IMPACT SPEED OF SOYBEAN SEEDS

Aleksej A. Kuvshinov, Vladimir A. Saharov, Aleksandr V. Lipkan

All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, Blagoveshchensk, Russia, kyaa@vniisoi.ru

Abstract. The problem of reducing damage to seeds of agricultural crops, in particular soybean, is an urgent task for agriculture. The article discusses methods and experimental setups for studying the strength characteristics of seeds of various crops, proposed by different authors. It was found that important aspects in the study of the strength characteristics of soybean seeds, in particular, in statics and dynamics, are humidity, the direction of application of the load to the seed, the use of different materials of the reflective surface. Additionally, it is proposed to fix the sizes of seeds (length, width, thickness), to determine the coefficient of sphericity and the weight of the selected samples. This article presents methods for studying the static and dynamic effects on soybean seeds. The prerequisites for the derivation of a coefficient that relates the potential energy of deformation to the kinetic energy of impact are substantiated.

Keywords: soybean seeds, load, deformation, static impact, dynamic impact, critical impact velocity

For citation: Kuvshinov A. A., Saharov V. A., Lipkan A. V. K metodike opredeleniya kriticheskoj skorosti udara semyan soi [A technique for determining the critical impact speed of soybean seeds]. *Agronauka. – Agroscience*. 2023; 1; 1: 165–170. (in Russ.)

Введение

Снижение травмирования семян при уборке зерновых культур, в том числе сои, и послеуборочной обработке зерна на сегодняшний день имеет большое значение, особенно при производстве семенного материала, т.к. даже незначительные микроповреждения семян сои существенно влияют на их всхожесть и последующую урожайность.

Изучение физико-механических свойств семян имеет важное значение при последующем моделировании процессов, возникающих при уборке и транспортировке, а также при разработке и модернизации рабочих органов уборочных машин и устройств послеуборочной обработки семян.

Учёными изучено влияние влажности семени во время процесса уборки на характер его повреждений. Выявлены разновидности повреждений, в максимальной степени ухудшающие посевные свойства семенного материала и приводящие к уменьшению урожайности культуры в общем [1].

Исследованиями авторов [2] установлено, что травмирование зернового материала является результатом несоответствия режимных параметров работы молотильного и сепарирующего устройств уборочных машин физико-механическим свойствам зернового материала убираемых растений. Для вымолота зернового материала без травмирования импульс удара должен быть меньше усилия, которое ограничивается его упругими свойствами (пределом упругости).

В устройстве для исследования прочностных свойств зерна различных сельскохозяйственных культур [3] скорость зерна при ударе определяется микроконтроллером по времени, затраченному зерном, на прохождение заданного расстояния.

В работе [4] авторами представлена экспериментальная установка для исследования ударного воздействия на семена зерновых культур, состоящая из блока питания с манометром и датчиками скорости, трубопровода, компрессора, блока регистрации ударного взаимодействия с закрепленной на нём металлической пластиной.

Исследования других авторов [5] проводились на специально разработанной установке. Испытаниям был подвержен семенной материал гороха в качестве сыпучего тела при использовании трёх вариантов пластин: пластина из стали марки 3 без какого-либо покрытия, пластина из стали марки 3 с покрытием полиуретаном и пластина из высокоэластичного полимера. Итоги экспериментальных изысканий по снижению ударного воздействия поверхности, имеющей различную жесткость, на семенной материал показали, что применение эластомеров, как варианта покрытия рабочих органов машин и агрегатов, используемых в сельском хозяйстве, в сто раз и более понижает силу удара на семенной материал по сравнению с применением стальной поверхности.

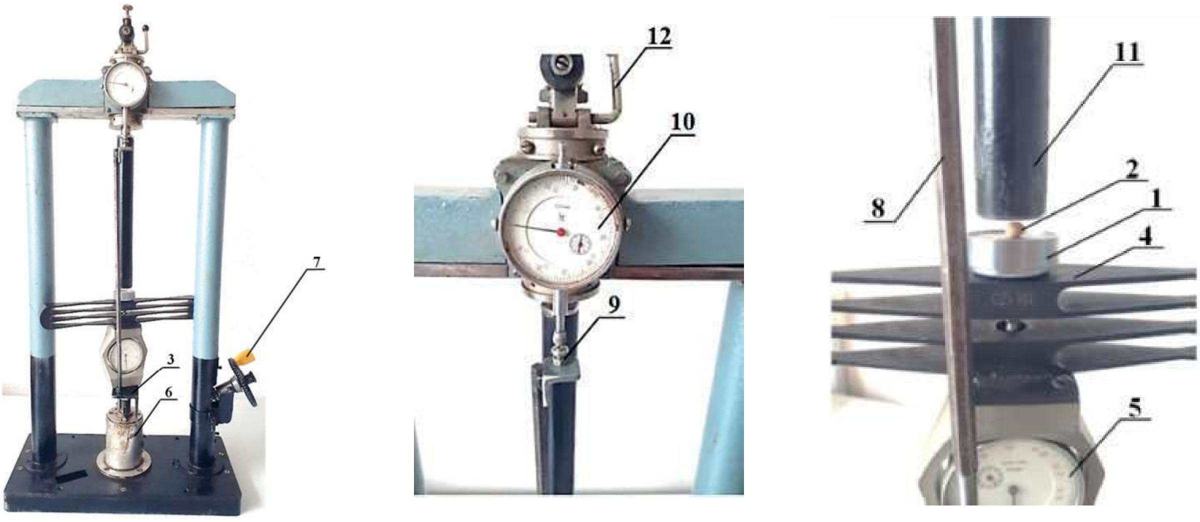
Группой авторов приведено теоретическое обоснование состояния напряжения частицы сыпучего тела при контакте с поверхностями, имеющими различную жесткость, которое подтверждается проведёнными ранее экспериментальными исследованиями, и позволяет сделать выводы, что для исключения фактора травмирования семян нужно применять рабочие органы с ударопоглощающей поверхностью, изготовленной из эластомера. Данные материалы обладают возможностью в значительной мере растягиваться и сокращаться в границах упругих деформаций. Использование данных материалов позволит создать такую среду, в которой семенной материал будет находиться во взвешенном состоянии и отскакивать от поверхности рабочего органа без процесса скольжения [6].

Также проводились исследования прочности зерна сои при сжатии стальными поверхностями при помощи тензометрического пресса. Изучалось влияние влажности зерна и изменения направления приложения нагрузки на силу разрушения [7].

Цель исследования – определение коэффициента, связывающего разрушающие нагрузки при статическом и динамическом воздействии на семена сои.

Условия, материалы и методы

Выявить степень дробления и микроповреждений семян сои при статическом нагружении и динамическом ударе об отражающую поверхность, связь этих процессов, перспективные направления снижения деформации зерна сои рабочими органами уборочных и послеуборочных машин в дальнейших исследованиях нами планируется с помощью экспериментальных установок для статического и динамического нагружения семени (рисунки 1, 2).



а) б) в)

1 – пятачок динамометра; 2 – семя сои; 3 – нагрузочная площадка;
4 – силовой элемент динамометра; 5 – индикатор усилия и прогиба силового элемента динамометра; 6 – механизм перемещения нагрузочной площадки; 7 – рукоятка; 8 – жёсткий шток связи нагрузочной площадки с верхним индикатором её перемещения; 9 – регулировочный упорный винт с контргайкой; 10 – индикатор перемещения нагрузочной площадки;
11 – верхний упор; 12 – рукоятка подъёма и фиксации верхнего упора

Рисунок 1 – Лабораторная установка для определения прочностных характеристик семян сои при статическом нагружении: а) общий вид установки; б) индикатор перемещения нагрузочной площадки; в) динамометр для определения нагрузки на семя сои ДОСМ-3-0,05

В качестве испытуемого материала отбираются пробы семян сои разных сортов, предварительно не подвергавшиеся механическому воздействию.

Порядок проведения исследований:

1. Отобрать для заданного сорта 10 образцов семян сои наиболее типичных размеров и массы, зафиксировать эти размеры и массу. Охарактеризовать серию семян сои коэффициентом сферичности и плотности (либо характеристикой массы 1000 семян или насыпной плотности – натурой). Исходная характеристика семян сои сорта необходима для последующего определения корреляции с прочностными параметрами семян сои.

Сферичность (коэффициент сферичности) семян найти из выражения [7]

$$K_{сф} = \frac{\sqrt{a \cdot b}}{l},$$

где a – ширина, мм;
b – толщина, мм;
l – длина, мм.

2. Закрепить семя сои 2 на пятачке динамометра 1 с необходимой ориентацией в его центре (в одном из трёх направлений).

3. Установить пятачок динамометра 1, на котором зафиксировано семя сои 2, на шарик ДОСМ-3-0,05, а сам динамометр на нагрузочную площадку 3 лабораторной установки для оценки прочности семени сои на сжатие (рис. 1, в) таким образом, чтобы удобно было смотреть на показания индикатора усилия 5, а семя сои 2 находилось бы примерно по центру верхнего упора 11 лабораторной установки с небольшим зазором от него. Пятачок динамометра 1 на шарике не должен касаться силового элемента динамометра 4.

4. Убедившись в центральном положении семени сои 2 по отношению к верхнему упору 11 лабораторной установки, прокрутить за рукоятку 7 механизм перемещения нагрузочной площадки 3 до соприкосновения семени сои 2 с поверхностью верхнего упора.

5. Регулировочный упорный винт 9 жесткого штока 8 переместить до касания с наконечником индикатора перемещения 10, (рисунок 1, б) и зафиксировать его контргайкой М4. Поворотом за кольцо индикатора перемещения нагрузочной площадки 10 установить её показания на 0.000. В данном положении лабораторная установка готова к проведению экспериментов по нагружению семян сои для оценки их прочностных

характеристик: деформации семени с точностью до 0,01 мм и усилия нагружения.

6. К проведению экспериментов привлекаются двое исполнителей:

- первый следит за показаниями индикатора перемещения нагрузочной площадки 10 в процессе деформации семени 2 вплоть до растрескивания его оболочки, о чём свидетельствует лёгкий щелчок и резкое падение стрелки индикатора 5, то есть её вращение в направлении, обратном нагружению;

- второй исполнитель, медленно вращая рукоятку 7, фиксирует текущие показания индикатора усилия 5, в том числе максимальное, соответствующее резкому сбросу нагрузки, командуя первому исполнителю о фиксации показаний индикатора перемещения 10 в этот момент.

7. Деформация семени сои в миллиметрах соответствует определённому этапу нагружения, определяется как разность показаний индикаторов 10 и 5 до определенной фазы или на данном этапе нагружения вплоть до растрескивания оболочки семени в последовательности согласно п. 6.

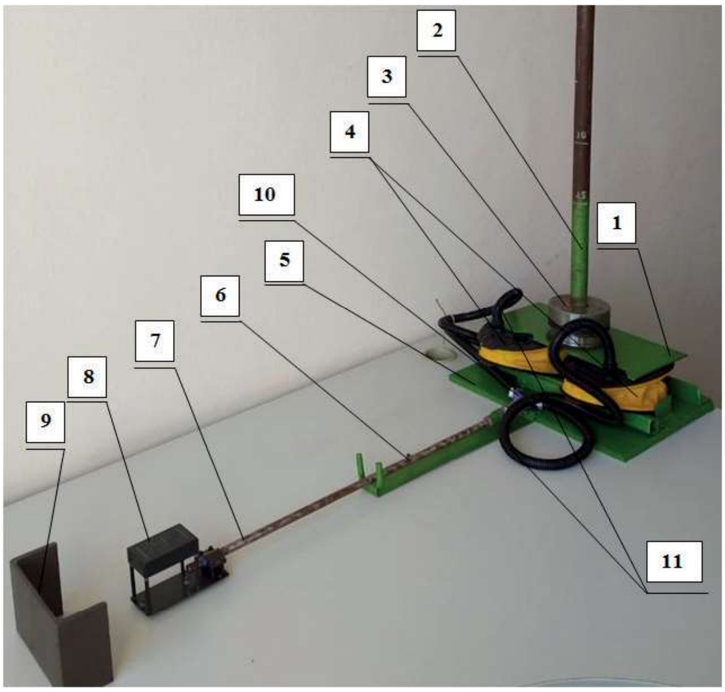
Точность показаний индикаторов 10 и 5 перемещения нагрузочной площадки и прогиба силового элемента динамометра ДОСМ-3-0,05 составляет 0,001...0,005 мм, а точность определения усилия нагрузки, определяемой по нагрузочной характеристике прибора ДОСМ-3-0,05 согласно показаниям деформации (прогиба) его силового элемента составляет 0,001 Н.

На рисунке 2 представлена лабораторная установка для определения скоростей удара, соответствующих разрушению семян сои.

Установка состоит из основания 5 со стойкой 2 с высотными отметками, по которой свободно перемещается груз 3. На основании 5 установлены два пневматических насоса 4, сверху накрытых пластиной 1, также свободно перемещающейся по стойке 2. Подача воздуха из насосов 4 через тройник 10 в трубку 7 осуществляется посредством гибких шлангов 11. На выходе из трубки 7 установлен электронный прибор 8 для измерения скорости полёта (удара) семян. Трубка 7 имеет ограничитель 6, обеспечивающий повторяемость закладки семени в фиксированном положении перед выстрелом. Автоматическая фиксация скорости полёта семени прибором 8 происходит перед ударом в отражающую поверхность 9, осуществляется в виде показания на электронном табло с точностью 0,01 м/с. Скорость полёта принимается равной скорости удара.

Для каждой серии измерений отбирают 50 семян одного диапазона влажности. Изначально с помощью штангенциркуля или специального оптического приспособления замеряются для каждого семени размеры: длина l, ширина a, толщина b. Вычисляется коэффициент сферичности. Исходя из коэффициента сферичности, образцы семян разделяются по типоразмерам. Каждому типоразмеру соответствует определенный внутренний диаметр сменной трубки.

Влажность задаётся значениями из следующих диапазонов: 7...8, 12...14 и 18...20%. Обеспечение заданной влажности семян будет проводиться по общеизвестной методике [8]. Оценка влажности будет проводиться по ГОСТ 12041-82 "Семена сельскохозяйственных культур. Метод определения влаж-



1 – пластина; 2 – стойка; 3 – груз; 4 – насосы; 5 – основание; 6 – ограничитель; 7 – трубка; 8 – электронный прибор для измерения скорости полёта (удара) зерна; 9 – отражающая поверхность; 10 – тройник; 11 – гибкие шланги

Рисунок 2 – Лабораторная установка для определения скорости динамического разрушения семян сои

ности".

Для проведения исследований будут использоваться семена ультраскороспелого, скороспелого, среднеспелого и позднеспелого сортов сои.

Семя сои закладывается в соответствующую трубку до ограничителя 6 путём подъёма выходной части трубки 7. Груз 3 поднимается на определённую отметку стойки 2 и отпускается. Происходит "выстрел".

Для определения расположения пятна контакта от удара об отражающую поверхность 9 на семени сои, и соответственно, направления удара по отношению к семени, на отражающую поверхность 9 наносится перед выстрелом специальный красящий состав. Перед каждой повторностью состав наносится снова.

После удара семени об отражающую поверхность определяется место удара, и соответственно, вдоль какого размера (l, a или b) была приложена ударная нагрузка, рассматривается семя под микроскопом на предмет микро- и макроповреждений, разделения семядолей внутри семенной оболочки и т.д. Измерение размеров семян, влажности и результаты проведения исследований заносятся в таблицу.

Для исследований будут использоваться три вида отражающих поверхностей: металлическая, металлическая с покрытием эластичным полимером, металлическая с обрезиниванием.

Статистическая обработка полученных данных проводится по общеизвестной методике [9].

Потенциальной энергией деформации называется энергия, накапливаемая в физическом теле в пределах его упругих деформаций. Потенциальная энергия численно равна работе внешних сил, приложенных к телу, на вызванных ими перемещениях. За счёт потенциальной энергии деформации восстанавливаются первоначальная форма и размеры образца при снятии нагрузки [10].

По мнению исследователей [11, 12], вся кинетическая энергия полёта семени расходуется на деформацию частицы и отражающей поверхности. По мнению других авторов [4], часть кинетической энергии возвращается семени после отражения от поверхности.

Для определения соотношения кинетической энергии, расходуемой на деформацию семени и остаточной кинетической энергии его отскока будут проведены лабораторные опыты на представленных ранее лабораторных установках. Разница между разрушающей статической (потенциальной) энергией и динамической разрушающей энергией удара будет указывать на остаточную величину энергии отскока.

По полученным результатам опытов будет найден коэффициент, связывающий потенциальную энергию разрушения семян с динамическим разрушающим воздействием с учётом остаточной кинетической энергии отскока.

Заключение

В дальнейшем, используя полученный коэффициент, измерив разрушающее статическое усилие деформации семени, получим критическую скорость ударного разрушения семян, что крайне важно при проектировании механизмов и узлов комбайнов, сепараторов, сеялок, очистных машин для исключения повреждения семян сои при посеве, уборке, подработке. Данное решение позволит при последующих исследованиях уменьшить количество проводимых измерений и ограничиться проведением измерений только статического воздействия на семена сои.

Список источников

1. Новицкая Н.В., Гадзовский Г.Л., Корнийчук Е.Н. К вопросу о травмировании семян сельскохозяйственных культур // Мичуринский агрономический вестник. 2018. № 2. С. 28-37.

2. Адаптация устройств обмолота к физико-механическим характеристикам убираемых культур / Ю.Ф. Лачуга [и др.] // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 1. С. 72-75.

3. Устройство определения скорости зерна при ударе: пат. 165280 Рос. Федерация. № 2016108740/28 / Чепцов С.М., Бутенко А.Ф.; заявл. 10.03.2016; опубл. 10.10.2016. 8 с.

4. Исследование ударного воздействия механического устройства на семена озимой пшеницы / В.П. Забродин [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 12. № 2. С. 14-18.

5. Суханова М.В., Прохода А.А., Иванов А.Н. Экспериментальное определение силы ударного воздействия поверхности различной жесткости на семена // Вестник аграрной науки Дона. 2019. № 3(47). С. 17-21.

6. Суханова М.В. Концептуальное обоснование использования ударопоглощающих рабочих ор-

ганов сельскохозяйственных машин для снижения травмирования семян // Вестник аграрной науки Дона. 2022. №1 (57). С. 51-64.
7. Бумбар И.В. Уборка сои: монография. Благовещенск: ДальГАУ, 2006. 240 с.
8. Смоликова Г.Н., Ламан Н.А. Физиологическое качество семян сельскохозяйственных культур и методы его оценки: методические указания. Минск: Право и экономика, 2005. 48 с.
9. Пономарев В.Б., Лошкарев А.Б. Математическая обработка результатов инженерного эксперимента: учебное пособие. Екатеринбург: Урал. ун-т, 2019. 104 с.
10. Иовенко В.В. Введение в теорию упругости: учебное пособие. Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2017. 200 с.
11. Русских В. Уменьшаем травмирование зерна, повышаем его урожайность // Комбикорма. 2010. №7. С. 51-53.
12. Бутенко А.Ф., Максименко В.А. Анализ травмирования семян зерновых культур // Исследования и разработка эффективных технологий и технических средств для животноводства: сборник научных трудов. Зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 2004. С. 75-83.
.

References

1. Noviczkaya N.V., Gadzovskij G.L., Kornijchuk E.N. K voprosu o travmirovanii semyan sel`skoxozyajstvenny`x kul`tur // Michurinskij agronomicheskij vestnik. 2018. № 2. S. 28-37.
2. Adaptaciya ustrojstv obmolota k fiziko-mexanicheskim xarakteristikam ubiraemy`x kul`tur / Yu.F. Lachuga [i dr.] // Rossijskaya sel`skoxozyajstvennaya nauka. 2020. № 1. S. 72-75.
3. Ustrojstvo opredeleniya skorosti zerna pri udare: pat. 165280 Ros. Federaciya. № 2016108740/28 / Chepczov S.M., Butenko A.F.; zayavl. 10.03.2016; opubl. 10.10.2016. 8 s.
4. Issledovanie udarnogo vozdejstviya mexanicheskogo ustrojstva na semena ozimoj pshenicy / V.P. Zabrodin [i dr.] // Sel`skoxozyajstvenny`e mashiny` i texnologii. 2018. T. 12. № 2. S. 14-18.
5. Suxanova M.V., Proxoda A.A., Ivanov A.N. E`ksperimental`noe opredelenie sily` udarnogo vozdejstviya poverxnosti razlichnoj zhestkosti na semena // Vestnik agrarnoj nauki Dona. 2019. № 3(47). S. 17-21.
6. Suxanova M.V. Konceptual`noe obosnovanie ispol`zovaniya udaropogloshhayushhix rabochix organov sel`skoxozyajstvenny`x mashin dlya snizheniya travmirovaniya semyan // Vestnik agrarnoj nauki Dona. 2022. №1 (57). S. 51-64.
7. Bumbar I.V. Uborka soi: monografiya. Blagoveshhensk: Dal`GAU, 2006. 240 s.
8. Smolikova G.N., Laman N.A. Fiziologicheskoe kachestvo semyan sel`skoxozyajstvenny`x kul`tur i metody` ego ocenki: metodicheskie ukazaniya. Minsk: Pravo i e`konomika, 2005. 48 s.
9. Ponomarev V.B., Loshkarev A.B. Matematicheskaya obrabotka rezul`tatov inzhenernogo e`ksperimenta: uchebnoe posobie. Ekaterinburg: Ural. un-t, 2019. 104 s.
10. Iovenko V.V. Vvedenie v teoriyu uprugosti: uchebnoe posobie. Xabarovsk: Izd-vo TOGU, 2017. 200 s.
11. Russkix V. Umen`shaem travmirovanie zerna, povy`shaem ego urozhajnost` // Kombikorma. 2010. №7. S. 51-53.
12. Butenko A.F., Maksimenko V.A. Analiz travmirovaniya semyan zernovy`x kul`tur // Issledovaniya i razrabotka e`ffektivny`x texnologij i texnicheskix sredstv dlya zhivotnovodstva: sbornik nauchny`x trudov. Zernograd: VNIPTIME`SX, 2004. S. 75-83.

Информация об авторах

А.А. Кувшинов – канд. техн. наук, ст. науч. сотр.;
В.А. Сахаров – ст. науч. сотр.;
А.В. Липкань – ст. науч. сотр.

Information about the authors

A.A. Kuvshinov – Cand. Tech. Sci., Senior Researcher
V.A. Sakharov – Senior Researcher
F.V. Lipkan – Senior Researcher

Статья поступила в редакцию 01.02.2023; одобрена после рецензирования 27.02.2023; принята к публикации 15.03.2023

The article was submitted 01.02.2023; approved aftee reviewing 27.02.2023; accepted for publication 15.03.2023