

ПЕРЕРАБОТКА ПРОДУКЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

УДК 631.361

Д.Г. Фёдоров, А.В. Дмитриев, Е.С. Денисов
D.G. Fedorov, A.V. Dmitriyev, Ye.S. Denisov

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕЙ СИЛЫ УДАРА ДЛЯ РАЗРУШЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗЕРНА ГРЕЧИХИ

DETERMINATION OF THE AVERAGE IMPACT FORCE TO DESTROY STRUCTURAL ELEMENTS OF BUCKWHEAT KERNEL

Ключевые слова: средняя сила удара, время удара, шелушение, пневмомеханический.

Keywords: average impact force, impact time, dehulling, pneumatic mechanical.

Проведённые теоретические исследования взаимодействия зерна с рабочими органами пневмомеханических шелушителей показывают сложность этого процесса, при котором на эффективность шелушения оказывают влияние не только конструктивные и технологические параметры машины, но и физико-механические свойства самого перерабатываемого продукта. Значительное влияние на процесс шелушения оказывает средняя сила удара для разрушения зерна и его структурных элементов. Для нахождения величины средней силы удара разрушения структурных элементов зерна гречихи разработаны экспериментальная установка и соответствующая методика.

The carried out theoretical studies of grain interaction with the working bodies of pneumatic mechanical dehulling machines show the complexity of this process, since the effectiveness of dehulling is affected not only by the machine design and technological parameters, but also by the physical and mechanical properties of the processed product. The average impact force to destruct kernel and its structural elements has significant influence on dehulling process. Experimental plant and appropriate technique has been developed to find the value of the average impact force to destroy structural elements of buckwheat kernel.

Фёдоров Дмитрий Геннадьевич, аспирант, Казанский государственный аграрный университет. E-mail: fedorov90@bk.ru.

Дмитриев Андрей Владимирович, к.т.н., доцент, каф. машин и оборудования в агробизнесе, Казанский государственный аграрный университет. E-mail: avd-mail@mail.ru.

Денисов Евгений Сергеевич, к.т.н., доцент, каф. радиоэлектроники и информационно-измерительной техники, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ. E-mail: genia-denisov@yandex.ru.

Fedorov Dmitriy Gennadyevich, post-graduate student, Kazan State Agricultural University. E-mail: fedorov90@bk.ru.

Dmitriyev Andrey Vladimirovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Machinery and Equipment in Agri-Business, Kazan State Agricultural University. E-mail: avd-mail@mail.ru.

Denisov Yevgeniy Sergeevich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Radioelectronics and Data Measurement Equipment, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev. E-mail: genia-denisov@yandex.ru.

Введение

Гречневая крупа – ценнейший продукт питания человека, она отличается высокими питательными и диетическими свойствами. Переработка зерна гречихи в

крупу, как правило, проводится в специализированных крупоперерабатывающих предприятиях, имеющих широкий спектр машин для получения качественного продукта. Однако выгоднее переработку

гречневой крупы проводить в гречихосеющих хозяйствах, что будет существенно снижать её розничную цену [1]. Поэтому в настоящее время приобретает актуальность разработки новых комбинированных машин для их использования в условиях гречихосеющего хозяйства.

Один из наиболее эффективных способов воздействия на перерабатываемый продукт при шелушении гречихи – пневмомеханический, когда на зерно, находящееся в движущемся потоке воздуха, оказывают воздействие неподвижные или находящиеся в движении рабочие органы шелушителя [2, 3].

В настоящее время для пневмомеханического шелушения зерна разработан ряд машин, чья характерная особенность – наличие броскового вентилятора, на который подаётся перерабатываемый продукт, разгоняется и выбрасывается на рабочие поверхности. Отделение оболочки от зерна происходит за счёт комплекса сил трения, удара, воздействия воздушного потока и т.п. [4-7].

Проведённые теоретические исследования взаимодействия зерна с рабочими органами пневмомеханических шелушителей показывают сложность этого процесса, при котором на эффективность шелушения оказывают влияние не только конструктивные и технологические параметры машины, но и физико-механические свойства самого перерабатываемого продукта [8-10].

Целью работы является разработка методики определения средней силы удара для разрушения зерна и его структурных элементов, оказывающей значительное влияние на процесс шелушения гречихи.

Анализ и обсуждение результатов

Для нахождения величины средней силы удара разрушения структурных элементов зерна гречихи разработаны методика и экспериментальная установка (рис. 1), состоящая из следующих основных элементов: опора 1, с вертикальной

стойкой 2, на которой закреплена контактная пластина 3, нить 4 с металлическим шариком 5. Угол отклонения нити от контактной пластины измеряется шкалой 6. На контактной пластине в точке соприкосновения с металлическим шариком находится отверстие, к которому с обратной стороны вертикальной стойки подсоединён вакуумный компрессор 7. Компрессор создаёт разрежение, позволяющее удерживать в этой точке испытуемое зерно. Также на контактной пластине установлена клавиша 10, которая соединена с контактной пластиной таким образом, что замыкается и пропускает через себя сигнал во время удара об неё металлического шара. Сигнал создается путем подачи сигнала высокого логического уровня от источника постоянного напряжения 8. Клавиша 10 пропускает сигнал через себя в систему измерения 9 только во время контакта металлического шарика 5 с контактной пластиной клавиши. Фиксирование времени удара происходит посредством системы измерения 9, реализованной на базе микропроцессора. Результаты работы стенда передаются на отображающую систему (ОС), реализованную на базе портативного персонального компьютера.

Упрощенная электрическая схема работы экспериментальной установки представлена на рисунке 2. Сигнал от источника постоянного напряжения при замыкании клавиши поступает на вход микропроцессорной программируемой платы. При появлении сигнала высокого уровня на входе микропроцессорной платы запускается двоичный таймер-счетчик, показания которого считываются в момент первого размыкания клавиши. Последняя мера реализована для уменьшения влияния «дребезга контактов» клавиши. Для борьбы с этим эффектом также используется игнорирование размыкания клавиши непосредственно после срабатывания за время, не превосходящее трети наименьшего возможного времени удара.

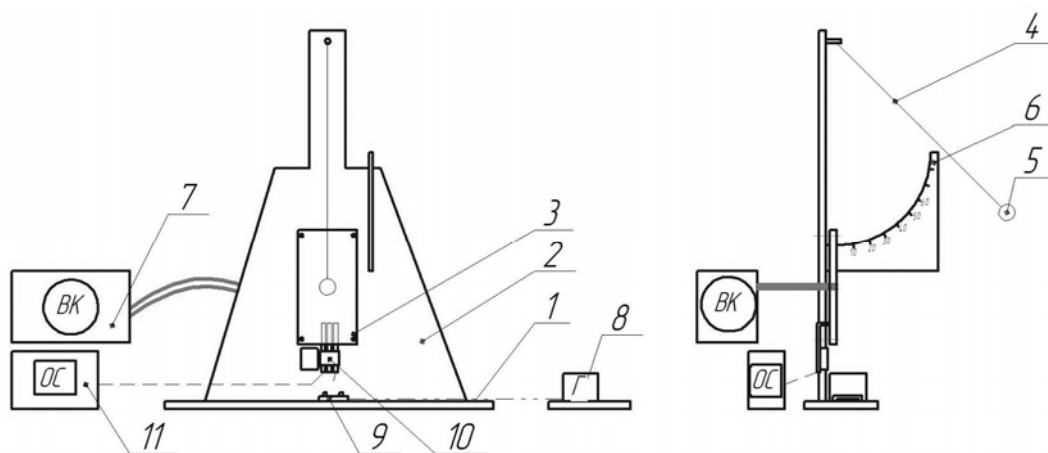


Рис. 1. Экспериментальная установка определения средней силы удара для разрушения структурных элементов зерна гречихи:

- 1** – нижняя опора; **2** – боковая опора; **3** – контактная пластина; **4** – нить; **5** – металлический шарик; **6** – шкала; **7** – вакуумный компрессор; **8** – источник постоянного напряжения; **9** – система измерения; **10** – клавиша; **11** – отображающая система



Рис. 2. Упрощенная электрическая принципиальная схема работы установки

Дополнительно используется фильтрующая RC-цепь для сглаживания пульсаций, вызванных «дребезгом контактов». Значение с таймера счетчика передается на персональный компьютер, где выполняются дальнейшие вычисления.

В рассматриваемой установке используется программируемая микропроцессорная плата Launchpad C2000 от Texas Instrument. В данной плате имеется встроенный 32-битный таймер счетчик. Тактовая частота работы счетчика была задана равной $f_0 = 60$ МГц.

Определение средней силы удара для разрушения структурных элементов зерна гречихи происходит следующим образом. Подбирается зерно гречихи определенной влажности, которое устанавливается на контактной пластине 3, где она будет удерживаться за счёт вакуумного компрессора 7, создающего разреже-

ние, позволяющее удерживать его в точке соприкосновения металлического шарика с контактной поверхностью. Далее металлический шарик 5 с нитью 4 отклоняется на определённый угол и отпускается. В момент удара металлического шарика 5 клавиша 10 замыкается, и сигнал от источника постоянного напряжения 8 поступает в систему измерения 9. Система измерения определяет количество n срабатываний таймера-счетчика за время замыкания клавиши 10 (время удара) и передает найденное число n в отображающую систему 11.

На основании количества n срабатываний таймера-счетчика, начального и конечного угла отклонения металлического шарика с нитью, влажности зерна гречихи проводятся следующие вычисления.

Определяется длительность удара τ путем умножения количества срабатываний таймера счетчика на период повторения импульсов T , формируемых тактовым генератором микропроцессорной программируемой платы:

$$\tau = nT, \quad (1)$$

где τ – длительность удара, с;

n – число импульсов, шт.;

$T = 1/f_0$ – период тактовых импульсов, с.

Для определения средней силы удара для разрушения структурных элементов зерна гречихи применяем теорему об изменении импульса материальной точки:

$$m(\mathcal{G}_2 - \mathcal{G}_1) = (mg + N + F) \cdot \tau, \quad (2)$$

где m – масса металлического шарика, кг;

\mathcal{G}_1 и \mathcal{G}_2 – скорости металлического шара до и после удара, м/с;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

N – внешняя сила, Н;

F – средняя сила удара, Н;

τ – длительность удара, с.

Преобразуя формулу (2), получаем следующее выражение для определения средней силы удара:

$$F = \frac{m(\mathcal{G}_2 + \mathcal{G}_1)}{\tau}, \quad (3)$$

где F – средняя сила удара, Н;

m – масса металлического шарика, кг;

\mathcal{G}_1 и \mathcal{G}_2 – скорости металлического шара до и после удара, м/с;

τ – длительность удара, с.

Скорости шарика \mathcal{G}_1 и \mathcal{G}_2 можно определить на основании теоремы об изменении механической энергии системы «шар – Земля». Изменение механической энергии системы определяется суммой всех внешних и внутренних непотенциальных сил. На основании того, что внешняя сила N перпендикулярна перемещению и при этом нить нерастяжима, поэтому сила N работу не совершает,

внутренняя же сила mg обладает потенциальной энергией, поэтому система «шар – Земля» не меняется и определяется формулой:

$$mgh = \frac{m\mathcal{G}_2^2}{2}. \quad (4)$$

Преобразуя уравнение 4, получаем значения начальной и конечной скоростей шарика:

$$\mathcal{G}_{1,2} = 2 \sin \frac{\alpha_{1,2}}{2} \sqrt{gl}, \quad (5)$$

где α_1 и α_2 – углы отклонения шара до и после соударения, град.

Выводы

Используя представленную методику, можно определить диапазон средней силы удара для разрушения структурных элементов зерна гречихи, необходимый для гарантированного снятия цветковой оболочки, сохраняя при этом целостность ядрицы. Зная диапазон средней силы удара для разрушения оболочки и ядра, можно установить технологические параметры шелушительных машин, обеспечивающих качественную и эффективную переработку продукта.

Библиографический список

1. Фёдоров Д.Г., Дмитриев А.В., Кадырова Ф.З. Шелушитель зерна гречихи с реверсивной декой // Сельский механизатор. – 2014. – № 11. – С. 18-19.
2. Халиуллин Д.Т., Дмитриев А.В. Пневмомеханическое устройство для обрушивания семян подсолнечника // Современные наукоёмкие технологии. – 2015. – № 12 (2). – С. 272-276.
3. Khaliullin D.T., Dmitriev A.V. Pneumomechanical device for grain hulling // Journal of Advanced Research in Technical Science. – North Charleston, USA: SRC MS, GreateSpace. – 2016. Issue 2. – P. 94-97.
4. Патент на полезную модель 128518 РФ, МПК В02В 3/00. Устройство для шелушения зерна / Фёдоров Д.Г., Дмитриев А.В., Железнов А.А.; опубл. 27.05.2013, Бюл. № 15.

5. Патент на полезную модель 140311 РФ, МПК В02В 3/00. Устройство для шелушения зерна с реверсивной декой / Дмитриев А.В., Фёдоров Д.Г., Ибяттов Р.И., Лотфуллин Р.Ш.; опубл. 10.05.2014, Бюл. №13.

6. Патент на изобретение 2567170 РФ, МПК В02В 3/00. Устройство для шелушения зерна / Фёдоров Д.Г., Дмитриев А.В., Нуруллин Э.Г., Ибяттов Р.И.; опубл. 10.11.2015, Бюл. № 31.

7. Патент на изобретение 2591725 РФ, МПК В02В 3/00. Устройство для шелушения зерна пневмомеханического типа / Фёдоров Д.Г., Дмитриев А.В., Нуруллин Э.Г., Ибяттов Р.И., Лотфуллин Р.Ш.; опубл. 18.05.2016.

8. Ибяттов Р.И., Дмитриев А.В., Лотфуллин Р.Ш. Влияние скоростей вращения ротора и реверсивной деки на воздушный поток в пневмомеханическом шелушителе // Инновационные разработки молодых ученых – развитию агропромышленного комплекса: матер. IV Междунар. конф. / ФГБНУ ВНИИОК. – Ставрополь, 2015. – Т. 1. – Вып. 8. – Ставрополь: Бюро новостей, 2015. – С. 113-116.

9. Ибяттов Р.И., Дмитриев А.В., Лотфуллин Р.Ш. К расчету траектории движения зерна в рабочем пространстве пневмомеханического шелушителя с реверсивной декой // Вестник Казанского ГАУ. Казань. – 2015. – № 1 (35). – С. 62-67.

10. Лотфуллин Р.Ш., Дмитриев А.В., Ибяттов Р.И. К определению силы удара зерна о деку пневмомеханического шелушителя // Техника и оборудование для села. – 2015. – № 10. – С. 38-40.

References

1. Fedorov D.G., Dmitriev A.V., Kadyrova F.Z. Shelushitel zerna grechikhi s reversivnoy dekoj // Selskiy mekhanizator. – 2014. – № 11. – S. 18-19.

2. Khaliullin D.T., Dmitriev A.V. Pnevromekhanicheskoe ustroystvo dlya obrushivaniya semyan podsolnechnika // Sovremennye naukoemkie tekhnologii. – 2015. – № 12 (2). – S. 272-276.

3. Khaliullin D.T., Dmitriev A.V. Pneumomechanical device for grain hulling // Journal of Advanced Research in Technical Science. – North Charleston, USA: SRC MS, GreateSpace. – 2016. Issue 2. – P. 94-97.

4. Patent na poleznyuyu model 128518 RF, MPK V02V 3/00. – Opubl. 27.05.2013. Byul. № 15. Ustroystvo dlya shelusheniya zerna / Fedorov D.G., Dmitriev A.V., Zheleznov A.A.

5. Patent na poleznyuyu model 140311 RF, MPK V02V 3/00. – Opubl. 10.05.2014. Byul. № 13. Ustroystvo dlya shelusheniya zerna s reversivnoy dekoj / Dmitriev A.V., Fedorov D.G., Ibyatov R.I., Lotfullin R.Sh.

6. Patent na izobretenie 2567170 RF, MPK V02V 3/00. – Opubl. 10.11.2015. Byul. № 31. Ustroystvo dlya shelusheniya zerna / Fedorov D.G., Dmitriev A.V., Nurullin E.G., Ibyatov R.I.

7. Patent na izobretenie 2591725 RF, MPK V02V 3/00. – Opubl. 18.05.2016. Ustroystvo dlya shelusheniya zerna pnevmomekhanicheskogo tipa / Fedorov D.G., Dmitriev A.V., Nurullin E.G., Ibyatov R.I., Lotfullin R.Sh.

8. Ibyatov R.I., Dmitriev A.V., Lotfullin R.Sh. Vliyanie skorostey vrashcheniya rotora i reversivnoy deki na vozдушnyy potok v pnevmomekhanicheskom shelushitele // Materialy IV mezhdunarodnoy konferentsii «Innovatsionnye razrabotki molodykh uchenykh – razvitiyu agropromyshlennogo kompleksa»: Sbornik nauchnykh trudov. FGBNU VNIIOK, Stavropol, 2015. – Tom 1. – Вып. 8. – Stavropol: Byuro novostey, 2015. – S. 113-116.

9. Ibyatov R.I., Dmitriev A.V., Lotfullin R.Sh. K raschetu traektorii dvizheniya zerna v rabochem prostranstve pnevmomekhanicheskogo shelushitelya s reversivnoy dekoj // Vestnik Kazanskogo GAU. – Kazan, 2015. – № 1(35). – S. 62-67.

10. Lotfullin R.Sh., Dmitriev A.V., Ibyatov R.I. K opredeleniyu sily udara zerna o deku pnevmomekhanicheskogo shelushitelya // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. – 2015. – № 10. – S. 38-40.

