

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ ПРИ УДАРЕ И ВЫБОР КИНЕМАТИЧЕСКОГО РЕЖИМА РАБОТЫ НОРИИ

**Богомолов А.В., д.т.н., проф., Белостоцкий В.А., к.т.н., доц.,
Лукьянов И.М., ст. препод.**

*(Харьковский национальный технический университет сельского
хозяйства имени Петра Василенко)*

Приведены результаты исследования прочности зерна пшеницы при ударе и рекомендации по выбору кинематического режима работы норрии

Эффективность работы норрии, при транспортировании товарного зерна во многом зависит от объема поврежденного зерна и степени его механического повреждения.

Постановка проблемы. Повреждению зерна норриями посвящены ряд работ, в основном, по травмированию семенного материала, к повреждению которого особенно повышенные требования. Однако до настоящего времени нет единого мнения относительно оптимальных конструктивных параметров элементов норрий и кинематических режимов их работы. Например, в литературных источниках [1] [2] скорость ленты рекомендуется принимать от 0,8 до 2,6 м/с. Такой разброс обусловлен различными критериями травмирования зерна и методами его определения. Так внутренние повреждения (эндосперма, зародыша, цветочной части) определялись сложным рентгенографическим методом [3], при этом требования к скорости ленты ужесточались.

Что касается товарного зерна, то данные о допустимой степени его травмирования и оптимальных режимах транспортирования норриями отсутствуют. Естественно должны отсутствовать трещины и локальные срывы на оболочке, так как при этом создаются благоприятные условия для проникновения внутрь зерна плесневых грибков и бактерий. Образование вмятин, приводящих к повреждению внутренних частей зерна, также лучше не допускать или минимизировать, поскольку при дальнейшей обработке может увеличиться степень разрушения, да и качество зерна ухудшается.

Целью работы является установить энергетические параметры механического повреждения зерна пшеницы при ударе и соответствующие безопасные кинематические режимы работы нории.

Методика и результаты исследования. В качестве критерия была выбрана остаточная деформация (сплющивание) зерновки при ударе. Методика испытаний прочности зерна при ударе предусматривает нанесение по зерновке вертикального тарированного удара с измерением остаточной деформации и с одновременным визуальным осмотром при помощи лупы с 7-кратным увеличением и светодиодной подсветкой.

Более точные характеристики прочности зерна при ударе возможно получить лишь с учетом силы удара, напряжений и перемещений в соударяющихся телах. Такое решение является очень сложным, так как требует применения методов классической теории удара совместно с элементами теории упругости и только для строго определенных систем соударяющихся тел [4].

Поэтому воспользуемся методами классической механики удара [5] позволяющих установить условия повреждаемости зерна в виде предельной кинетической энергии удара T_0 и соответствующей скорости соударения, которые можно определить экспериментально. Схема испытаний зерна при ударе приведена рис. 1. В соответствии с приведенной схемой

$$T_0 = m_1 g (H - t), \quad (1)$$

где t - толщина зерна;

m_1 - масса груза;

H - высота падения груза.

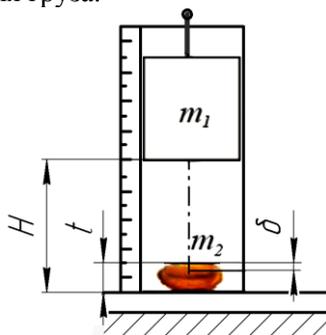


Рис.1. Схема испытания прочности зерна при ударе

С другой стороны кинетическая энергия движения зерновки

массой m_2 до удара

$$T_0 = \frac{m_2 \vartheta_2^2}{2}, \quad (2)$$

где ϑ_2 – скорость зерновки до удара.

Тогда предельная допустимая скорость зерновки до удара будет равна

$$\vartheta_{np} = \sqrt{\frac{2T_0}{m_2}}, \quad (3)$$

где T_0 – величина кинетической энергии при которой остаточная деформация δ будет равна либо близка к нулю.

Полный импульс за время удара [?]

$$S = \frac{m_1 m_2 (\vartheta_1 - \vartheta_2)(1+k)}{m_1 + m_2}, \quad (4)$$

где ϑ_1, ϑ_2 – скорости тел (груза и зерновки соответственно) до удара; k – коэффициент восстановления.

Потери кинетической энергии при ударе

$$T_0 - T = \frac{1-k}{1+k} T^*, \quad (5)$$

где T – кинетическая энергия во время удара;

T^* – кинетическая энергия потерянных скоростей, тогда

$$T^* = \frac{m_1 m_2 (\vartheta_1 - \vartheta_2)^2 (1+k)^2}{2(m_1 - m_2)}. \quad (6)$$

Используя зависимости (1), (2), (4) и (6) можно ввести такую характеристику прочности зерна как среднее сопротивление удару. Следует отметить, что остаточная деформация зерна растет с увеличением количества ударов, поэтому эту характеристику можно определить по величине остаточной деформации после n ударов. Удар по схеме на рис. 1. ввиду пластичности зерна и отсутствию отскока ($k=0$) можно считать неупругим.

При этом $\vartheta_1 = \sqrt{2g(H-t)}$, $\vartheta_2 = 0$ тогда

$$T_0 = \frac{m_1 \vartheta_1^2}{2} = m_1 g(H-t), \quad T_0 - T = \frac{m_1 m_2 \vartheta_1^2}{2(m_1 + m_2)} \text{ окончательно}$$

$$T = T_0 - (T_0 - T) = \frac{gm_1^2(H-t)}{(m_1 + m_2)}. \quad (7)$$

Кинетическая энергия равная потенциальной энергии деформации

$$T = R_n \frac{\delta}{n}, \quad (8)$$

где R_n – среднее сопротивление зерна за n ударов δ - остаточная деформация после n ударов.

Приравнявая (7) и (8), получаем величину R_n в ньютонах

$$R_n = g \frac{nm_1^2(H-t)}{(m_1+m_2)\delta}. \quad (9)$$

Из-за малого значения m_2 по сравнению с m_1 формулу (9) можно представить в виде

$$R_n = g \frac{nT_0}{\delta}. \quad (10)$$

В процессе испытаний наносились удары грузиками массой 10г, 50г, 120г с высоты H равной 6; 10; 15 и 20 мм. Измерение остаточной деформации производили на оптическом измерителе высоты ИЗВ-1 с ценой деления нониуса 0,001мм.

Испытанию подвергались зерна пшеницы «Харьковская -46» влажностью 14,6%, у которой зародыш не закрыт полностью оболочкой, и которая вследствие этого имеет наименьшую прочность, по сравнению с твердыми сортами, у которых зародыш закрыт полностью.

Из стандартных навесок по 50 гр выбирались зерна толщиной $t = 3,1 \pm 0,1$ мм, которые по данным работы [6] имеют наибольшую склонность к травмированию. Испытанию подвергались 10 групп по 10 зерен, по зерновке каждой группы наносилось соответствующее число ударов с одинаковой кинетической энергией T_0 , и остаточная деформация определялась как среднеарифметическая величина. На рис. 2. приведены результаты испытаний при больших значениях кинетической энергии T_0 . Звёздочками отмечены количество ударов и величины остаточной деформации, при которых происходило разрушение. Кривые построены с использованием метода графического разностного сглаживания.

В процессе испытаний четко определились два вида разрушений. При остаточной деформации в пределах 260-290 мкм (кривая 1) разрушение у отдельных зерен происходит в виде широкой трещины, которая распространяется от нижней части зерна (от впадин оболочки) вверх по боковой поверхности (рис. 3.а). При остаточной деформации 370-390 мкм у отдельных зерен происходило разрушение зерна (рис. 3.б) на две половинки четко по бороздке. При этом трещина на боковой поверхности не образовывалась. Во всех

случаях разрушение происходило после 2-3 ударов. При кинетической энергии $T_0 = 144 \cdot 10^{-4} \text{ Нм}$ (кривая 2) наблюдались также разрушения при меньшей величине деформации, но после большего количества ударов, порядка 6-7.

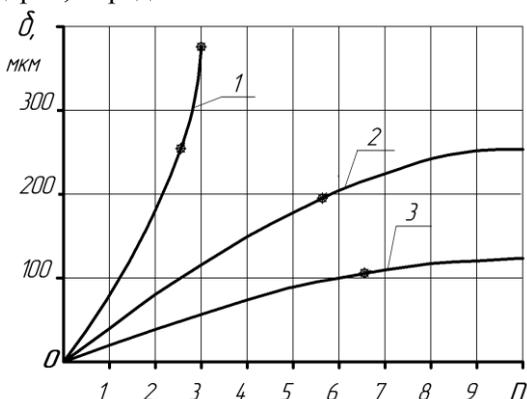


Рис. 2. Зависимость остаточной деформации от числа ударов (фиксация зерна плашмя): 1 – $T_0 = 204 \cdot 10^{-4} \text{ Нм}$, 2 – $T_0 = 144 \cdot 10^{-4} \text{ Нм}$, 3 – $T_0 = 87 \cdot 10^{-4} \text{ Нм}$

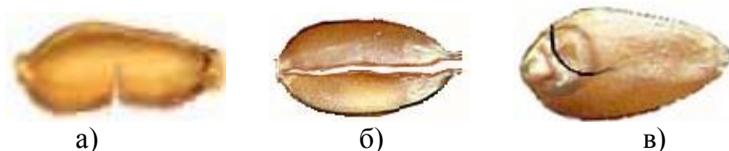


Рис. 3. Виды разрушений зерна: а) трещина на боковой поверхности, б) трещина по бороздке, в) поперечная трещина по зародышевой стороне зерна (показана условно)

При кинетической энергии $T_0 = 85 \cdot 10^{-4} \text{ Нм}$, разрушение происходило в виде частичного выдавливания зародыша, в отдельных случаях, с образованием поперечных трещин, очевидно, вследствие, расширения эндосперма при сплющивании (рис.3.в). С увеличением количества ударов до 10 величина остаточной деформации начинала стабилизироваться. Это можно объяснить постепенным уплотнением эндосперма, и соответственно увеличением сопротивления удару.

На рис.4 приведены результаты испытаний при малых значениях кинетической энергии. Разрушение оболочки и зародыша во всех случаях не наблюдалось. При кинетической энергии $T_0 = (3-4)$

10^{-4} Нм величина остаточной деформации колебалась с небольшим разбросом в пределах 0-3 мкм.

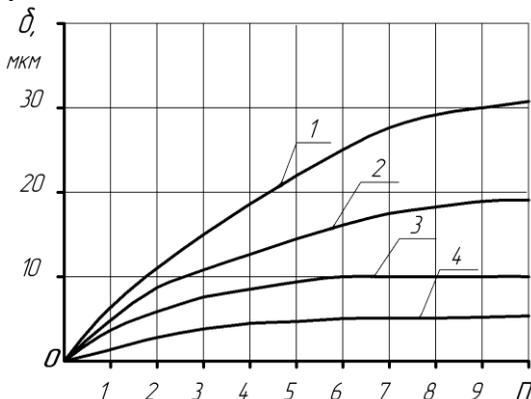


Рис.4. Зависимость остаточной деформации от количества ударов: 1 - $T_0 = 17 \cdot 10^{-4}$ Нм, 2 - $T_0 = 12 \cdot 10^{-4}$ Нм, 3 - $T_0 = 7 \cdot 10^{-4}$ Нм, 4 - $T_0 = (3-4) \cdot 10^{-4}$ Нм.

Величина этой кинетической энергии была принята в качестве критерия для определения предельной скорости соударения зерна с перемещающим его рабочим органом машины. В соответствии с этим при средней массе зерновки $m_2 \approx 3 \cdot 10^{-5}$ кг (30 мг) ее предельная скорость до удара согласно (3) должна быть

$$v_{np} = \sqrt{\frac{2T_0}{m_2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 4 \cdot 10^{-4}}{3 \cdot 10^{-5}}} = 5,15 \text{ м/с}$$

Тогда при обычно применяемых соотношениях радиусов наружной кромки ковша к радиусу барабана $\frac{r_K}{r_6} = 1,5 \dots 1,6$, скорость

ленты должна быть в пределах

$$v_{л} = \frac{v_{np}}{1,5 \dots 1,6} = \frac{5,15}{1,5 \dots 1,6} = 3,43 \dots 3,22 \text{ м/с}$$

Эти скорости соответствуют скоростям лент у зерновых норий ведущих зарубежных и отечественных производителей. Так, например, нории фирмы «MANSUN» (Дания) производительноностью 300-650 т/ч, скорость ленты 3,2-3,5 м/с, у норий «Maxiliftion corp.» (США) 3,1-3,8 м/с, у скоростных норий НЦ –П-100 и НЦ –П-175 по ГОСТ 10190-62 соответственно 3,7-4,3 м/с, нория П-350 Карловского машзавода – 3,2 м/с.

Выбор рабочей скорости ленты и диаметра барабана следует производить также из условия, что показатель кинематического режима должен находиться в пределах $p = \frac{h}{r_0} = 0,38...0,4$, где $h = \frac{g}{\omega^2}$ - полюсное расстояние, r_0 - радиус барабана.

Среднее сопротивление удару может быть использовано как характеристика сравнительной прочности зерна с упруго-пластическими характеристиками. Чем больше величина R_n и индекса n (количество ударов) тем выше прочность зерновки. Для зерна пшеницы, согласно графика 4 (рис. 4), среднее сопротивление при количестве ударов $n = 5$ (до стабильного значения δ) согласно формуле 10

$$R_5 = \frac{5 \cdot 4 \cdot 10^{-4}}{3 \cdot 10^{-6}} = 0,66 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

Для хрупкого зерна (горох, рис и др.), в качестве такой характеристики можно использовать величину кинетической энергии T_3 при которой не происходит разрушение после 3-х ударов. При хрупком разрушении ударом, как известно, развитие трещин происходит мгновенно по всему объему при первых же ударах (в зависимости от наличия начального повреждения: царапины или трещины) или не происходит вообще при этой энергии.

Выводы. Предложенный метод определения энергетических параметров механического повреждения зерновки при ударе, в виде предельной величины ее кинетической энергии и соответствующей предельной скорости движения до удара, по критерию допускаемой остаточной деформации после удара может быть использован для выбора кинетического режима работы нории и ее типа для различных зерновых материалов.

Список литературы

1. Шибяев П.Н. /Механические повреждения зерна и меры их устранения. //Вестник сельскохозяйственной науки. -1957.- № 9 – с. 70-78
2. Бедыч Т.В. Влияние рабочих органов машин на травмирование зерна. /Т.В. Бедыч //Международный с/х журнал – М.; 2008 - №4-с. 71-72
3. Анискин В.П. Повреждение семян зерновых культур при машинной обработке /В.П.Анискин, В.М.Дрынча, И.А.Пехальский // Вестник сельскохозяйственной науки – 1992 - №1-с. 94-105

4. Александров Е.В. Прикладная теория и расчет ударных систем / Е.В.Александров, Б.Б.Соколинский // - М.; Наука. 1969 – 201 с.

5. Лойцянский А.Г. Курс теоретической механики/ Лойцянский А.Г., А.И. Лурье// - М.; 1980 – ч. II – 567с.

6. Пугачев А.Н. Повреждение зерна машинами /А.Н.Пугачев – М.; Колос. 1976 – 320с.

Анотація

ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНОСТІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ПРИ УДАРІ ТА ВИБІР КІНЕМАТИЧНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ НОРІЇ

Приведені результати дослідження міцності зерна пшениці при ударі та рекомендації з вибору кінематичного режиму роботи норії.

Abstract

DETERMINATION OF STRENGTH OF GRAIN WHEAT ON IMPACT AND SELECTION MODE OF THE KINEMATIC HOLE

Determination of the strength of wheat grain at impact and the choice of the kinematic mode of work of noria-elevators