

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ ЗЕРНА ПРИ УБОРКЕ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫМИ КОМБАЙНАМИ

Ludvikas Shpokas

Department of Agricultural Machines, Lithuanian University of Agriculture

Аннотация. Представлены данные экспериментальных исследований повреждения зерна при уборке ячменя и пшеницы комбайнами Claas Legion, John Deere WTSi и New Holland CX. Определено, что при уборке сухой пшеницы (влажность зерна ниже 16%) комбайном с многобарабанным молотильно-сепарирующим устройством, оптимальная окружная скорость бичей молотильного барабана не должна превышать $26 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, а при влажной – $32,0 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. Изменение зазора между барабаном и подбарабаньем на повреждаемость зерна оказало незначительное влияние. Оптимальной зазор между барабаном и подбарабаньем при уборке ячменя комбайнами John Deere 9680 WTSi – 10 мм, Claas Lexion 460 – 10 мм и New Holland CX 860 – 11 мм.

Ключевые слова: зерно, повреждение зерна, комбайн, обмолот

ВВЕДЕНИЕ

В странах Евросоюза зерновые культуры убираются комбайнами. Начало уборки и продолжительность уборочного сезона в основном зависит от метеорологических условий в период созревания и уборки зерновых. В условиях Литвы уборка зерновых начинается 25 июля, при неблагоприятных метеорологических условиях – в первой декаде августа. Все зерновые необходимо убрать до 20 августа. Позже, в течение дня срок уборки ограничивается в связи с утренними и вечерними россами и относительной влажности воздуха окружающей среды.

В настоящее время в Литве под зерновые и рапс отводится свыше одного миллиона гектаров. Для уборки зерновых имеется около 7 тысяч зерноуборочных комбайнов, в основном импортированные из западных стран. Около 90% комбайнов производства до 2000 года.

С 2000 года крупные хозяйства приобретают современные высокопроизводительные комбайны фирм Claas, John Deere, New Holland, которые при урожайности пшеницы с 6 до $9 \text{ т}\cdot\text{га}^{-1}$ в течение одного часа непрерывной работы намолачивают с 20 до 30 т зерна. Замечено, что качество зерна в бункере высокопроизводительных комбайнов при уборке зерновых в одинаковых условиях

резко отличается. Предварительные исследования показали, что на повреждение зерна влияет и конструктивные особенности молотильно-сепарирующих устройств комбайнов.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Пугачев [1980] исследовал причины повреждения зерна при уборке зерноуборочными комбайнами с однобарабанным молотильным аппаратом, а также обобщил результаты исследований других авторов. Он пришел к выводу, что на повреждение зерна в основном оказывает влияние биологические свойства зерна, конструктивные особенности молотильных аппаратов, отклонение регулировочных параметров молотильных аппаратов от оптимальных и недостаточная квалификация комбайнеров.

Вацкер [2000, 2003] утверждает, что степень повреждения зерна зависит от сорта зерновых и времени уборки в течение дня. Он определил, что при уборке пшеницы, зерна сорта 'Ориентес' повреждалось на 3% больше чем 'Торонто'. В середине дня повреждение зерна на 2% превышало уровень повреждения зерна в утренние и вечерние часы уборки.

Многочисленные исследования комбайнов с двухбарабанным молотильным аппаратом показали, что при дифференциальном обмолоте пшеницы повреждалось зерна на 0,6% меньше по сравнению с обмолотом однобарабанным молотильным аппаратом [Колганов *et al.* 1971]. При уборке ржи на холмистых полях комбайн с двухбарабанным молотильным аппаратом повреждал на 0,7% меньше зерна, чем комбайн с однобарабанным аппаратом [Шпокас *et al.* 1974]. При движении комбайна по склону крутизной в $11,8^\circ$ на подъем повреждение зерна увеличилось только на 0,92% по сравнению с уборкой на равнине.

Степень повреждения зерна тесно связана и с подачей хлебной массы в молотильный аппарат. Пугачев [1973] определил, что оптимальная подача пшеницы в однобарабанный молотильный аппарат $3,8 \text{ кг}\cdot\text{с}^{-1}$. Шпокас *et al.* [2004] в лабораторных условиях установил, что оптимальная подача пшеницы „Зентос” $5,0 \text{ кг}\cdot\text{с}^{-1}$ при влажности зерна 9,2%, соломы – 15,2%. При подаче $5,0 \text{ кг}\cdot\text{с}^{-1}$ пшеницы повреждение зерна не превышало допустимого уровня 2%.

Уровень повреждения зерна тесно связан и с окружной скоростью движения бил молотильного барабана и хлебной массы в зазоре между барабаном и подбарабаньем. Рой *et al.* [1984] установили, что с увеличением скорости движения бил барабана с 18 до $30 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, скорость движения пшеницы в начале подбарабанья увеличилась с 2,9 до $3,9 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, в конце – с 4,0 до $7,5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. В связи с тем повреждение зерна увеличилось на 0,5%.

Результаты многих исследований позволяют делать вывод, что на качественные показатели работы комбайнов влияют природно-климатические условия региона, особенности сорта зерновых культур, соответствие регулировочных параметров молотильно-сепарирующего устройства комбайна к условиям уборки.

До настоящего времени пристальное внимание исследователей уделялось улучшению качественных показателей работы однобарабанного молотильного аппарата. В высокопроизводительных комбайнах молотильно-сепарирующее

устройство состоит из двух, трёх и даже четырёх барабанов. В научной литературе данных по оценке работы таких комбайнов опубликовано крайне мало.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Определить уровень повреждения зерна при уборке зернобоб высокопроизводительными комбайнами и обосновать оптимальные технологические регулировочные параметры их молотильно-сепарирующих устройств.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Биометрические показатели зерновых были определены тремя повторностями путем измерения длины каждого стебля скошенного с площади $0,25 \text{ м}^2$, определением среднего числа зерна в колосе, массы зёрен в колосе а также массы 1000 зёрен. Макро повреждение зерна определено после тщательного осмотра каждого зерна пробы 50 г тремя повторностями. В лабораторию доставлялись пробы массой 2 кг, взятые с потока зерна из зернового шнека в бункер комбайна.

Перед каждым опытом показания компьютера сравнивались с зазорами между барабаном и подбарабаньем в комбайне, с зазорами между жалюзи верхнего и нижнего решета, а также сравнивалась частота вращения молотильного барабана с показанием компьютера.

Во время отбора проб с потока зерна в бункер для определения повреждения зерна, в кабине комбайна фиксировались показания компьютера: скорость движение комбайна, урожайность, влажность зерна, изменение оборотов молотильного барабана и вентилятора.

Комбайны

Исследования проводились с комбайнами New Holland CX 860, Claas Lexion 460, John Deere 9680 WTSi, содержащими тангенциальные многобарабанные молотильно-сепарирующие устройства (Рис. 1).

В комбайне New Holland CX 860 молотильный аппарат состоял из десятибичевого барабана диаметром 0,75 м и подбарабанья с углом обхвата 111° и площадью $1,18 \text{ м}^2$. За молотильным барабаном находился отбойный битей, роторный сепаратор соломы и направляющий битей. Под ними находилось подбарабанье общей площадью $1,36 \text{ м}^2$.

В комбайне Claas Lexion 460 перед восьмибичевым барабаном диаметра 0,6 м и подбарабаньем площадью $1,26 \text{ м}^2$ находился барабан- ускоритель диаметром 0,45 м и подбарабанья площадью $0,6 \text{ м}^2$. Барабан-ускоритель направлял хлебную массу к основному молотильному барабану со скоростью $13 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, поэтому обмолачивался более тонкий слой массы.

В комбайне John Deere 9680 WTSi был один десятибичевой барабан диаметра 0,66 м, подбарабанье площадью $1,26 \text{ м}^2$, с углом обхвата 116° . За молотильным барабаном находился отбойный барабан диаметром 0,4 м и подбарабанье площадью $0,55 \text{ м}^2$. Положение подбарабанья можно было регулировать.

Во время исследования менялось частота вращения молотильного барабана, зазор между барабаном и подбарабаньем, остальные технологические регулировки устанавливались по рекомендации завода изготовителя комбайнов.

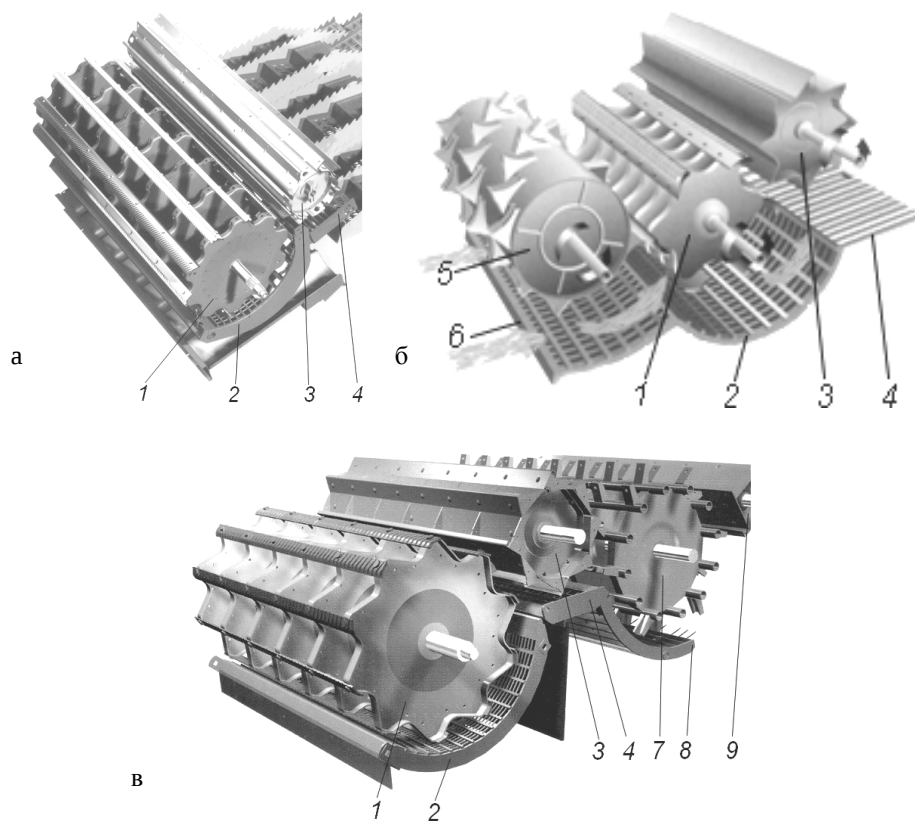


Рис. 1. Молотильно-сепарирующие устройства комбайнов *а* – John Deere 9680 WTSi; *б* – Claas Lexion 460; *в* – New Holland CX 860: 1 – молотильный барабан; 2 – подбарабанье; 3 – отбойный битер; 4 – подбарабанье или пальцевая решётка; 5 – барабан-ускоритель движения массы; 6 – сменные секции подбарабанья; 7 – роторный сепаратор; 8 – подбарабанье сепаратора; 9 – направляющий барабан

Fig. 1. Threshing and separating systems: *a* – John Deere 9680 WTSi; *b* – Claas Lexion 460; *v* – New Holland CX 860: 1 – threshing drum; 2 – concave; 3 – book beater; 4 – concave or wire grate-bar; 5 – accelerator; 6 – replaceable segments of a concave; 7 – rotor-type separator; 8 – separation concave; 9 – flow guiding drum

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В 2005 г. метеорологические условия для уборки зерновых были не благоприятные. Хотя уборка начиналась в конце июля, но в первой декаде августа выпавшие 125,1 мм осадков задержали уборку до 15 августа. Из-за шквалов ветра

посевы сильно полегли. Только во второй половине августа и в начале сентября благоприятные метеорологические условия способствовали уборке всего урожая.

Анализом биометрических показателей определено, что масса 1000 зёрен пшеницы Ширвинта была на 2,72 г меньше по сравнению с сортом Пегассос, отношение массы соломы (на уровне среза пшенизы) к зерну было 0,7, у ячменя – 0,5. Средняя урожайность ячменя составила около $6,7 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$, пшеницы – $7,2 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$.

Повреждение зерна

В полевых условиях подача массы в молотильный аппарат, при постоянной скорости движения комбайна и ширине захвата жатки, зависит от равномерности густоты стеблестоя хлебной массы и урожайности. При работе комбайна компьютер показывает изменения урожайности зерна в загоне, что облегчает взятие репрезентативных проб для определения повреждения зерна.

Исследованием было установлено (Рис. 2), что при уборке ячменя Catania комбайном John Deere 9680 WTSi с увеличением подачи массы с $8,6$ до $14,2 \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1}$, повреждение зерна снизилось в среднем на $0,15\%$.

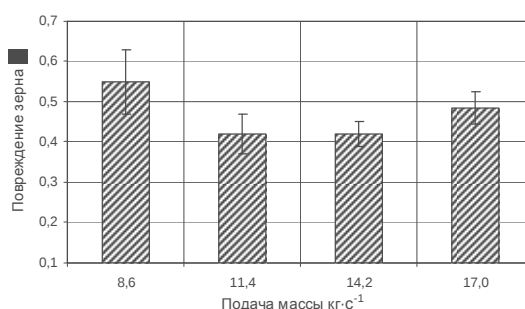


Рис. 2. Влияние подачи массы ячменя Catania в комбайн John Deere 9680 WTSi на повреждение зерна; Окружная скорость бичей барабана $v_b = 30 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$; зазор между барабаном и подба-рабаном $a = 9 \text{ мм}$; зазор между жалюзи короткого решета $b = 6 \text{ мм}$; верхнего – $c = 17 \text{ мм}$; нижнего – $d = 6 \text{ мм}$; влажность зерна $U_1 = 14,2\%$; урожайность $Q = 6,86 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$

Fig. 2. Influence of barley's variety 'Catania' feed rate into a combine harvester John Deere 9680 WTSi on grain damage: velocity of beaters of a threshing drum $v_b = 30 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$; gap between the threshing drum and a concave $a = 9 \text{ мм}$; gap between louvers of a shorter sieve $b = 6 \text{ мм}$; that of an upper sieve $c = 17 \text{ мм}$; of lower sieve $d = 6 \text{ мм}$; grain moisture content $U_1 = 14,2\%$; yield – $Q = 6,86 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$

Дальнейшее увеличение подачи массы до $17 \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1}$, незначительно увеличило повреждение зерна. Комбайны с однобарабанным молотильным аппаратом более приспособлены к уборке семенных площадей в связи с тем, что повреждение зерна не превышает допустимого уровня 2% .

Комбайн с многобарабанным молотильно-сепарирующим устройством значительно повреждает сухое зерно. При уборке сухой пшеницы „Ширвинта” комбайном New Holland CX 860 (Рис. 3) установлено, что с увеличением подачи массы с $6,1$ до $11,4 \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1}$, повреждение зерна снизилось на $1,5\%$, однако превышало допустимый уровень 2% . Отклонение данных от среднего значения

указывает на неравномерность подачи массы во время движения комбайна в загоне.

Полученные данные указывают, что при уборке сухой пшеницы высокопроизводительными комбайнами с многобарабанным молотильно-сепарирующим устройством необходимо избегать частых поворотов в конце загона, скашивание неполной шириной захвата жатки, пустых переездов, выгрузки зерна с остановками. Молотильно-сепарирующее устройство комбайна должно все время находиться под оптимальной нагрузкой (около $10 \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1}$). При уборке сухой пшеницы Ширвинта комбайном Claas Lexion 580 с двумя молотильными барабанами (Рис. 4), повреждение зерна не превышало допустимого уровня 2% только при подаче массы более $11 \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1}$.

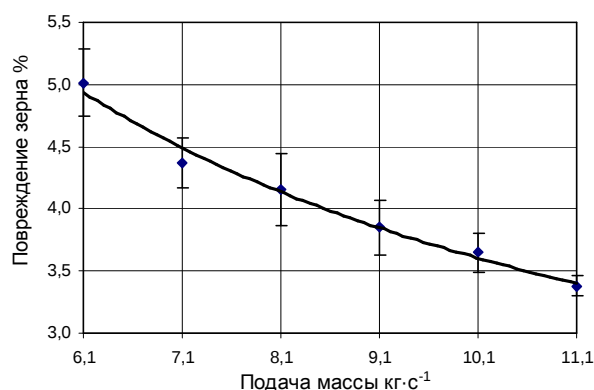


Рис. 3. Влияние подачи массы пшеницы Ширвинта в комбайн New Holland CX 860 на повреждение зерна: $v_b = 29,4 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$; $a = 11\text{-}11 \text{ мм}$; $b = 6 \text{ мм}$; $c = 13 \text{ мм}$; $d = 7 \text{ мм}$; $U_1 = 16,5\%$; $Q = 7,1 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$

Fig. 3. In influence of wheat 'Sirvinta' feed rate into a combine harvester New Holland CX 860 on grain damage: $v_b = 29,4 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$; $a = 11\text{-}11 \text{ мм}$; $b = 6 \text{ мм}$; $c = 13 \text{ мм}$; $d = 7 \text{ мм}$; $U_1 = 16,5\%$; $Q = 7,1 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$

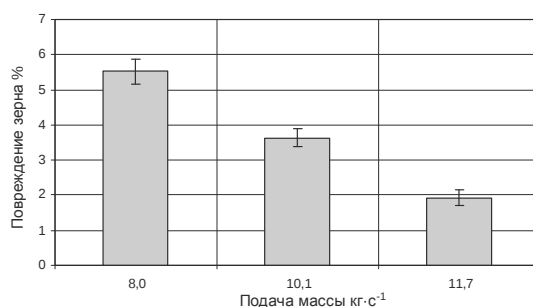


Рис. 4. Влияние подачи массы пшеницы Ширвинта на повреждение зерна при уборке комбайном Claas Lexion 580: $v_b = 26,7 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$; $a = 10 \text{ мм}$; $b = 17 \text{ мм}$; $c = 8 \text{ мм}$; $U_1 = 17,2\%$; $Q = 7,6 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$

Fig. 4. Influence of wheat 'Sirvinta' feed rate in a combine harvester Claas Lexion 460 on grain damage: $v_b = 26,7 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$; $a = 10 \text{ мм}$; $c = 17 \text{ мм}$; $d = 8 \text{ мм}$; $U_1 = 17,2\%$; $Q = 7,6 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$

Многие исследователи отмечают, что для выделения зерна из колосьев достаточно окружной скорости движения бичей барабана от 29 до 34 м·с⁻¹. Оптимальная окружная скорость бичей барабана зависит от многих факторов и должна быть определена для каждого сорта зерновых.

При уборке ячменя Catania комбайном John Deere 9680 WTSi (Рис. 5) было определено, что с увеличением окружной скорости бичей барабана с 25,9 до 36,1 м·с⁻¹ повреждение зерна возросло до 0,7%, но не превышала допустимого уровня 2%. Аналогичные результаты получены и при уборке пшеницы. Поэтому можно делать вывод, что при уборке зерновых однобарабанным комбайном, окружную скорость движения бичей барабана будет ограничивать потери зерна недомолотом.

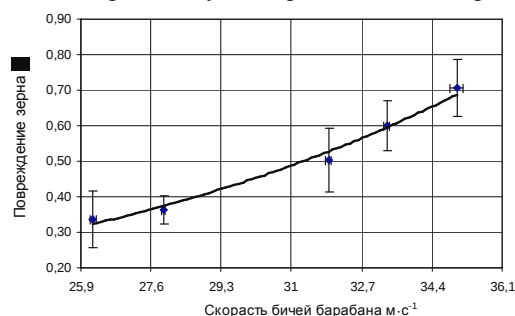


Рис. 5. Влияние окружной скорости бичей барабана комбайна John Deere 9680 WTSi на повреждение зерна ячменя Catania: $a = 7$ мм; $b = 6$ мм; $u = 17$ мм; $d = 6$ мм; $U_1 = 14,1\%$;

$$Q = 6,3 \text{ т·га}^{-1}; v_m = 3,4 \text{ км·ч}^{-1}$$

Fig. 5. Influence of drum peripheral velocity on damage rate of barley Catania in a combine harvester

John Deere 9680 WTSi: $a = 7$ mm; $b = 6$ mm $c = 17$ mm; $d = 6$ mm; $U_1 = 14,1\%$;

$$Q = 6,3 \text{ t·ha}^{-1}, v_m = 3,4 \text{ km·h}^{-1}$$



Рис. 6. Влияние окружной скорости бичей барабана комбайна New Holland CX 860 на повреждение зерна пшеницы Ширвинта: $a = 10-10$ мм; $b = 6$ мм; $u = 13$ мм; $d = 7$ мм;

$$U_1 = 13,8\%; Q = 7,1 \text{ т·га}^{-1}; v_m = 4,5 \text{ км·ч}^{-1}$$

Fig. 6. Influence of drum peripheral velocity on damage rate of wheat Sirvinta in a combine harvester

New Holland CX 860: $a = 10-10$ mm; $b = 6$ mm $c = 13$ mm; $d = 7$ mm; $U_1 = 13,8\%$;

$$Q = 7,1 \text{ t·ha}^{-1}, v_m = 4,5 \text{ km·h}^{-1}$$

При уборке сухой пшеницы Пегассос комбайном New Holland CX 860 (Рис. 6) получены аналогичные результаты. Многобарабанное молотильно-сепарирующее

устройство повреждало в среднем в три раза больше сухого зерна чем однобарабанный молотильный аппарат.

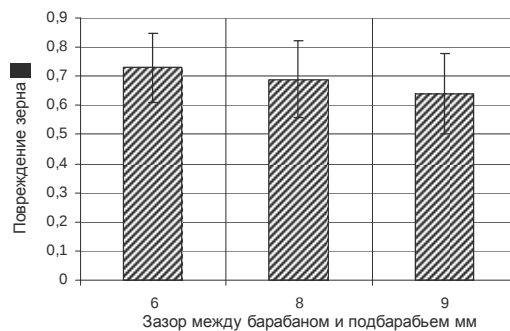


Рис. 7. Влияние зазора между барабаном и подбарабьем комбайна John Deere 9680 WTSi на повреждение ячменя Catania: $v_b = 33,5 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$; $\delta = 6 \text{ мм}$; $b = 17 \text{ мм}$; $c = 6 \text{ мм}$; $U_1 = 14,1\%$; $Q = 6,3 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$; $v_m = 3,4 \text{ км} \cdot \text{ч}^{-1}$

Fig. 7. Influence of the threshing slot on damage rate of barely Catania in a combine harvester John Deere 9680 WTSi: $v_b = 29,4 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$; $b = 6 \text{ мм}$; $c = 17 \text{ мм}$; $d = 6 \text{ мм}$; $U_1 = 14,1\%$; $Q = 6,3 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$; $v_m = 3,4 \text{ км} \cdot \text{ч}^{-1}$

Исследованиями установлено (Рис. 7), что изменение зазора между бичами барабана и планками подбарабья незначительно влияет на повреждение зерна. При уборке влажных хлебов комбайном New Holland CX 860 (Рис. 8) оптимальный зазор в начале подбарабья 10 мм, средней влажности – 11 мм, сухих – 12 мм. При неблагоприятных метеорологических условиях и неравномерном созревании зерновых, зазор между бичами барабана и планками подбарабья можно уменьшить даже до 9 мм.

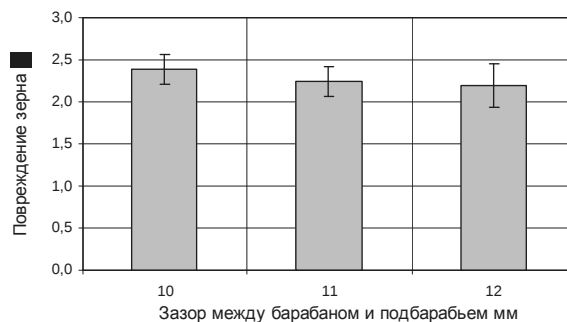


Рис. 8. Влияние зазора между барабаном и подбарабьем комбайна New Holland CX 860 на повреждение зерна пшеницы Пегассос: $v_b = 29,4 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$; $\delta = 6 \text{ мм}$; $c = 13 \text{ мм}$; $d = 7 \text{ мм}$; $v_m = 3,7 \text{ км} \cdot \text{ч}^{-1}$; $U_1 = 14,1\%$; $Q = 7,2 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$

Fig. 8. Influence of the threshing slot on damage rate of wheat Pegassos in a combine harvester New Holland CX 860: $v_b = 29,4 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$; $b = 6 \text{ мм}$; $c = 13 \text{ мм}$; $d = 7 \text{ мм}$; $U_1 = 14,1\%$; $Q = 7,2 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$; $v_m = 3,7 \text{ км} \cdot \text{ч}^{-1}$

При уборке сухой хлебной массы комбайнами с многобарабанным молотильно-сепарирующим устройством необходимо в течение дня несколько раз менять его технологические параметры. При уборке влажных хлебов, параметры ограничивают потери зерна недомолотом.

ВЫВОДЫ

1. Соотношение веса соломы ячменя Catania на уровне среза и зерна составляло 0,5, пшеницы Ширвинта и Пегассос – 0,7.
2. Повреждение сухого зерна пшеницы (влажность ниже 16%) в два раза превышало зерна ячменя.
3. Для высокопроизводительных комбайнов оптимальная подача средней влажности хлебной массы составляет $10 \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1}$.
4. Комбайн с однобарабанным молотильным аппаратом повреждает сухое зерно пшеницы в три раза меньше по сравнению с комбайнами имеющими многобарабанное молотильно-сепарирующее устройства.
5. Допустимая окружная скорость бичей молотильного барабана при уборке сухой пшеницы комбайном с многобарабанным молотильно– сепарирующим устройством $25 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, влажной – до $33 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$. Отклонение от оптимального зазора между барабаном и подбарабаньем на изменение повреждения зерна влияет мало. Оптимальный зазор в начале подбарабанье от 9 до 12 мм.
6. Скорость бичей молотильного барабана и зазора между барабаном и подбарабаньем ограничивает не только допустимый уровень повреждения зерна, но и допустимый уровень потерь зерна недомолотом

ЛИТЕРАТУРА

- Колганов К. Г., Четыркин Б. Н., Воцкий З. И., 1971: Комбайны двухфазного обмолота зерновых культур. Челябинск, 95.
- Пугачев А. Н., 1973: Влияние производительности молотильного аппарата на механические повреждения зерна пшеницы и ржи. УНИИМЭСХ, Т. 62.1, 9–24.
- Пугачев А. Н., 1980: Контроль качества уборки зерновых культур. Москва, Колос, 254.
- Рой А. А., Лиотковски Ю. К., 1984: Вопросу повышения производительности молотильных устройств зерноуборочного комбайна, проектирование рабочих органов полеобрабатывающих, уборочных с.-х. машин и агрегатов для кормопроизводства. Ростов на Дону, 41–50.
- Шпокас Л., Иенцюс И., 1974: Повреждение зерна при уборке хлебов комбайнами на холмистых полях. *Žemės ūkio gamybos mechanizavimas ir automatizavimas. LŽŪA. Mokslų darbai*, XX. 3 (55). Vilnius, 75–81.
- Špokas L., Butkus V., Domeika R. 2004: Kviečių Zentos grūdų separacijos kitimo vienbūgname kūlimo aparate tyrimai. *LŽŪU ŽŪI Instituto ir LŽŪ Universiteto mokslo darbai*, 36 (1), 5–19.
- Wacker P. und Schneider, H. 2000: Einfluss auf die Mähdruscheignung von Körnerfrüchten. VDI/MEG – Tagung Landtechnik. VDI – Bericht 1544, 33–38.
- Wacker P. 2003: Einfluss von Stoffeigenschaften auf die Mähdruscheignung von Körnerfrüchten. Engineering, Research Papers of LUOFAG. v. 6, 1, 21–26.

RESEARCH OF GRAIN DAMAGE CAUSED BY HIGH-PERFORMANCE
COMBINE HARVESTERS

Summary. The grain damage was tested in the period of 2004–2005 when wheat varieties Širvinta, Pegassos and a barley variety Auksiniai were harvested with the combines John Deere 9680WTSi, Claas Lexion 460 and New Holland CX 860. The tests showed that when the operation speed of the combines was increased (from 3 to 5.5 km·h⁻¹, the yield was about 6.5 t·ha⁻¹), the damage of barley and wheat grains was reduced by 1.5%. When the dry crops were harvested (the grain moisture content up to 16%), it was necessary to avoid slow driving, turning too often at the ends of the fields, cutting not with the whole width of the reaper because when the thin crop layer was threshed the drum rasp bars stroke ears more often. The optimum crop flow should be fed into the combine. When wet crop was harvested (the grain moisture content > 18%), the combine driving speed, the technological adjustment parameters of the threshing apparatus could be changed within wider limits as the grains were more plastic.

The velocity of the threshing drum rasp bars has the greatest impact on the grain damage. It was determined that when the wet crop was harvested the operation speed of the threshing drum rasp bars must be less than 33 m·s⁻¹, when dry crop was harvested the operation speed should not exceed 25 m·s⁻¹. When dry crops were harvested the drum revolution frequency must be changed during the day.

When the impact of the clearance between the drum rasp bars and the concave transverse bars on the grain damage was tested it was determined that when the wet crop was harvested the optimum clearance was 10–10 mm, when the medium moisture crop was harvested the optimum clearance was 11 mm, and when dry crop was harvested the optimum clearance was 12 mm. During the unfavourable meteorological weather conditions and uneven maturity of the crops the concave clearance can be reduced to 9 mm.

Key words: grain, damage, combine, threshing