

УДК 631.658.5

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ УСЛОВИЯМИ И ПОКАЗАТЕЛЯМИ ОЦЕНКИ РАБОТЫ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

**Л. Шпокас**, докт. техн. наук, проф., **Г. Жебраускас**, магистр  
*Университет сельского хозяйства им. А. Стулгинского*

*Наведені дані дослідження роботи зернозбирального комбайна середньої пропускної здатності при збиранні озимої пшениці та ярового ячменю у несприятливих умовах. Установлено вплив умов роботи комбайна на подачу маси, пошкодження зерна, витрату пального і продуктивність. Виявлено, що вологість і стан зернових культур мають великий вплив на показники оцінки роботи комбайна у порівнянні з технологічними його параметрами та з подачею маси.*

**Ключові слова:** зернозбиральний комбайн, втрати зерна, витрати пального, продуктивність.

**Проблема.** В настоящее время конструкторы зерноуборочных комбайнов больше внимания уделяют улучшению контроля качества технологического процесса, его автоматическому управлению, улучшению проходимости ходовой части и охране окружающей среды. Они утверждают, что с увеличением мощности двигателя возросла пропускная способность комбайна. Мощность двигателя клавишных комбайнов уже превысила 400 л. с., а гибридных и аксиальных – приближается к 600 л. с. Но пропускная способность комбайнов связана не только с мощностью двигателя, а более тесно с площадями сепарации декой, клавишного соломотряса и очистки.

В настоящее время во многих хозяйствах средняя урожайность зерновых культур достигла  $7 \text{ т га}^{-1}$ . Из-за глобального изменения климата, более частых сильных осадков и ветров, приходится убирать сильно полегшие зерновые, с влажностью зерна 20%. Поэтому в каждом регионе необходимо произвести оценку работы зерновых комбайнов, чтобы определить связь между условиями работы и допустимой подачей массы в комбайн, другими технологическими параметрами, потерями зерна, расходом топлива и производительностью. Достоверные

© Л. Шпокас, Г. Жебраускас.

Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 97. 2013.

данные необходимы при планировании стратегии уборочных работ.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В крупных хозяйствах зерновые и рапс убираются производительными комбайнами. Преобладают гибридные комбайны, в них клавишный соломотряс заменён двумя осевыми роторными сепараторами соломы. Комбайны с аксиальным молотильным–сепарирующим устройством, после усовершенствования конструкции осевого барабана, все шире применяются для уборки влажных зерновых и рапса. Для работы в неблагоприятных метеорологических условиях и уборке в октябре кукурузы на зерно используются комбайны с полугусеничным ходом и управляемым ведущим мостом. В Венгрии было определено, что комбайн с аксиальным молотильно–сепарирующим устройством повреждал в четыре раза меньше зерна пшеницы по сравнению с комбайном с клавишным соломотрясом [1]. В зерне было на 0,94% меньше примесей, а разница по расходу топлива была незначительная. В соломе за аксиальным молотильно–сепарирующим устройством остаются меньше зерна, по сравнению с клавишным соломотрясом [2, 3], потому что площадь сепарации аксиального аппарата в 2,4 раза больше, по сравнению с площадью подбарабанья тангенциального молотильного аппарата.

В Литве преобладают комбайны с клавишным соломотрясом средней пропускной способности. Основные качественные критерии оценки их работы являются потери и повреждение зерна [4, 5], которые тесно связаны с конструкцией молотильного аппарата [6], его технологическими параметрами [7], а также с подачей массы [8], её составом и влажностью [9]. Многие клавишные комбайны одной модификации отличаются друг от друга только по мощности двигателя, объёму зернового бункера и стоимости. Производители комбайнов, на наш взгляд, не связывают мощность двигателя с его реальной пропускной способностью.

**Цель исследования** – определить взаимосвязь между условиями и показателями оценки работы клавишных зерноуборочных комбайнов средней пропускной способности.

**Методика исследования.** В производственных условиях исследовалась работа зерноуборочного комбайна средней пропускной способности с шириной жатки 6 м, с системой *aPS*, диаметром молотильного барабана 0,6 м, его шириной 1,7 м, углом обхвата декой 142° и площадью сепарации деки 1,26 м<sup>2</sup>. Зерно из соломы выделял шести-клавишный соломотряс с площадью сепарации 7,48 м<sup>2</sup>, а из половы –

двухрешетная очистка с площадью сепарации 5,8 м<sup>2</sup>. Максимальная мощность двигателя –191/260 кВт/л. с.

*Биометрические показатели.* В день оценки работы комбайна, на выбранном участке поля, с площадки 0,25 м<sup>2</sup>, в пятикратной повторности срезались все стебли зерновых. В лаборатории при анализе каждой пробы определялся её вес и вес стерни высотой 150 мм, среднее количество зерен в колосьях, их вес, вес 1000 зерен и в целом биологическая урожайность.

*Повреждение зерна.* Во время работы комбайна были взяты пробы весом 2 кг из потока зерна из зернового шнека в бункер. В лаборатории с пятикратной повторностью из проб весом 50 г выделялось поврежденное зерно и определялось среднее количество поврежденного зерна.

*Потери зерна.* Определялись потери зерна за соломотрясом и очисткой. При движении комбайна, две чашки площадью 0,018 м<sup>2</sup> выставлялись под комбайн, две рядом с управляемым колесом, две – на расстоянии один метр и два метра от управляемого колеса. В лаборатории из каждой пробы выделялось зерно, оно взвешивалось и определялись потери зерна за соломотрясом и очисткой.

*Расход топлива.* Двигатель *Caterpillar C6.6* имеет интегрированный прибор для определения моментного расхода топлива в л·ч<sup>-1</sup>. Установлен средний расход топлива на уборку одного гектара зерновых и на сбор одной тонны зерна. Компьютер комбайна фиксировал скорость движения комбайна, технологические параметры молотилки, убранную площадь, намолот зерна, его влажность, а также расход топлива. Определялась разница расхода топлива при уборке зерновых утром, днём и вечером. Сравнивались данные расхода топлива при уборке обыкновенной и сильно полегшей пшеницы и ячменя.

**Результаты исследования.** В производственных условиях основными критериями оценки работы зерноуборочного комбайна являются потери зерна за соломотрясом и очисткой, повреждение зерна, расход топлива и производительность. Все они связаны с условиями работы комбайна.

*Метеорологические условия.* В июле месяце 2012 г. во время созревания зерновых условия уборки были неблагоприятные. Во втором квартале июля средняя температура воздуха достигла только 16,2 °С, выпало 41,6 мм осадков. В третьем квартале июля температура воздуха повысилась до 19,4 °С, осадков уменьшилось до 13,1 мм. Но из-за большой влажности зерна (>25%) и соломы уборка зерновых культур

задерживалась. В первом квартале августа, в течение семи дней выпало 49,6 мм осадков, средняя температура воздуха составляла 18,7 °С. Началась уборка озимых зерновых при влажности зерна около 20%.

*Биометрические показатели зерновых.* Работа комбайна оценивалась при уборке двух сортов озимой пшеницы и ярового ячменя (таблица 1).

**Таблица 1.** Биометрические показатели зерновых

Показатели	Единицы измерения	Сорта зерновых			
		Озимая пшеница		Яровой ячмень	
		Türkis	Skagen	Quench	Cruiser
Число продуктивных стеблей	ст. м <sup>-2</sup>	694,7 ±27,1	764 ±83,3	906 ±50,1	730,7 ±161
Длина стебля до колоса	м	0,71 ±0,01	0,75 ±0,02	0,66 ±0,02	0,55 ±0,01
Количество зерна в колосе	ед.	46,6 ±1,69	30,2 ±0,99	22,9 ±2,02	19,97 ±0,67
Вес 1000 зерен*	г	44,22 ±0,35	45,3 ±0,37	35,2 ±0,28	45,94 ±0,29
Биологическая урожайность*	т га <sup>-1</sup>	8,45 ±0,4	8,3 ±1,7	7,3 ±1,4	6,7 ±1,04

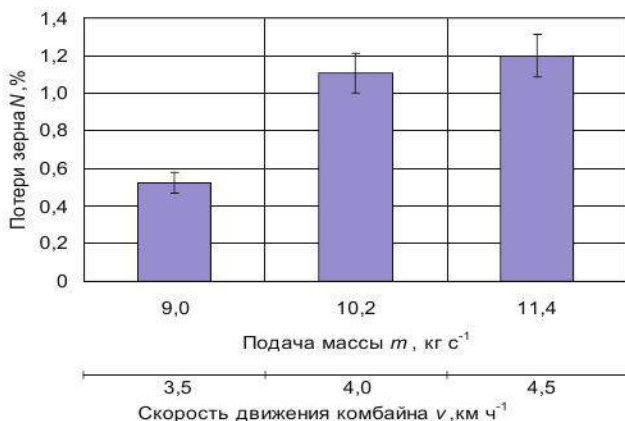
\* влажность зерна 14%

Озимая пшеница *Türkis* была высокорослая, а пшеница *Skagen* – под воздействием осадков и ветра и нетрадиционной подкормки удобрениями лежала на земле. Зерно ячменя было мелкое, вес 1000 зерен составлял 35,2±0,28 г. Яровой ячмень *Cruiser* был сильно полегший, в колосьях преобладало крупное зерно, вес 1000 зерен даже превышал вес зерен пшеницы.

В уборочном сезоне 2012 г. была возможность в разных метеорологических и полевых условиях всесторонне оценить работу комбайна средней пропускной способности.

*Потери зерна за соломотрясом и очисткой.* Допустимый их предел не должен превышать 0,5%, а при неблагоприятных условиях – 1%. При уборке озимой пшеницы *Türkis*, средняя влажность зерна составляла 20%, а соломы – 30%. Высокая урожайность (8,45 т·га<sup>-1</sup>) и влажность пшеницы ограничивали изменения скорости движения и подачу массы в комбайн. При подаче в комбайн 9 кг·с<sup>-1</sup> массы пшеницы, по-

тери зерна составляли 0,5% (рис. 1). С увеличением подачи пшеницы на  $1 \text{ кг}\cdot\text{с}^{-1}$ , потери зерна за соломотрясом и очисткой превысили 1%. Рациональная подача влажной массы пшеницы в комбайн составляет  $9,5 \text{ кг}\cdot\text{с}^{-1}$ .

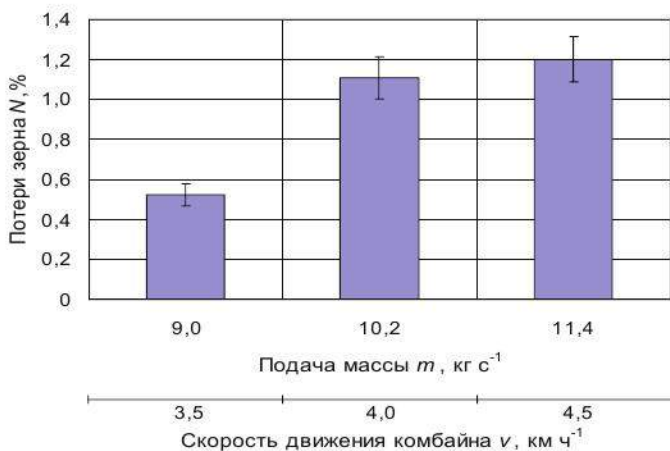


**Рис. 1.** Потери зерна за соломотрясом и очисткой при уборке озимой пшеницы *Türkis*: частота вращения молотильного барабана  $n_b=830 \text{ мин}^{-1}$ , вентилятора  $n_v=1270 \text{ мин}^{-1}$ , зазор между бичами барабана и декой  $a=8 \text{ мм}$ , расстояние между жалюзьями верхнего решета  $b_1=12 \text{ мм}$ , нижнего решета  $b_2=6 \text{ мм}$ , урожайность  $A_g=8,45 \text{ т га}^{-1}$ , влажность зерна  $U_1=20,5\%$

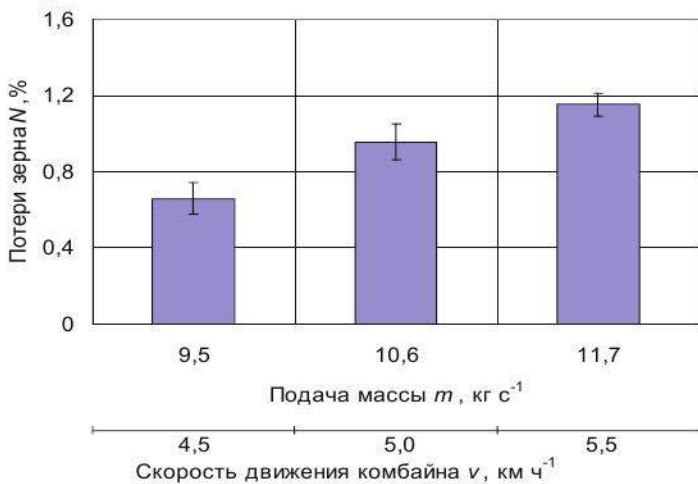
При уборке лежащей на земле озимой пшеницы *Skagen*, со средней влажностью зерна 17%, была произведена коррекция технологических параметров молотильного аппарата и очистки (рис. 2). Чтобы снизить наличие примесей в зерне, зазоры между жалюзьями верхнего решета были уменьшены до 9 мм. Определено, что при данных условиях уборки, рациональная подача массы пшеницы в комбайн составляет  $9,5 \text{ кг}\cdot\text{с}^{-1}$  (рис. 2). Комбайн повреждал  $0,66\pm 0,21\%$  зерна.

Проверялось влияние зазоров между жалюзьями верхнего решета на потери зерна. Определено, что с увеличением зазоров от 9 до 14 мм, потери зерна снизились только на 0,13%.

При уборке ячменя на очистку попадает больше соломистых частиц, на соломотряс менее упругая солома, по сравнению с уборкой пшеницы. Поэтому часто приходится снижать скорость движения комбайна даже при уборке и неполёгшего ячменя.



**Рис. 2.** Потери зерна за соломотрясом и очисткой при уборке озимой пшеницы *Skagen*:  $n_b=750$  мин<sup>-1</sup>,  $n_v=1230$  мин<sup>-1</sup>,  $a=9$  мм,  $b_1=9$  мм,  $b_2=5$  мм,  $A_g=8,3$  т га<sup>-1</sup>,  $U_1=17\%$



**Рис. 3.** Потери зерна за соломотрясом и очисткой при уборке ярового ячменя *Quench*:  $n_b=870$  мин<sup>-1</sup>,  $n_v=1150$  мин<sup>-1</sup>,  $a=8$  мм,  $b_1=9$  мм,  $b_2=6$  мм,  $A_g=7,1$  т га<sup>-1</sup>,  $U_1=14,2\%$

Установлено (рис. 3), что при нормальных условиях уборки ярового

ячменя *Quench* с влажностью зерна 14,2%, допустимый предел потерь зерна за соломотрясом и очисткой (0,5%) не был превышен при подаче массы в комбайн  $9 \text{ кг}\cdot\text{с}^{-1}$ . С увеличением зазоров между жалюзьями верхнего решета от 9 до 13 мм, потери зерна снизились на  $0,24\pm 0,13\%$ .

Яровой ячмень *Cruiser* был сильно полеглим, влажность зерна достигала 17,8%. При возможной максимальной скорости движения зерноуборочного комбайна  $5,5 \text{ км}\cdot\text{ч}^{-1}$  и подаче в комбайн  $8,7 \text{ кг}\cdot\text{с}^{-1}$  ячменя, потери зерна за соломотрясом и очисткой достигли  $0,44\pm 0,14\%$ .

Оценивая работу комбайна средней пропускной способности, при уборке озимой пшеницы и ярового ячменя установлено, что условия работы комбайна больше влияют на потери зерна за соломотрясом и очисткой по сравнению с подачей массы в комбайн. Рациональная подача в зерноуборочный комбайн влажной озимой пшеницы и ярового ячменя составляет  $9,0 \text{ кг}\cdot\text{с}^{-1}$ .

*Повреждение зерна.* В первую очередь оно зависит от влажности обмолачиваемой массы, технологических параметров молотильного аппарата и подачи массы. Допустимый уровень повреждений зерна 1%. При уборке влажной озимой пшеницы *Türkis*, повреждалось  $0,44\pm 0,17\%$ , а озимой пшеницы *Skagen* –  $0,61\pm 0,24\%$  зерна. Повреждение зерна ярового ячменя *Cruiser* влажностью 17% составляло  $0,74\pm 0,11\%$ , а влажностью 14,2% –  $2,74\pm 0,71\%$ . Установлено, что влажность зерна и скорость бичей барабана оказывают наибольшее влияние на повреждение зерна. С увеличением подачи массы в комбайн, повреждение зерна снижается.

*Расход топлива.* В основном двигатель комбайна расходует топливо на передвижение, технологический процесс уборки и измельчение соломы. Главный показатель оценки – расход топлива на сбор 1 тонны зерна. Рациональная работа комбайна средней пропускной способности признана, когда расход топлива на сбор 1 тонны зерна не превышает 2 л, при неблагоприятных условиях уборки 2,5-3 л.

Во время исследований фиксировался расход топлива двигателем в период заполнения каждого бункера зерна. Средняя продолжительность каждого наблюдения за работой комбайна продолжалась весь один день, до заполнения не менее 10 бункеров зерном.

Определено, что расход топлива двигателем на уборку одного гектара сильно полегшей и влажной озимой пшеницы *Skagen* достигал  $29,03\pm 4,85$  л, а на сбор одной тонны зерна –  $3,47\pm 0,41$  л (таблица 2).

При уборке озимой пшеницы *Türkis*, на сбор 1 тонны зерна расходовалось на 0,75 л меньше топлива. На сбор 1 тонны зерна ярового

ячменя расходовалось на 1 л меньше топлива по сравнению со сбором зерна сильно полегшей пшеницы *Skagen*. Данные по расходу топлива двигателем комбайна могут быть использованы при анализе и при планировании резерва топлива на проведение уборочных работ.

**Таблица 2.** Расход топлива двигателем комбайна

Культура	Средняя влажность зерна, %	Расход топлива		
		л·ч <sup>-1</sup>	л·га <sup>-1</sup>	л·т <sup>-1</sup>
Пшеница <i>Türkis</i>	18,8	44,57±4,02	22,94±1,22	2,72±0,18
Пшеница <i>Skagen</i>	17,2	41,02±4,25	29,03±4,85	3,47±0,41
Ячмень <i>Quench</i>	16,7	49,81±8,22	16,77±1,47	2,36±0,41
Ячмень <i>Cruiser</i>	17,6	42,86±2,74	17,28±0,53	2,54±0,16

*Производительность комбайна.* В основном она зависит от ширины захвата жатки, урожайности и скорости движения комбайна, которую ограничивают условия работы и допустимый уровень потерь зерна за соломотрясом и очисткой. Потери за жаткой больше связаны с квалификацией комбайнера.

При уборке влажной озимой пшеницы *Türkis* за 1 час технологического времени было убрано 1,94±0,14 га и собрано 16,42±1,53 т зерна, а при уборке сильно полегшей пшеницы *Skagen* – соответственно 1,48±0,42 га и 12,12±2,67 т зерна. При уборке ярового ячменя *Quench* с 11 до 14 ч, часовая производительность комбайна составлял 1,71±0,43 га и 13,07±3,27 т зерна (влажность зерна 18,6%), а с 14 до 17 ч – соответственно 2,57±0,41 га и 19,90 ±3,27 т зерна (влажность зерна 15,5%). Хотя до 21 ч влажность зерна снизилась до 15,5%, но часовая производительность комбайна уменьшилась до 2,63±0,24 га и 19,43±1,49 т. Установлено, что летом примерно с 18 часов начинают возрастать относительная влажность воздуха, соломы и потери зерна за соломотрясом.

**Выводы.** 1. Состояние хлебостоя и его влажность оказывают больше влияние на потери зерна за соломотрясом и очисткой по сравнению с изменением подачи массы в комбайн и технологических параметров.

2. При уборке влажного и полегшего ячменя и пшеницы рациональная подача массы в комбайн средней пропускной способности 9,0 кг с<sup>-1</sup>. Увеличение зазоров между жалюзьями верхнего решета от 9 до 14 мм снизило потери зерна пшеницы за соломотрясом и очисткой на 0,13%, а ячменя – на 0,24%.



3. Повреждение зерна не превышало допустимого предела 1%, когда влажность зерна пшеницы и ячменя была > 17%, а при влажности зерна ячменя 14,2% оно достигло 2,74%. С уменьшением влажности зерна необходимо менять технологические параметры комбайна.

4. Расход дизельного топлива двигателем на уборку одного гектара полегшей пшеницы составлял  $29,03 \pm 4,85$  л, на сбор 1 тонны зерна;  $3,47 \pm 0,41$  л, а на 1 тонну зерна ячменя – 1 л меньше.

5. В течение десяти часов дня влажность зерна ячменя снизилась на 3,1%, часовая производительность комбайна возросла на 0,92 га, сбор зерна – на 6,36 т, а расход топлива на сбор одной тонны зерна снизился на 0,16 л.

### БИБЛІОГРАФІЯ

1. Kelemen, Z., J. Komladi, V. Petö. 2005. Der Verlauf der Durchsatzleistung, der Kornverluste und des Treibstoffverbrauches bei Mähdrehschern unterschiedlicher Konstruktion in der Weizenernte. Tagungsband VDI – MEG Kolloquium Landtechnik, Mähdrescher, H. 38. 117 – 124.
2. Miu P.I., H.-D. Kutzach. 2007. Modeling and simulation of grain threshing and separation in threshing units - Part I. *Computers and Electronics in Agriculture*. Volume 60, 2008, 96-104.
3. Rademacher T. (2003). Mähdrescher. Die Qual der richtigen Wahl. Getreide Magazin. 3, 186 – 191.
4. Eimer, M. 1988. Einfluss von Schnittzeitpunkt und Feuchte des Erntegutes auf die Arbeitsqualität des Schlagleistendreschwerks. VDI/MEG Kolloquium Landtechnik. Mähdrescher, 25./26. April 1988, Hohenheim, 93 - 106.
5. Feiffer A., P. Feiffer, W. Kutschenreiter, T. Rademacher. 2005. Getreideernte – sauber, sicher, schnell. DLG Verlag.
6. Wacker P. 1985. Untersuchungen zum Dresch – und Trennvorgang von Getreide in einem Axialdreschwerk. Forschungsbericht Agrartechnik der MEG, H 117, 119.
7. Špokas L. 2006. Influence of technological parameters of combine harvester “NEW HOLLAND” to grain macro damage . Research paper of IAg Eng LUA&LU of Ag, vol 38, no 2, 27-41.
8. Špokas L., Steponavičius D., Wacker P. 2005. Besonderheiten der Dinkelernte und des Ausdruschprozesses bei Dinkel. Tagungsband VDI – MEG – Kolloquium Landtechnik. Mähdrescher, H. 38, 95-102.
9. Wacker P. 2003. Einfluß von Stoffeigenschaften auf die Mähdruschleistung.

nung von Körnerfrüchten. Engineering. Research Papers of Lithuanian University of Agriculture. Band 6, N. 1, 21-26.

---

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ УСЛОВИЯМИ И ПОКАЗАТЕЛЯМИ ОЦЕНКИ РАБОТЫ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ**

*Представлены данные исследования работы зерноуборочного комбайна средней пропускной способности при уборке озимой пшеницы и ярового ячменя в неблагоприятных условиях. Установлено влияние условий работы комбайна на подачу массы, повреждение зерна, расход топлива и производительность. Выявлено, что влажность и состояние зерновых культур имеют большое влияние на показатели оценки работы комбайна в сравнении с технологическими его параметрами и с подачей массы.*

**Ключевые слова:** зерноуборочный комбайн, потери зерна, расход топлива, производительность.

### **THE RELATIONSHIP BETWEEN ENVIRONMENTAL CONDITIONS AND COMBINE HARVESTERS JOB EVALUATION INDICATORS**

*Work is presented with mid-conductivity grain harvesters winter wheat and summer barley harvesting research data. Determined combine harvester working conditions influence to grain feed rate, grain losses and damage, fuel consumption and working efficiency. It was found that crop condition and humidity have a greater impact on grain harvesters job evaluation indicators than the technological parameters and feed rate.*

**Key words:** grain harvester, grain losses, fuel consumption, efficiency.