

Ключевые слова: дискретная модель, динамика, тракторный парк.

OPTIMAL DEVELOPMENT OF TRACTOR PARK

The discrete dynamic model of development of tractor park at a level of large region is offered and the task of optimum control in this model is considered.

Key words: discreet model, dynamic, tractor park.

УДК 631.658.5

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСХОДА ТОПЛИВА ПРИ УБОРКЕ ЗЕРНОВЫХ КОМБАЙНАМИ СРЕДНЕЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ

Л. Шпокас, докт.техн.наук, проф.,
Г. Жебраускас, магистр

Университет им. Александра Стульгинского (Литва);

В.М. Булгаков, докт.техн.наук, академік НААН
НУБиП України

Представлені дані дослідження втрат пального при збиранні збіжжя зернозбиральними комбайнами середньої пропускної здатності. При зупинці комбайна на полі необхідно знизити частоту обертання двигуна до 1200 хв^{-1} , вимкнути привод на жатку та молотарку. Внаслідок цього годинні втрати паливного двигуна знижаються на $17,2 \pm 0,95 \text{ л}$. При нормальніх умовах збирання зернових (вологість зерна 14%), подача зерна в комбайн обмежується допустимим рівнем (0,5%) втрат зерна за соломотрясом та очисткою, а при несприятливих умовах – не тільки втрат зерна, але й втрат пального на тонну зерна. Раціональною буде подача маси в комбайн, коли втрати пального на тонну зерна є мінімальними. Встановлено, що зі збільшенням стерні озимини з 100 до 200 мм, годинна втрата пального знижується на 4,7 л. При подрібненні соломи витрачається на 4 л г^{-1} більше пального у порівнянні з укладанням соломи у валки.

Ключові слова: зернозбиральний комбайн, втрата пального, врожай.

Проблема. В Литве до 50% пахотной земли принадлежит хозяйствам, общая площадь которой превышает 100 га [1]. Крупные хозяйства занимаются только растениеводством или сочетают эту активность с животноводством. В растениеводческих хозяйствах пре-

обладают озимые зерновые и рапс. Однако зимой, из-за часто изменяющихся метеорологических условий, нередко они вымерзают. Замена этих культур яровыми приводит к затягиванию уборочного периода и дополнительным расходам топлива.

Уборка зерновых и рапса в крупных хозяйствах осуществляется комбайнами высокой пропускной способности с аксиальным молотильно-сепарирующим устройством или комбайнами с двумя осевыми роторными сепараторами соломы. Комбайны с клавишным соломо-трясом распространены в малых и средних хозяйствах.

До настоящего времени основными критериями оценки работы комбайнов являлись их производительность, а также потери зерна за молотилкой. С ростом цен на горюче-смазочные материалы и колебаний цен зерновых культур на мировом рынке, заставило руководителей хозяйств особое внимание обратить на снижение расхода топлива двигателем комбайна и его воздействие на окружающую среду.

Оценка расхода топлива комбайнами с аксиальным и тангенциальным молотильным аппаратом выявила [2], что комбайны с тангенциальным молотильным аппаратом расходуют меньше топлива. При нормальных метеорологических условиях расход топлива комбайном с тангенциальным аппаратом на уборку одного гектара зерновых составил от 18,5 до 20,3 л [2]. В то время комбайн с аксиальным молотильно-сепарирующим устройством расходовал топливо от 13,9 до 18,8 л [3].

Каждое хозяйство стремится увеличить площади зерновых за счет площадей, арендемых у бывших землевладельцев. По этой причине, у многих хозяйств отдельные площади под зерновыми находятся на расстоянии до 20 км от центра приемки зерна. В связи с тем, во время уборки, комбайны на холостой пробег затрачивают от 10 до 20% всего сменного времени.

При уборке ржи и пшеницы часто средняя высота стерни составляет 100 мм потому, что хозяйства не имеют машин для лущения высокой стерни. Исследованием установлено, что при увеличении стерни на 100 мм [4, 5], на уборку одного гектара пшеницы расходуется на 4 л меньше топлива. А. Фейффер и П. Фейффер [6] утверждают, что с увеличением стерни на каждые 10 мм, производительность комбайна увеличивается на 1,5-2%, а расход топлива снижается на 1,5%. При уборке высокостебельных зерновых в зоне повышенной влажности, высоту стерни можно повысить до 200 мм.

Нерационально расходуется топливо не только при уборке, но и

во время холостого переезда комбайна по полю. При его временных остановках не выключаются привода на жатку и молотилку, не снижаются частота вращения двигателя и т.д. [7]. При планировании резерва топлива в хозяйстве для уборочных работ, необходимо учесть время, затраченное комбайном на уборку и холостой переезд, а также на часовий расход топлива двигателем на уборку одного гектара и на сбор тонны зерна.

Цель исследования – определить расход топлива при уборке зерновыми комбайнами средней пропускной способности и обосновать способы по её снижению.

Методика исследования. В качестве объекта исследования был выбран зерноуборочный комбайн 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, равной 1,26 м². Зерно из соломы выделял шестиклавишный соломотряс комбайна с площадью сепарации 7,48 м², а из половы – двухрешетная очистка с площадью сепарации 5,8 м². Максимальная мощность двигателя –191/260 кВт/л. с.

Расход топлива. Комбайновый двигатель *Caterpillar C6.6* имеет интегрированный прибор для определения расхода топлива. Его подключение к компьютеру комбайна осуществляется представителем фирмы. Показатели сравнивались с данными прибора *AIC-888 Instructor* швейцарской фирмы. Допустимая ошибка измерения ±1%.

Для определения расхода топлива двигателем в поле выделялся широкий загон, в котором урожайность изменялась незначительно, засорённость сорными растениями была минимальная. Определялись биометрические показатели убираемой культуры, урожайность и влажность зерна и соломы. Расход топлива двигателем замерялся на отрезке длинной 100 м. Во время исследований измерялась скорость движения комбайна и подача массы в него, а также технологические параметры молотилки. В журнале фиксировались показания компьютера комбайна и моментный часовой расход топлива двигателем.

В производственных условиях три дня подряд фиксировалось время заполнения каждого бункера зерном, убранная площадь, вес зерна и расход топлива двигателем. Определялся часовой расход топлива на уборку одного гектара и на сбор тонны зерна.

Результаты исследования. Двигатель *Caterpillar C6.6* имеет три фиксированные частоты вращения: 1200, 1400 и 2200 мин⁻¹. При включении третьей передачи автоматика снижает частоту вращения двигателя

теля до 1600 мин^{-1} . При кратковременных остановках комбайна в поле необходимо выключить весь технологический привод и снизить частоту вращения двигателя с 2200 до 1200 мин^{-1} . В этом случае часовой расход топлива снизится с $21,3 \pm 0,89$ до $4,1 \pm 0,34 \text{ л}$ (рис. 1).

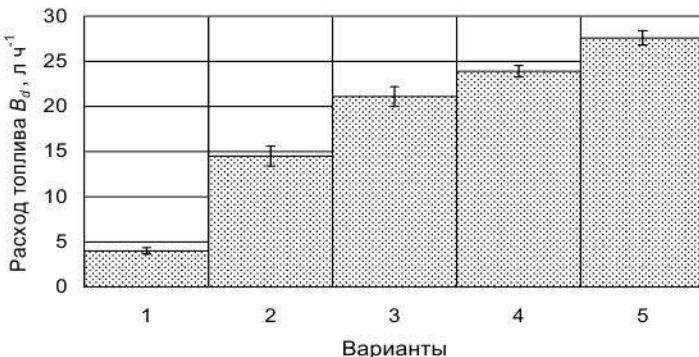


Рис. 1. Часовой расход топлива двигателем комбайна: 1 – при частоте вращения 1200 мин^{-1} ; 2 – при частоте вращения 2200 мин^{-1} ; 3 – при включенных всех технологических приводах; 4 – при движении комбайна по стерне со скоростью $7 \text{ км} \cdot \text{ч}^{-1}$; 5 – при движении комбайна по стерне со скоростью $7 \text{ км} \cdot \text{ч}^{-1}$, с включенными технологическими приводами

На вращение технологических приводов комбайна двигатель расходует $6,8 \pm 1,2 \text{ л} \cdot \text{ч}^{-1}$ топлива. Во время передвижения зерноуборочного комбайна по стерне со скоростью $7 \text{ км} \cdot \text{ч}^{-1}$ – $23,9 \pm 0,53 \text{ л} \cdot \text{ч}^{-1}$. При поворотах комбайна в конце поля с включенными технологическими приводами и полным бункером зерном, часовой расход топлива двигателем составляет $36,2 \pm 0,66 \text{ л}$.

Еще не во всех хозяйствах зерно из бункера выгружается при работающем комбайне. В среднем на выгрузку бункера затрачивается около 2 мин. За это время комбайн может дополнительно собрать до 500 кг зерна. Установлено, что в начале выгрузки влажного зерна (18,6%), часовой расход топлива двигателем достигал $22,5 \pm 1,69 \text{ л}$ (рис. 2), а в конце выгрузки снижался до $15,3 \pm 0,35 \text{ л}$. При выгрузке сухого зерна двигатель расходовал меньше топлива. *Если при уборке и выгрузке влажного зерна частота вращения двигателя не снижается ниже 2150 мин^{-1} , нет необходимости сбавлять скорость движения комбайна.*

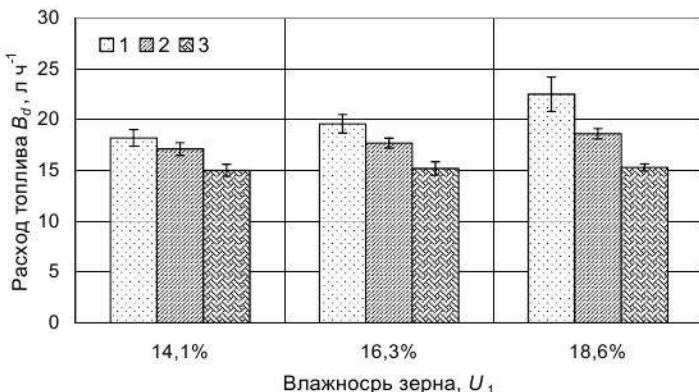


Рис. 2. Влияние влажности зерна на часовой расход топлива двигателем при выгрузке зерна (при стоянке комбайна): 1 – полный бункер зерна; 2 – половина бункера заполнено зерном; 3 – около 10% объема бункера заполнено зерном

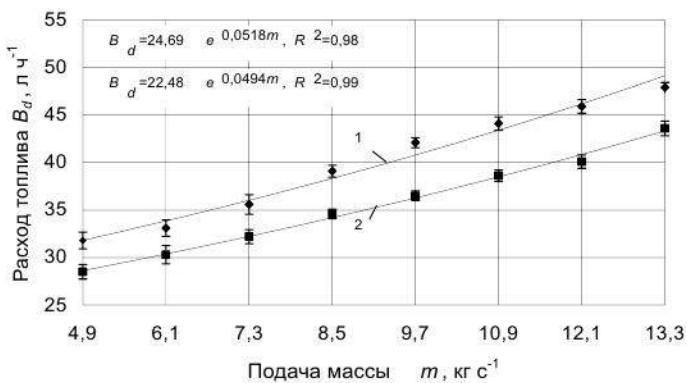


Рис. 3. Влияние подачи массы озимого ячменя *Alisa* на часовой расход топлива двигателем комбайна: частота вращения молотильного барабана $n_1 = 900 \text{ мин}^{-1}$, вентилятора $n_2 = 1280 \text{ мин}^{-1}$, измельчителя соломы $n_3 = 3300 \text{ мин}^{-1}$, зазор между молотильным барабаном и дечкой $a = 8 \text{ мм}$, влажность зерна $U_1 = 14,5\%$; 1 – при измельчении соломы; 2 – при укладке соломы в валки

Для поддержки гумуса в почве во многих хозяйствах измельчённая солома оставляется на поле. Однако спрос на солому растёт. Она становится сырьём для производства биотоплива и строительных ма-

териалов. При уборке озимого ячменя *Alisa* с измельчением соломы и подаче массы в комбайн 12,4 кг с^{-1} , часовой расход топлива двигателем комбайна оказался на 5,8 л больше (рис. 3) по сравнению с укладкой соломы в валки. С увеличением подачи массы в комбайн от 4,9 до 13,3 кг с^{-1} , разница по часовому расходу топлива возросла на 1 л.

Высота стерни при уборке озимой пшеницы зависит от условий уборки и имеющихся в хозяйстве машин для лущения стерни. Исследованиями установлено, что с повышением высоты стерни озимой пшеницы *Bussard* (влажность соломы 20,1%) от 100 до 200 мм, в комбайн поступало на $29,5 \pm 1,1\%$ меньше массы соломы пшеницы. Средняя влажность массы соломы пшеницы, поступающей в комбайн, была на $9,4 \pm 1,7\%$ меньше влажности оставленной стерни [8]. Поэтому с уменьшением подачи массы соломы в комбайн резко снижается расход топлива двигателем.

Исследованиями установлено (рис. 4), что, с увеличением высоты стерни озимой пшеницы *Bussard* от 100 до 200 мм, часовой расход топлива двигателем снизился на 4,7 л, а при уборке озимого ячменя *Alisa* на 3,7 л. На уборку и измельчение соломы ячменя расходуется на 3,6 л ч^{-1} меньше топлива по сравнению с уборкой озимой пшеницы. Разница по расходу топлива уменьшается с повышением высоты стерни. При нормальных условиях высоту стерни можно увеличить даже до 300 мм, а для ячменя предел – 200 мм.

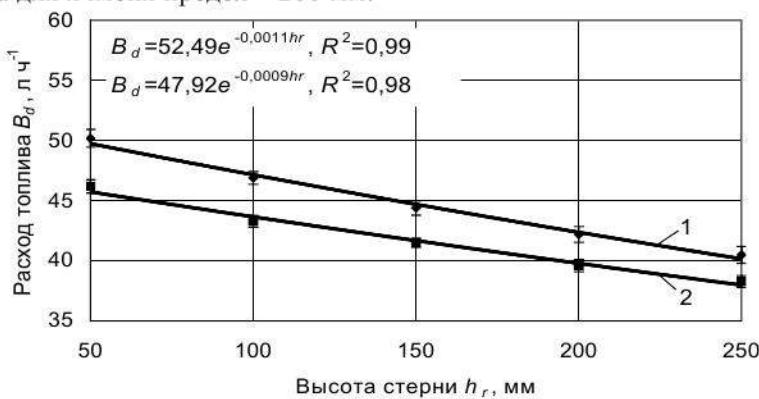


Рис. 4. Вплив висоти стерни на расход топлива двигателем комбайна: 1 – озима пшениця *Bussard*, $m = 11,2 \text{ кг с}^{-1}$, $n_b = 850 \text{ мин}^{-1}$, $n_v = 1300 \text{ мин}^{-1}$, $n_3 = 3300 \text{ мин}^{-1}$, $a = 8 \text{ мм}$, $U_1 = 17\%$; 2 – озимий ячмень *Alisa*, $m = 11,3 \text{ кг с}^{-1}$, $U_1 = 14,5\%$

Подачу массы в комбайн ограничивают потерии зерна за соломотрясом и очисткой. В нормальных условиях уборки допустимый уровень потерь ячменя – 0,5%. Это соответствует подаче ячменя 12,7 кг с^{-1} (рис. 5). Подачу массы ячменя в комбайн ограничивает и расход топлива на сбор тонны зерна. Если расход топлива на тонну зерна перестаёт снижаться, нецелесообразно продолжать повышение подачи массы в комбайн, хотя потери зерна за молотилкой находятся еще ниже допустимого уровня.

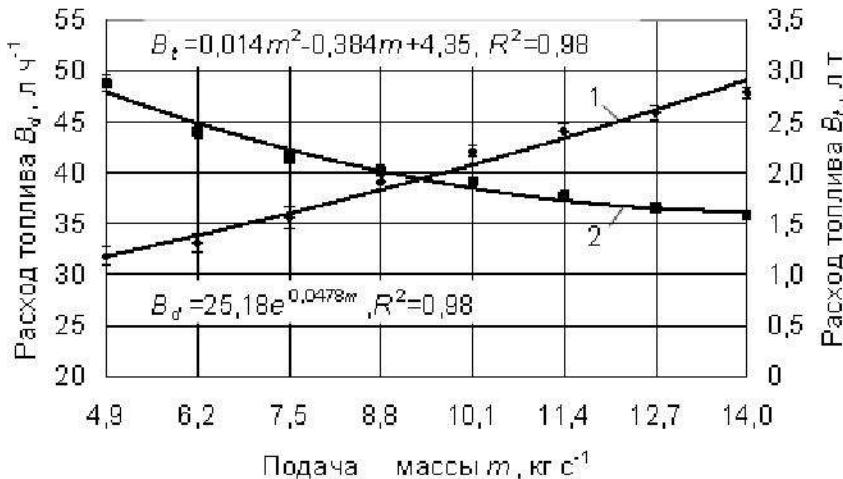


Рис. 5. Влияние подачи массы озимого ячменя *Alisa* в комбайн на часовой расход топлива двигателем и на сбор тонны зерна: $n_1 = 900 \text{ мин}^{-1}$, $n_2 = 1200 \text{ мин}^{-1}$, $n_3 = 3300 \text{ мин}^{-1}$, $a = 9 \text{ мм}$, $U_1 = 14,5\%$, 1 – часовой расход топлива; 2 – на сбор тонны зерна

Расход топлива только на технологический процесс уборки озимого ячменя *Alisa* (рис. 6) составляет 27,4% от всего расходуемого двигателем комбайна топлива ($m = 2,5 \text{ кг с}^{-1}$). При повышении подачи массы ячменя до 12,1 кг с^{-1} – разница достигает 44,4%. На разницу воздействовало увеличение скорости движения комбайна на 4 км ч^{-1} . Определено, что с увеличением скорости движения комбайна по стерне на 1 км ч^{-1} , часовой расход топлива двигателем повысился на 0,8-1,0 л.

С изменением условий уборки зерновых приходится менять и технологические параметры молотильного аппарата. Установлено, что с увеличением скорости движения бичей молотильного барабана, растёт и расход топлива двигателем. Иначе происходит при изменении

зазора между бичами молотильного барабана и декой. С увеличением зазора от 8 до 11 мм расход топлива снижается, от 11 до 13 мм – расход почти не изменяется. Дальнейшее увеличение зазора влечёт за собой повышение расхода топлива из-за нарушения скорости продвижения обмолачиваемой массы по поверхности деки.

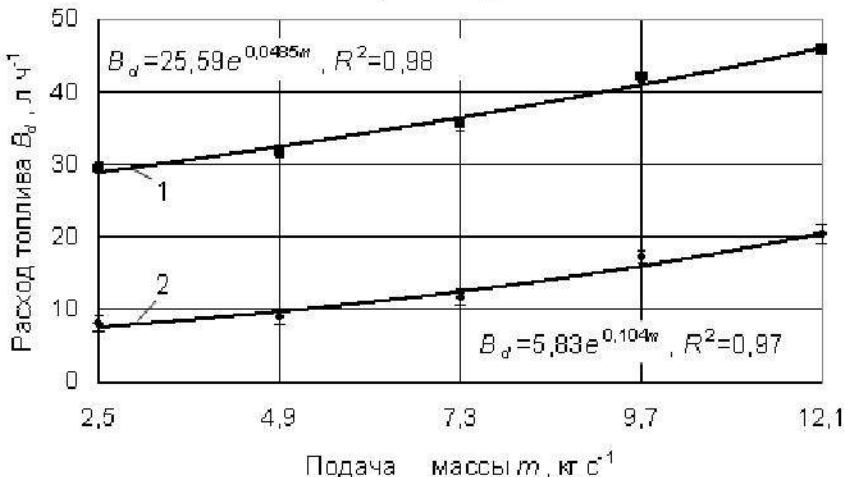


Рис. 6. Влияние подачи массы озимого ячменя *Alisa* на часовой расход топлива двигателем комбайна: $n_1 = 900 \text{ мин}^{-1}$, $n_2 = 1280 \text{ мин}^{-1}$, $n_3 = 3300 \text{ мин}^{-1}$, $a = 9 \text{ мм}$, $U_1 = 14,5\%$, 1 – общий расход топлива; 2 – только на технологический процесс

В производственных условиях комбайны часто работают с неполным захватом жатки, меняют скорость движения. Поэтому для получения достоверных данных необходимы длительные наблюдения за работой комбайна. Наблюдения за уборкой полёгшего ярового ячменя *Barke* велись три дня подряд. За 17 часов работы было намолочено 224 т зерна. Часовой расход топлива двигателем комбайна составил $41,36 \pm 0,73$ л при средней подаче массы $9,4 \text{ кг с}^{-1}$ (таблица). Часовой расход топлива был близок к данным, полученным во время уборки озимого ячменя *Alisa* (рис. 5). Но на уборку тонны зерна расходовалось 1,2 л больше топлива. Это в основном зависит от разницы в урожайности. При подготовке резерва топлива на уборку зерновых, необходимо учесть средний расход топлива двигателем на сбор тонны зерна.

Таблица. Расход топлива двигателем комбайна при уборке ярового ячменя Barke в производственных условиях: $m = 9,4 \text{ кг с}^{-1}$, $n_1 = 870 \text{ мин}^{-1}$, $n_2 = 1150 \text{ мин}^{-1}$, $n_3 = 3300 \text{ мин}^{-1}$, $a = 9 \text{ мм}$, $U_1 = 13,5\%$

Дата	Урожайность т га ⁻¹	Намолочено бункеров зерна	Расход топлива		
			л ч ⁻¹	л га ⁻¹	л т ⁻¹
04 08 2011	$5,58 \pm 0,11$	13	$41,68 \pm 0,18$	$15,81 \pm 0,06$	$2,84 \pm 0,06$
05 08 2011	$5,85 \pm 0,28$	16	$40,70 \pm 0,28$	$16,50 \pm 0,24$	$2,84 \pm 0,16$
06 08 2011	$5,98 \pm 0,42$	14	$41,69 \pm 0,17$	$16,89 \pm 0,27$	$2,86 \pm 0,22$
сред.	$5,80 \pm 0,52$	14	$41,36 \pm 0,73$	$16,40 \pm 0,41$	$2,85 \pm 0,28$

Выводы

1. Даже при кратковременных остановках комбайна средней пропускной способности в поле, необходимо снизить частоту вращения двигателя от 2200 до 1200 мин⁻¹, выключить привод на жатку и мототилку, тогда часовой расход топлива двигателем (191/260 кВт/л.с.) снизится на $17,2 \pm 0,95$ л.

2. На выгрузку влажного зерна из бункера двигателем дополнительно расходуется 8 л ч⁻¹, а сухого зерна – 3,7 л ч⁻¹ топлива. Выгрузку зерна из бункера можно производить без остановки комбайна, если частота вращения двигателя не снижается до 2150 мин⁻¹.

3. При оптимальной подаче массы ячменя ($12,4 \text{ кг с}^{-1}$) в комбайн, на измельчение соломы расходовалось 5,8 л ч⁻¹ больше топлива, по сравнению с укладкой соломы в валки. С увеличением высоты стерни озимой пшеницы от 100 до 200 мм, часовой расход топлива двигателем снижался на 4,7 л, а при уборке озимого ячменя – на 3,7 л.

4. При уборке озимого ячменя ($m = 12,1 \text{ кг с}^{-1}$), часовой расход топлива достиг $40,1 \pm 0,71$ л, на технологический процесс расходовалось 20 л ч⁻¹ и на сбор одной тонны зерна – $1,45 \pm 0,03$ л топлива. В производственных условиях расходовалось соответственно $41,36 \pm 0,73$ л ч⁻¹ и $2,85 \pm 0,28$ л топлива. При планировании резерва топлива на уборку зерновых, необходимо учесть средний расход топлива на уборку одного гектара и на сбор одной тонны зерна.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Statistical yearbook of Lithuania. Vilnius. – 2011, P. 653-654.
2. Zsolt K., Komlodi I., Pet V. 2005. Der Verlauf Durchsatzleistung der

- Kornverluste und des Treibstoffverbrauches bei Mähdreschern unterschiedlicher Konstruktion in der Weizenernte. Mähdrescher. VDI – MEG Kolloquium Landtechnik. Universität Hohenheim, H. 38, P. 117-124.
3. Špokas L., Steponavičius D. 2011. Comparison of working quality of combine harvesters equipped with a single threshing rotor. Rural development. The fifth international scientific conference. P. 448-456.
 4. Reckleben, Y., Vosshenrich, H.-H. 2008. Getreideernte durch den Hochschnitt. Getreide Magazin. (13) 2: P. 108-109.
 5. Vosshenrich, H.-H., Reckleben, Y., Gattermann, B. 2007. Einfluss der Stoppellänge auf Leistungsdaten und Arbeitsqualität. Getreide Magazin. (12) 3: P. 178-182.
 6. Feiffer, A., Feiffer, P. 2008. Je grösser je besser. Getreide Magazin. (13) 4: P. 228-229.
 7. Шпокас Л., Степонавичюс Д., Булгаков В. Исследование расхода топлива при уборке пшеницы аксиальным зерноуборочным комбайном. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. К. – 2010. – Вип. 144. Ч.1. – С. 384-390.
 8. Špokas L., Steponavičius D. 2010. Impact of wheat stubble height on combine technological parameters. Journal of Food, Agriculture & Environment, Vol. 8 (2), P. 464-468.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСХОДА ТОПЛИВА ПРИ УБОРКЕ ЗЕРНОВЫХ КОМБАЙНАМИ СРЕДНЕЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ

В статье представлены данные по исследованию расхода топлива комбайнами средней пропускной способности. При кратковременных остановках комбайна на поле, необходимо снизить частоту вращения двигателя от 2100 до 1200 мин⁻¹, выключить привод на жатку и молотилку. Тогда двигатель (191/260 кВт/л.с.) расходует меньше топлива на 17,2±0,95 л ч⁻¹. При нормальных условиях уборки зерновых, подачу массы в комбайн ограничивают допустимые потери зерна (0,5%) за очисткой и соломотрясом, а при неблагоприятных условиях – потери зерна и расход топлива на сбор тонны зерна. Оптимальный расход топлива двигателем достигается, когда потери зерна находятся ниже допустимого уровня, а расход топлива на сбор тонны зерна ещё не увеличивается. Определено, что с увеличением высоты стерни пшеницы от 100 до 200 мм, часовой расход топлива двигателем снижается на 4,7 л. При измельчении соломы двигатель расходует на 4,7 л ч⁻¹ больше топлива по сравнению с её укладкой в валки.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, уборка зерновых, расход топлива.

CONSUMPTION RESULTS FOR MEDIUM CONDUCTIVITY COMBINE HARVESTERS.

The article presents fuel consumption results for medium conductivity combine harvesters. When the combine harvester stops, the engine speed must be reduced to 1200 min^{-1} , both the header and threshing drives should be turned off. Then the engine consumes $17.2 \pm 0.95 \text{ l h}^{-1}$ less fuel. When harvesting the grains of a normal moisture (moisture content about 14%), the flow of supplied grains is limited by permissible 0.5% losses of grain. When grains have bigger moisture the flow of supplied grains is limited by permissible grain losses and fuel consumption per ton of grain thrashed. The rational flow of grain is when the grain losses do not overcome the allowable limits and fuel consumption per ton grains threshed still decreasing. It was established that increasing the height of stubble from 100 to 200 mm, hourly fuel consumption decreases to 4.7 l h^{-1} . When shredding straw, fuel consumption is by 4 l h^{-1} higher than that when laying them into windrows.

Key words: combine harvester, crop harvesting, fuel consumption.

УДК 547.271:631.37

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОТОПЛИВА В КОГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВКАХ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

В.Ю.Кучинскас, докт. техн. наук, проф.

Университет им. Александра Стульгинского (Литва)

Висвітлено питання можливості використання біотоплива в когенераційних установках малої потужності в Литві.

Ключові слова: когенерація, біотопливо, витрата палива, енергія, економічні показники.

Введение. Когенерация – это один из способов снижения себестоимости производства электроэнергии с использованием существующих технологий. Приняв первичное энергосодержание топлива за 100% и использовав его в когенерационном цикле можно получить 45% электроэнергии и 40-45% тепловой энергии, поэтому энергопотери составляют 10-15% [1]. Основным условием эффективной работы когенерационных установок (КГУ) является устойчивая реализация

© В.Ю.Кучинскас.

Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 96. 2012.