

УДК 631.361.2

ОБОСНОВАНИЕ ЧИСЛА МОДУЛЕЙ КОМБАЙНА С МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРИРУЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ ИНЕРЦИОННО-ОЧЕСНОГО ТИПА

Ряднов А.И., Федорова О.А.

ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный аграрный университет» Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, Волгоград, e-mail: alex.rjadnov@mail.ru

При обосновании числа модулей соргоуборочного комбайна, оборудованного молотильно-сепарирующим устройством инерционно-очесного типа, использован критерий оптимизации – максимальная производительность комбайна при допустимом уровне качества уборки веничного сорго. Оценка производительности соргоуборочного комбайна выполнена расчетным методом при варьировании числа модулей, которое принималось от одного до пяти. Рабочая скорость и коэффициент использования времени смены рассчитаны на основе данных, полученных компьютерным моделированием с использованием экспериментальных данных по эксплуатации макета одномодульного комбайна при использовании мощности двигателя энергетического средства в пределах 0,90–0,94, допустимом уровне прямых потерь зерна (до 1,0%) и заданном качестве обмолота метелки (более 95%). Получено, что при уборке веничного сорго на полях с длиной гона до 300 м наиболее производительными являются одно- и двухмодульные комбайны, на полях с длиной гона 600–900 м – трехмодульные, 1200–1500 м – четырехмодульные, а на полях с длиной гона более 1500 м – пятимодульные.

Ключевые слова: модуль соргоуборочного комбайна, производительность, коэффициент использования времени смены, веничное сорго, потери зерна

MODULES NUMBER JUSTIFICATION FOR THE HARVESTER WITH THRESHING AND SEPARATING DEVICE OF INERTIAL-COMBING TYPE

Ryadnov A.I., Fedorova O.A.

Volgograd state agrarian University, Ministry of agriculture of the Russian Federation, Volgograd, e-mail: alex.rjadnov@mail.ru

At justification of modules number for sorghum harvester, equipped with threshing and separating device of inertial-combing type, the optimization criterion is used, that is harvester productivity at an admissible level of broomcorn harvesting quality. The estimation of sorghum harvester productivity was done by calculation method at modules number variation, that was taken from 1 to 5. The working speed and change time efficiency are calculated on the basis of data, received by computer modeling, using experimental data on single-module harvester model operation, when using engine capacity of power means within 0,90–0,94, on admissible level of grain losses (up to 1,0%) and the given quality of whisk thresh (over 95%). It is received that when harvesting broomcorn single and double-module harvesters are more productive on the fields with furrow length up to 300m., on the fields with furrow length 600–900 m – three module, 1200–1500 – four-module, and five-module harvesters are more productive in the fields with furrow length over 1500 m.

Keywords: sorghum harvester module, productivity, change time efficiency, broomcorn, grain losses

Важнейшим фактором, влияющим на повышение эффективности уборки зерновых колосовых и метелочных культур, является увеличение производительности уборочных машин с обеспечением заданного качества работы. До настоящего времени не изучено влияние числа модулей соргоуборочного комбайна, оборудованного молотильно-сепарирующим устройством инерционно-очесного типа, на производительность комбайна. Поэтому исследование данного вопроса является актуальной задачей.

Цель исследования – определить число модулей соргоуборочного комбайна, при котором сменная производительность комбайна будет максимальной при допустимом качестве работы.

Метод исследования. Определение числа модулей соргоуборочного комбайна

осуществлялось расчетным методом с использованием экспериментальных данных.

Результаты исследования и их обсуждение

В Волгоградском ГАУ разработан инерционно-очесный способ обмолота метелочных и зерновых колосовых культур, базовым конструктивным элементом которого является щелевой битерс транспортирующей пластиной [1], используемый в молотильно-сепарирующем устройстве соргоуборочных одно- и многомодульных, навесных и прицепных комбайнов [2, 3, 4, 5].

Модуль соргоуборочного комбайна (рис. 1) включает прямоточную выносную молотильную камеру 1, нормализатор 2, промежуточный транспортер 3, синхронизирующую передачу 4.

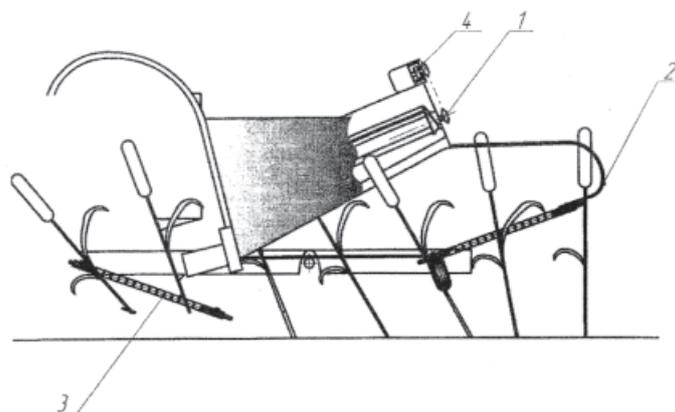


Рис. 1. Схема модуля соргоуборочного комбайна

С каждым модулем функционирует устройство подачи зерна из зоны обмолота в бункер и стеблеукладчик. Один модуль комбайна обмолачивает один ряд растений на корню.

При обосновании числа модулей комбайна, оборудованного молотильно-сепарирующим устройством инерционно-очесного типа, можно использовать ряд критериев оптимизации, в том числе: минимальные затраты труда или денежных средств на уборке одного гектара сельскохозяйственной культуры, максимальная производительность за час основного времени или за смену и т.п. При уборке зерновых колосовых и метелочных культур важнейшим фактором являются сроки уборки – уборка должна проводиться в оптимальные агротехнические сроки. А эти сроки весьма ограничены. Поэтому критерием оптимизации различных показателей уборочных машин является их максимальная производительность, в том числе за смену при допустимом уровне потерь зерна.

Производительность за смену комбайна, в том числе и соргоуборочного, исчисляемая площадью уборанной культуры, определяется по известной зависимости

$$W = 0,1 B_p V_p T_{см} \tau, \quad (1)$$

где n – число модулей; B_p – рабочая ширина захвата одного модуля, равная ширине междурядий сорго (при уборке веничного сорго $B_p = 0,7$ м, а зернового $B_p = 0,45$ м), м; V_p – рабочая скорость комбайна, км/ч (если V_p измеряется в м/с, то коэффициент в формуле (1) равен 0,36); $T_{см}$ – продолжительность смены, ч (при нормировании сменной производительности $T_{см} = 7$ ч); τ – коэффициент использования времени смены.

Коэффициент использования времени смены рассчитывается по формуле

$$\tau = T_0 / T_{см}, \quad (2)$$

где T_0 – время производительной или чистой работы комбайна.

Время смены $T_{см}$ складывается из затрат времени на: производительную или чистую работу T_0 ; повороты агрегата в конце гона T_x ; технологическое обслуживание комбайна $T_{тех}$; ежесменное ТО комбайна $T_{ЕТО}$; приемку и сдачу комбайна в начале и конце смены, проезд к месту работы и обратно, получение наряда и сдача работы $T_{пз}$ (принято $T_{пз} = 0,55$ ч); возможные простои комбайна $T_{пр}$, связанные с физиологическими потребностями комбайнера, $T_{физ}$ ($T_{физ} = 0,35$ ч), организационными причинами $T_{орг}$ и из-за метеорологических условий $T_{мет}$. В расчетах $T_{орг}$ и $T_{мет}$ условно принимались равными нулю. Из всех этих видов простоев в нормируемое время смены $T_{см.н}$ включают только $T_{физ}$.

Учитывая отмеченное выше, получим формулу для расчета нормированного времени смены:

$$T_{см.н} = T_p + T_x + T_{тех} + T_{ЕТО} + T_{физ}. \quad (3)$$

Три первые составляющие формулы (3) представляют собой цикличное (цикловое) время $T_{ц}$, которое зависит от способа движения и организации работы:

$$T_p = t_{p.ц} n_{ц}; T_x = t_{x.ц} n_{ц}; T_{тех} = t_{o.ц} n_{ц}, \quad (4)$$

где $t_{p.ц}$, $t_{x.ц}$, $t_{o.ц}$ – затраты времени, приходящиеся на один цикл работы агрегата соответственно при рабочем ходе, холостом ходе и при остановках агрегата на технологическое обслуживание, ч; $n_{ц}$ – число циклов работы агрегата за смену.

Затраты времени, приходящиеся на один цикл работы комбайна, определяли по формулам

$$t_{p.ц} = 10^{-3} \frac{2L_p}{v_p}; \quad t_{x.ц} = 10^{-3} \frac{2L_x}{v_x};$$

$$t_{\text{о.ц}} = \frac{2L_p}{L_{\text{тех}}} t_0, \quad (5)$$

где L_p – рабочая длина гона, м; v_p – рабочая скорость комбайна, км/ч; L_x – длина холостого пути комбайна при повороте, м; v_x – скорость комбайна на поворотах, км/ч (в расчетах принимали $v_x = 5$ км/ч); $L_{\text{тех}}$ – рабочий путь комбайна между смежными выгрузками зерна из бункера, м; t_0 – продолжительность одной остановки на технологическое обслуживание, ч.

Длина холостого пути комбайна при повороте определялась нами графически. При этом использовался способ движения комбайна – гоновый с расширением прокоса. Первый поворот комбайна принимался петлевой грушевидный, а последующие – с прямолинейным участком, длина которого изменялась в зависимости от заданной площади убираемого участка и длины гона поля. При петлевом способе поворота длина холостого пути L_x включала длину поворота и две длины выезда, каждая из которых равнялась половине кинематической длины комбайна.

Средняя длина поворота определялась по формуле

$$L_n = 6R_n, \quad (6)$$

где R_n – радиус поворота, м ($R_n = nB_p$).

Рабочий путь комбайна между смежными выгрузками зерна из бункера рассчиты-

вали по выражению с использованием конструктивных данных экспериментального комбайна и среднестатистических показателей по величине сорго при возделывании данной культуры в условиях Волгоградской области:

$$L_{\text{тех}} = \frac{10^4 V \lambda \rho}{B_p H}, \quad (7)$$

где V – вместимость зернового бункера, м³ (объем бункера экспериментального комбайна равнялся 3 м³); λ – степень заполнения бункера зерном ($\lambda = 0,95$); ρ – плотность зерна сорго, кг/м³ ($\rho = 620$ кг/м³); H – урожайность сорго по зерну, кг/га ($H = 2600$ кг/га).

Число циклов определяли по формуле

$$n_{\text{ц}} = \frac{T_{\text{см}} - T_{\text{ЕТО}} - T_{\text{физ}}}{t_{\text{р.ц}} + t_{\text{х.ц}} + t_{\text{о.ц}}}. \quad (8)$$

После расчета значения $n_{\text{ц}}$ округляли до целого числа. При этом действительное время смены $T_{\text{смд}}$ в каждом конкретном случае несколько отличалось от установленного ($T_{\text{см}} = 7$ ч).

После определения соответствующих показателей по формулам (4)–(8) были рассчитаны значения коэффициента использования времени смены τ в зависимости от длины гона $L = 300, 600, 900, 1200, 1500$ и 1800 м (рис. 2).

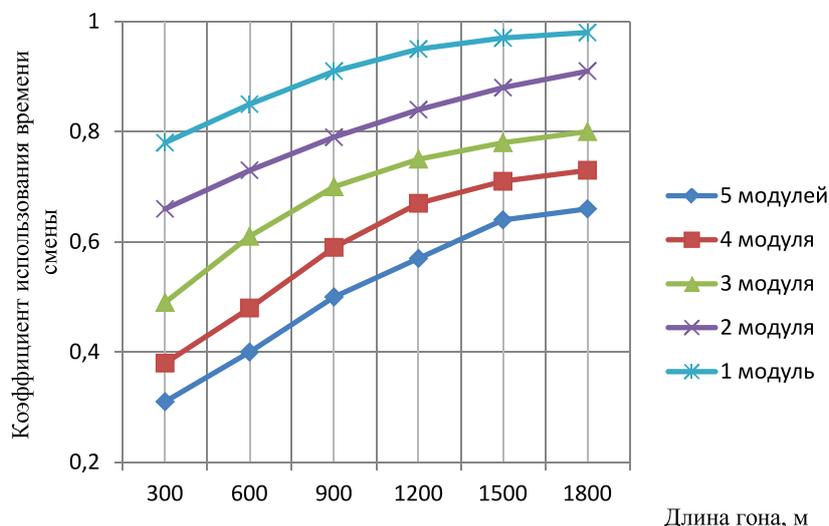


Рис. 2. Зависимость коэффициента использования времени смены τ от длины гона L

При использовании мощности двигателя комбайна в пределах 0,90–0,94, допустимом уровне прямых потерь зерна (до 1,0%) и качестве обмолота метелки (более 95%), а также экспериментальных данных, полу-

ченных при исследовании одномодульного комбайна, моделированием установлены допустимые рабочие скорости комбайна при различном числе модулей. Результаты представлены в таблице.

Допустимые рабочие скорости комбайна

Число модулей, шт.	1	2	3	4	5
V_p , км/ч	8,2	7,1	6,4	5,3	4,9

Известно, что рабочая скорость комбайна это случайная величина. Она и по среднему значению и по отклонениям от него связана с сопротивлением обмолота на корню растений с последующим их скашиванием. Возможны потери скорости также и от других причин – несимметричности агрегата, увода комбайна от прямолинейного хода; неровностей микропрофиля поверхности поля.

Скорость движения комбайна существенно влияет на коэффициент использования времени смены, так как при росте скорости снижается время прохождения рабочего гона, растет число поворотов, холостых переездов и технологических остановок за время смены.

Научные исследования многих ученых показали связь ширины захвата комбайна с непроизводительными потерями времени на холостой ход при повороте, на технологические остановки, связанные с разгрузкой зерна из бункера, на простои в связи с техническими неисправностями и отказами.

В связи с этим теоретическая оценка коэффициента использования времени смены, а следовательно и производительности комбайна за смену, весьма приближительная. Кроме того, производительность комбайна, как следует из формулы (1), определяется

произведением средних значений случайных величин, связанных между собой. При этом следует учесть, что математическое ожидание произведения нескольких взаимно-независимых случайных величин равно произведению их математических ожиданий. Для случая зависимых величин нужно учитывать их взаимную корреляцию. В связи с этим выражение (1), если в нем используются средние значения скорости, ширины захвата и коэффициента использования времени, будет завышать фактическую среднюю производительность комбайна, так как корреляция между B_p , V_p и τ отрицательна.

Поэтому производительность соргоуборочного комбайна при изменении числа модулей, а следовательно и ширины захвата комбайна, можно определить с высокой точностью только экспериментальным путем. Однако на этапе проектирования многомодульного комбайна возможна оценка его производительности и расчетным путем по изложенной выше методике.

Так, используя представленные выше данные, были рассчитаны значения сменной производительности соргоуборочного комбайна в зависимости от числа модулей комбайна, при длине гона $L = 300, 600, 900, 1200, 1500$ и 1800 м (рис. 3).

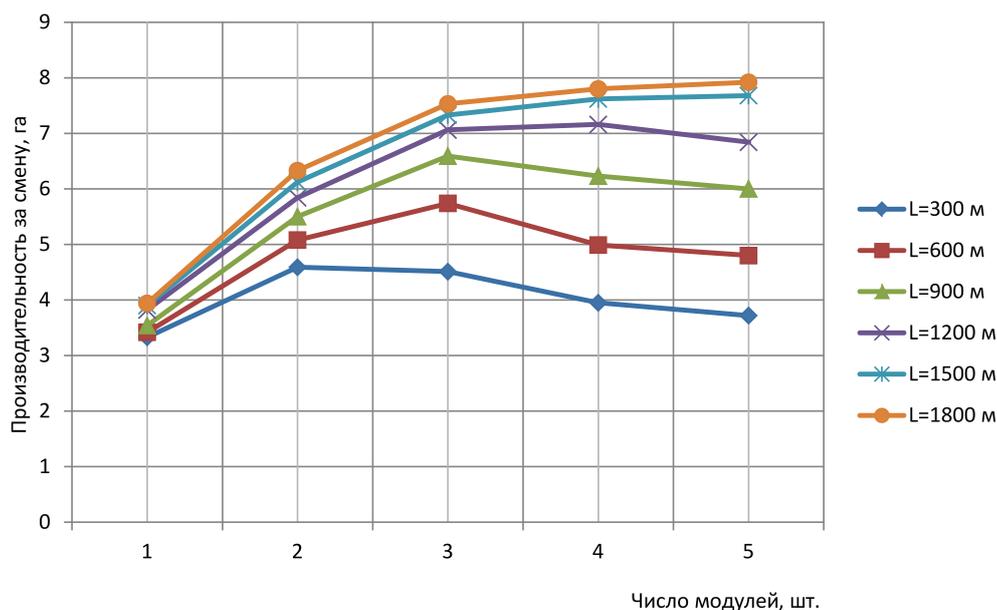


Рис. 3. Зависимость сменной производительности соргоуборочного комбайна от числа модулей

Из рис. 3 следует, что с увеличением длины гона производительность соргоуборочных комбайнов с числом модулей от одного до пяти растет, причем интенсивность ее роста большая для многомодульных агрегатов. При уборке веничного сорго на полях с длиной гона до 300 м наиболее производительными являются одно- и двухмодульные комбайны, на полях с длиной гона 600–900 м – трехмодульные, 1200–1500 м – четырехмодульные, а на полях с длиной гона более 1500 м – пятимодульные.

Вывод

Уборку веничного сорго на полях с различной длиной гона следует убирать соргоуборочными комбайнами, оборудованными молотильно-сепарирующим устройством инерционно-очесного типа, с определенным числом модулей: поля с длиной гона до 300 м – одно- и двухмодульными, 600–900 м – трехмодульными, 1200–1500 м – четырехмодульными, а поля с длиной гона более 1500 м – пятимодульными.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ по проекту «Разработка и исследование инерционно-очесного способа обмолота зерновых колосовых и метелочных культур на корню и технологии для его реализации», договор № НК 13-08-01085\14.

Список литературы

1. Патент РФ № 2199203, А01D 41/08. Щелевой битеер с транспортирующей пластиной / Ряднов А.И., Скворцов А.К., Шарипов Р.В., Иленева С.В.; заявитель и патентообладатель – ФГОУ ВПО Волгоградская ГСХА – № 2000128584; заявл. 15.11.2000; опубл. 27.02.03, Бюл.№ 6.
2. Патент РФ № 2421974, А01D 41/08. Комбайн для уборки технических / Ряднов А.И., Шарипов Р.В., Семченко А.В.; заявитель и патентообладатель – ФГОУ ВПО Волгоградская ГСХА – № 2010100341/21; заявл. 11.01.10; опубл. 27.06.11, Бюл.№ 18.

3. Патент РФ № 2496296, А01D 41/04, А01D 41/12. Прицепной соргоуборочный комбайн / Ряднов А.И., Шарипов Р.В., Семченко А.В.; патентообладатели: Ряднов А.И., Шарипов Р.В., Семченко А.В. – № 2012109041/13; заявл. 11.03.12; опубл. 27.10.13, Бюл.№ 30.

4. Патент РФ № 2498553, А01D 37/00. Комбайн для уборки сорго / Ряднов А.И., Шарипов Р.В., Семченко А.В.; патентообладатели: Ряднов А.И., Шарипов Р.В., Семченко А.В. – № 2012103615/13; заявл. 10.06.12; опубл. 20.11.13, Бюл.№ 32.

5. Ряднов, А.И. Универсальный агрегат для уборки сорго / А.И. Ряднов, Р.В. Шарипов, А.В. Семченко, К.А. Матвеева // Сельский механизатор. – 2010. – № 4. – С. 6.

References

1. Patent RF no. 2199203, A01D41/08 Schelevoi biter s transportiruyushey plastinoy / Ryadnov A.I., Skvortsov A.K., Sharipov R.V., Ileneva S.V.; Zayavitel i patentoobladatel FGOU VPO Volgogradskaya GSHA no. 2000128584; Zayav. 15.11.2000; opubl.27.02.03, Bul. no. 6.

2. Patent RF no. 2421974 A01D41/08 Kombayn dlya uborki tekhnicheskikh kultur / Ryadnov A.I., Sharipov R.V., Semchenko A.V.; Zayavitel i patentoobladatel FGOU VPO Volgogradskaya GSHA no. 2010100341/21; Zayav. 11.01.2010; opubl.27.06.11, Bul. no. 18.

3. Patent RF no. 2496296 A01D 41/04, A01D41/12. Pritsepnoy sorgouborochnyy kombayn / Ryadnov A.I., Sharipov R.V., Semchenko A.V.; Zayaviteli i patentoobladateli Ryadnov A.I., Sharipov R.V., Semchenko A.V. no. 2012109041/13; Zayav. 11.03.2012; opubl.27.10.13, Bul. no. 30.

4. Patent RF no. 2498553 A01D 37/00 Kombayn dlya uborki sorgo / Ryadnov A.I., Sharipov R.V., Semchenko A.V.; Zayaviteli i patentoobladateli Ryadnov A.I., Sharipov R.V., Semchenko A.V. no. 2012103615/13; Zayav. 10.06.2012; opubl.20.11.13, Bul. no. 32.

5. Ryadnov A.I. Universalnyyagregatdlyauborki sorgo / Ryadnov A.I., Sharipov R.V., Semchenko A.V., Matveeva K.A. // Selskiy mekhanizator no. 4, 2010g. pp. 6.

Рецензенты:

Пындак В.И., д.т.н., профессор кафедры «Механика», ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный аграрный университет», г. Волгоград;

Абезин В.Г., д.т.н., профессор кафедры «Процессы и машины в АПК», ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный аграрный университет», г. Волгоград.

Работа поступила в редакцию 23.10.2014.