

6. Panov I.M., Vetokhin V.I. Sovremennoye sostoyaniye i perspektivy razvitiya zemledel'cheskoy mekhaniki v svete trudov V.P. Goryachkina [The current state and prospects for the development of agricultural mechanics in the light of V.P. Goryachkin's works]. *Vestnik MGAU imeni V.P. Goryachkina*. 2008. No. 2. Pp. 9-14. (in Rus.)

7. Sharov N.M. Ekspluatatsionnyye svoystva mashino-traktornykh agregatov [Operational properties of machine-tractor units]. Moscow, Kolos, 1981. 240 p. (in Rus.)

8. Perspektivnyye mobil'nyye energeticheskiye sredstva (MES) dlya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva [Perspective mobile power units (MPU) for agricultural production]. Mn., Nauka i tekhnika, 1982. 272 p. (in Rus.)

9. Levshin A.G., Zubkov V.V., Khlepit'ko M.N. Organizatsiya i tekhnologiya ispytaniy sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Organization and technology testing

of agricultural machinery]. Part 2. Otsenka usloviy ispytaniy [Evaluation of test conditions]. Moscow, FGOU VPO MGAU, 2004. 92 p. (in Rus.)

10. Karapetyan M.A. Povysheniye effektivnosti tekhnologicheskikh protsessov putem umen'sheniya uplotneniya pochv khodovymi sistemami sel'skokhozyaystvennykh traktorov [Increasing the efficiency of technological processes by reducing soil compaction from running systems of agricultural tractors]: Self-review of DSc (Eng) thesis. Moscow, FGOU VPO MGUP, 2010. 50 p. (in Rus.)

11. GOST 20915-2011 Ispytaniya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki. Metody opredeleniya usloviy ispytaniy [Tests of agricultural machinery. Methods for determining test conditions]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200094197> (in Rus.)

The paper was received on November 14, 2017

УДК 631.354.2

DOI 10.26897/1728-7936-2017-6-34-42

ЛОМАКИН СЕРГЕЙ ГЕРАСИМОВИЧ, канд. техн. наук, профессор

БЕРДЫШЕВ ВИКТОР ЕГОРОВИЧ, докт. техн. наук, профессор

E-mail: v.berdishev@rgau-msha.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, ул. Тимирязевская, 49, Москва, Российская Федерация

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ «РОСТСЕЛЬМАШ»

Рассмотрены отдельные показатели технического уровня двигателей зерноуборочных комбайнов, качество комплектующих изделий, универсальность, условия труда комбайнера и дизайн комбайнов, автоматизация контроля и управления, экологические показатели, в том числе параметры и нагрузки на ведущие колеса ходовой части, показатели надежности, а также экономические показатели работы зерноуборочных комбайнов. «Ростсельмаш» отдает предпочтение разработке и выпуску комбайнов III, V, VI классов. Наиболее массовый III класс представлен комбайном «Нива», созданным на его базе комбайном «Nova» и не в полной мере соответствующими этому классу по ряду технических и эксплуатационных показателей комбайнами Vector 410, 420 и 450. Комбайнов I класса, необходимых в небольших фермерских хозяйствах, а также используемых в селекции и семеноводстве, нет в семействе выпускаемых. Высокие показатели комфортности условий труда и качества комплектующих соседствуют с постепенно ухудшающимися показателями универсальности и экологичности (особенно по воздействию движителей на почву). Предлагаемые уровни комфортности на рабочем месте, а также автоматизации и компьютеризации чрезвычайно затратны и превышают необходимые потребности и возможности оператора. Повышение показателей надежности сверх обоснованного в Российской Федерации уровня (наработка на один технический отказ более 25 ч, коэффициент готовности, равный 0,95) вызывает значительный рост затрат при производстве и техническом сервисе зерноуборочных комбайнов без заметного влияния на их часовую и сезонную производительность. В соотношении цена – качество приоритет все в большей мере отдается цене («Нива» – до 3,5 млн руб.; Vector – 6,1...10,5 млн руб.; Acros – 7,6...9,2 млн руб.; Togum – 13,1...19,4 млн руб.). Дальнейшее наращивание энергонасыщенности и металлоемкости, компьютерных и электронных систем будет постоянно ухудшать экономические показатели применения зерноуборочных комбайнов и рентабельность зернопроизводства в целом.

Ключевые слова: уборка зерновых культур, зерноуборочный комбайн, пропускная способность, производительность, энергонасыщенность, материалоёмкость, надежность.

Введение. Одна из главных проблем человечества – продовольственная. В Российской Федерации Указом Президента страны от 30 января 2010 г. № 120 утверждена Доктрина продовольственной безопасности, в которой указывается, что продовольственная безопасность является составной частью национальной безопасности.

Большую роль в решении продовольственной безопасности играет производство зерна. Важнейшей задачей в сфере производства зерна остается снижение потерь при его уборке и переработке. Для этого необходима технологическая модернизация, освоение новых технологий и технических средств, обеспечивающих повышение производительности труда и ресурсосбережения. Учитывая, что валовой сбор зерна в России в последние годы колебался от 60 до 108 млн т, снижение потерь при уборке хотя бы на 1% дает прибавку от 0,5 до 1,1 млн т. А по оценке ряда экспертов, из-за недостаточной обеспеченности сельскохозяйственных организаций современными машинами и оборудованием ежегодные потери зерна состав-

ляют свыше 20 млн т [1]. Уборку зерновых культур в России осуществляют как импортными, так и отечественными зерноуборочными комбайнами. Анализ использования зерноуборочных комбайнов зарубежного производства приведен в ряде статей, опубликованных ранее [2, 3, 4]. Основным производителем отечественных зерноуборочных комбайнов является компания «Ростсельмаш».

Цель исследования – анализ технического уровня зерноуборочных комбайнов «Ростсельмаш», применяемых в сельском хозяйстве Российской Федерации, выпускаемых в настоящее время и подготовленных к производству.

Условия проведения исследований. Для проведения анализа использованы материалы статистических сборников, проспекты фирм-производителей сельскохозяйственной техники, литературные источники.

Обсуждение экспериментальных данных. Номенклатура зерноуборочных комбайнов (ЗУК) «Ростсельмаш» включает в себя следующие модели и модификации (табл. 1) [5, 6, 7]

Таблица 1

Номенклатура зерноуборочных комбайнов «Ростсельмаш»

«Нива» и её модификации (выпускается с 1973 г.)	
Дон-1500 и его модификации (выпускался с 1986 по 2007 г.)	
Vector 410, 420 и 450	Основные модели последнего десятилетия
Acros 530, 540, 550, 560, 580, 585, 595	
Torum 740, 750, 780	
PSM 161	Новейшие модели производственной программы
NOVA	

«Нива», Дон-1500, Vector, Acros, PSM 161 и NOVA относятся к комбайнам «классического» типа, молотильно-сепарирующая система (МСС) которых включает бильное молотильно-сепарирующее устройство и клавишный соломотряс.

Комбайны Torum оснащены аксиально-роторной МСС отечественной разработки.

По номинальной пропускной способности ($q_{он}$) в стандартных для Российской Федерации условиях (культура – пшеница; отношение массы зерна к массе соломы $m_z : m_c = 1 : 1,5$; влажность зерна и соломы $W = 14 \dots 18\%$; урожайность зерна $A_z \geq 4$ т/га; масса 1000 зерен $m_{1000} = 40$ г) комбайны распределяются по классам рационального для РФ парка следующим образом (табл. 2).

Таблица 2

Распределение комбайнов «Ростсельмаш» по классам

Классы зерноуборочных комбайнов рационального для Российской Федерации парка		Модели и модификации ЗУК «Ростсельмаш»
~10%	$\begin{cases} I q_{он} = 1 \dots 2 \text{ кг/с} \\ II q_{он} = 2 \dots 3,5 \text{ кг/с} \end{cases}$	-
~45%	III $q_{он} = 5 \dots 6,5 \text{ кг/с}$	«Нива», «Nova», Vector 410, 420 и 450
~20%	IV $q_{он} = 7 \dots 8 \text{ кг/с}$	-
~20%	V $q_{он} = 8 \dots 9,5 \text{ кг/с}$	Дон-1500Б, Acros
~5%	VI $q_{он} = 10 \dots 13 \text{ кг/с}$	Torum, RSM 161

В сравнении с необходимыми для страны классами ЗУК «Ростсельмаш» отдает предпочтение разработке и выпуску комбайнов III, V, VI классов (соответствие комбайна RSM 161 VI классу пока не подтверждено государственными испытаниями).

Наиболее массовый III класс представлен устаревшим комбайном «Нива» (выпускается с изменениями с 1973 г.), созданным на его базе комбайном «Nova» и мало соответствующими этому классу

по ряду технических и эксплуатационных показателей комбайнами Vector 410, 420 и 450.

Зерноуборочные комбайны характеризуются не только абсолютными значениями показателей работы, но и относительными: удельная номинальная пропускная способность молотилок в расчете на 1 м ширины молотилки, удельная ширина захвата жатки Вж₀, удельная вместимость бункеров, удельная материалоемкость, удельная энергонасыщенность (табл. 3).

Таблица 3

Удельные показатели ЗУК

Марка комбайна	Удельная пропускная способность, $\frac{\text{кг}}{\text{с}} / \text{м}$	Номинальная производительность, т/ч	Удельная ширина захвата жатки, $\frac{\text{м}}{\text{кг}} / \text{с}$	Удельная вместимость бункера, $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}} / \text{с}$	Удельная материалоемкость, $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$	Удельная энергонасыщенность, $\frac{\text{кВт}}{\text{кг}} / \text{с}$
«Нива»	4,2	7,2	0,82...1,00	0,60	1500...1600	14,7...22,8
«Nova»	4,8...5,0	8,6	0,67...1,06	0,75	1800...1870	22,0
Vektor	5,5...5,5	9,4	0,77...1,38	0,92	1890...1970	23,7...24,8
Дон-1500Б		11,5	0,62...1,12	0,75	1600	21,6
Acros		12,0	0,60...1,06	1,08	1830	22,6...24,8
Torum	8,0...8,3	17,3...18,0	0,48...0,72	0,87...1,00	1500...1550	24,5...31,0
RSM161		14,4...17,3	0,60...0,90			23,3...27,9

Удельная номинальная пропускная способность молотилок (в расчете на 1 м ширины молотилки) характеризует степень интенсификации технологического процесса.

У подавляющего большинства известных зарубежных зерноуборочных комбайнов «классической» схемы этот показатель колеблется от минимальных 3,6...3,8 до максимальных 5,7...5,9 $\frac{\text{кг}}{\text{с}} / \text{м}$ [4].

Аксиально-роторные комбайны Torum с удельной пропускной способностью 8...8,3 $\frac{\text{кг}}{\text{с}} / \text{м}$ превосходят все зарубежные аналоги по интенсификации технологического процесса.

Номинальная производительность по зерну в стандартных для России условиях рассчитывается по зависимости $Q_n = 1,44 q_{\text{ном}}$, т/ч.

Приводимые в рекламных материалах «Ростсельмаш» производительности иного уровня, например по RSM 161 до 45 т/ч, безусловно, относятся к нестандартным условиям уборки. Это в полной мере касается и рекламных данных по зарубежным зерноуборочным комбайнам.

Удельная ширина захвата жатки Вж₀ характеризует возможность работы комбайна с подачами,

равными (близкими) его пропускной способности на фонах различной урожайности.

Таким образом, комбайны «Нива» можно полностью загрузить при скоростях движения 8...9 км/ч только при урожайности пшеницы $A_3 > 1,6...1,8$ т/ч ($V_{ж_0} = 1 \frac{\text{м}}{\text{кг}} / \text{с}$) и 2...2,2 т/га ($V_{ж_0} = 0,82 \frac{\text{м}}{\text{кг}} / \text{с}$); Nova – при $A_3 > 1,6...1,8$ т/га ($V_{ж_0} = 1 \frac{\text{м}}{\text{кг}} / \text{с}$) и $A_3 > 2,4...2,7$ т/га ($V_{ж_0} = 0,67 \frac{\text{м}}{\text{кг}} / \text{с}$). Наиболее мощные комбайны Torum можно полностью загрузить при тех же скоростях движения лишь на полях с урожайностью $A_3 > 2,2...2,5$ т/га ($V_{ж_0} = 0,72 \frac{\text{м}}{\text{кг}} / \text{с}$) и $A_3 > 3,3...3,8$ т/га ($V_{ж_0} = 0,48 \frac{\text{м}}{\text{кг}} / \text{с}$).

Проблематичность постоянных рабочих скоростей в 8...9 км/ч потребует для полной загрузки комбайнов намного большей урожайности убираемых культур, а при отсутствии таких условий приведет к работе комбайнов со значительной недогрузкой.

Удельная вместимость бункеров колеблется у комбайнов «Ростсельмаш» в пределах 0,6...1,08 $\frac{\text{м}^3}{\text{кг}} / \text{с}$.

Следуя тенденциям мирового комбайностроения «Ростсельмаш» увеличил вместимость бунке-

ров комбайнов III класса с 3 до 4,5 и 6 м³, V класса – с 6 до 9 м³ и VI класса – с 6 (Дон 2600) до 10,5 и 12 м³ (Торум 780).

Увеличение вместимости бункера (абсолютной и удельной) позитивно влияет на значение коэффициента технологического обслуживания K_t и производительность ЗУК за один час технологического времени Q_t и негативно – на материалоемкость, энергоемкость, удельный расход топлива на 1 т собранного зерна, а также на степень уплотнения почвы движителями ходовой части.

Расчеты показывают, что увеличение вместимости бункера в 1,5...2 раза (для комбайнов одного класса) даже при идеальной организации отвозки зерна приводит к росту K_t и Q_t на 4,4...7,5% при урожайности 4 т/га и всего на 2,1...2,7% – при 1 т/га. Масса комбайна растет с увеличением вместимости бункера с интенсивностью ~400 кг/м³, а потребная мощность двигателя – ~5 кВт/м³.

По мере увеличения вместимости бункера зерноуборочный комбайн все больше превращается в «транспортное средство», перевозящее по полю дополнительную массу конструкции ДМк и собираемого в бункер зерна $\Delta M_z = \frac{V_b \cdot \rho_z}{2}$ (ρ_z – плот-

ность зерна, кг/м³) и выполняющее все больший объем дополнительной транспортной работы в расчете на 1 т собранного зерна. Естественно, это требует дополнительного расхода топлива, достигающего при бункере 12 м³ 0,81...0,92 кг/т (урожайности $A_3 = 3$ т/га), 1,2...1,37 кг/т ($A_3 = 2$ т/га) и 2,4...2,75 кг/т ($A_3 = 1$ т/га).

Увеличение вместимости бункера – это не только прямой путь повышения степени уплотнения почвы движителями ходовой части комбайна, но и необходимость привлечения для отвозки зерна автомобилей повышенной грузоподъемности с губительными для структуры почвы нагрузками на колесо и внутренним давлением в шинах (от 0,7 до 1 МПа).

Удельная материалоемкость анализируемых комбайнов находится в пределах от 1500 до $1870 \frac{\text{кг}}{\text{кг/с}}$.

Тенденция постепенного роста удельной материалоемкости характерна и для ЗУК зарубежного производства.

Удельная энергонасыщенность $N_{\text{дво}} = \frac{N_{\text{дв}}}{q_{\text{он}}}$, $\frac{\text{кВт}}{\text{кг/с}}$, постепенно растет не только от поколения к поколению комбайнов, но и в процессе выпуска одной модели. Так, комбайн «Нива» начинал выпускаться с двигателем мощностью 73,5 кВт (100 л.с.) и удельной энергонасыщенностью $N_{\text{дво}} = 14,7 \frac{\text{кВт}}{\text{кг/с}}$, а в последние годы – с двигателем мощностью 114 кВт и энергонасыщенностью $22,8 \frac{\text{кВт}}{\text{кг/с}}$.

Опыт применения, исследования и полевые испытания показывают, что удельная энергонасыщенность должна составлять $N_{\text{дво}} = 18...20 \frac{\text{кВт}}{\text{кг/с}}$ для ЗУК «классической» схемы и $N_{\text{дво}} = 22...24 \frac{\text{кВт}}{\text{кг/с}}$ – аксиально-роторной схемы.

Существенное превышение фактической удельной энергонасыщенности над уровнем рациональных ее значений порождает ряд серьезных проблем:

- чрезмерное повышение потерь зерна при ошибке комбайнера в выборе скорости движения на уборке высокоурожайных хлебов (комбайн может устойчиво работать с подачами, намного превышающими его пропускную способность);

- необходимость применять наиболее нагруженные привода и передачи завышенной тяговой способности (возможность аварийного отказа приводов при забивании рабочего органа);

- повышенный удельный расход топлива (на 1 т собранного зерна).

Качество комплектующих изделий. За последние 10 лет существенно возросло качество комплектующих изделий для ЗУК «Ростсельмаш» благодаря все большему применению в их конструкциях узлов, агрегатов и изделий известных фирм и компаний из Европы и США. Прежде всего – это дизельные двигатели Cummins для комбайнов Vector 420, Acros 560, 580, 585, 595 и PSM 161; MTU (Mercedes) – Torum 750 и 780; мосты ведущих колес «Гомсельмаш», «СiТ», «ZF»; редукторы отбора мощности (для двигателей); ведущие мосты управляемых колес; понижающие редукторы привода молотильных барабанов; планетарные редукторы привода ножа и сами режущие аппараты системы Шумахера; гидромеханический привод ротора МСС комбайнов Torum; гидростатические трансмиссии (ГСТ) фирм «Danfoss», «Linde», «Eaton»; насосы-дозаторы (рулевые агрегаты) фирм «Ognibede», «Danfoss», «Rexroth Bosh Group»; блоки гидравлические, фильтрующие элементы, гидрораспределители, клапаны и др.; кондиционеры; ремни узкого профиля, многоручьевые клиновые ремни на единой основе и специальные вариаторные ремни фирмы «Optibelt».

Нельзя не отметить и появления первого отечественного дизельного двигателя ЯМЗ 534 (ЗУК «Nova»), не уступающего по удельным показателям технического уровня современным двигателям зарубежного производства (табл. 4).

Семейство двигателей ЯМЗ-534 включает в себя четыре модификации 53405; 53425; 53435 и 53445 с мощностью соответственно 147; 132; 132 и 117 кВт, удельной литровой мощностью 33,2; 29,8; 29,8 и 26,4 кВт/л и удельной материалоемкостью от 3,06 до 3,85 кг/кВт.

Отдельные показатели технического уровня двигателей ЗУК

Модель комбайна	Модель двигателя	Расположение и число цилиндров	Форсирование рабочего процесса: Т – турбонаддув; О – охлаждение наддувочного воздуха	Объем двигателя, л	Мощность двигателя, кВт	Удельная литровая мощность, кВт/л	Удельная материалоемкость, кг/кВт
Дон-1500Б	ЯМЗ-238 АК	V; 8	-	14,85	173	11,6	6,4
Вектор 410	ЯМЗ-236 НД	V; 6	Т; О	11,14	154	13,8	6,2
Acros 550	ЯМЗ-236 БЕ 2	V; 4	Т; О	11,14	206	18,5	4,7
«Nova»	ЯМЗ-53425	P; 4	Т; О	4,43	132	29,8	3,4
John Deere:	JD						
9560 W	6068	P; 6	Т; О	6,80	195	28,7	-
9680 W	6081	P; 6	Т; О	8,10	274	33,8	-

Универсальность ЗУК. При оснащении соответствующими адаптерами (жатка, подборщик) и приспособлениями (кукурузная приставка, приспособления для уборки подсолнечника, зернобобовых, крупяных, рапса, семян трав) зерноуборочные комбайны «Ростсельмаш» могут реализовать оба известных способа уборки зерновых (прямое и раздельное комбайнирование) и осуществлять уборку специфических культур с надлежащими показателями качества. Однако новые семейства и модели ЗУК не могут реализовать (так же как зарубежные) наиболее распространенные в Российской Федерации технологии уборки незерновой части урожая (НЧУ): копенную и с измельчением соломы (с большим числом вариантов); комбинированную технологию уборки кукурузы на зерно и силос.

Рисоуборочная модификация комбайна Togum из-за особенностей ходовой части (полугусеничный ход) не может эффективно работать в сырых чеках (недостаточная проходимость комбайна). Рисоуборочная модификация на базе гусеничного комбайна Vector 450 пока не создана.

Условия труда комбайнера и дизайн комбайнов. Следуя тенденциям мирового комбайностроения «Ростсельмаш» постоянно улучшает условия труда на выпускаемых комбайнах. Начиная с комбайна Дон-1500, оснащенного герметизированной кабиной с шумоизоляцией и кондиционером воздуха (Standard Cab), было обеспечено практически полное соответствие всех показателей условий труда комбайнера «Единым требованиям...». Переход на комплектацию кабины «Comfort Cab» (семейства Vector, Acros, Togum, Nova) и тем более на «Luxury Cab» (комбайн RSM 161) обеспечивает высокий уровень комфортности на рабочем месте комбайнера.

Все комбайны «Ростсельмаш» (кроме устаревших моделей «Нива», «Дон») имеют современный

дизайн. В то же время высокая сложность и стоимость современных кабин, формо- и видообразующих изделий настоятельно требуют поиска компромиссных решений, достаточных по функциональному назначению, но более простых и дешевых.

Небольшая годовая занятость ЗУК T_r в большинстве регионов страны ($T_r < 200$ ч) и особенности труда комбайнера (необходимость проведения технического обслуживания, устранения отказов, контроля потерь и т.п.) снижают значимость и саму необходимость ряда элементов комфортности экстра-класса, присущих престижным образцам техники круглогодичного использования (тракторы, автомобили и т.п.). Далекие от идеальных условия работы, обслуживания и межсезонного хранения ЗУК в России приводят к быстрой потере ими внешнего лоска.

Автоматизация контроля и управления. Все модели современных ЗУК «Ростсельмаш» характеризуются высоким уровнем автоматизации контроля и управления. Начиная с Vector, все модели и модификации комбайнов оснащаются информационно-управляющей системой Adviser (разных поколений) с ЖК-монитором, ситуационным кадрированием и голосовым оповещением. На новейших моделях в качестве стандартного исполнения применяют автоматические (электрогидравлические) системы управления жаткой и синхронизации частоты вращения мотвила со скоростью движения комбайна. Системы автовождения, видеоконтроля зоны выгрузки зерна, централизованной автоматической смазки, картографирования урожайности зерна разработаны, но предлагаются в виде опций по отдельному заказу потребителя.

В производственной программе «Ростсельмаш» не было и нет ЗУК с автоматической системой поперечного и продольного выравнивания молотилки на склоне (косогорная модификация).

Экологические показатели ЗУК. Основными факторами вредного воздействия на окружающую среду являются:

- выброс в атмосферу выхлопных газов;
- разбрасывание по убираемым полям семян сорных растений;
- уплотнение почвы движителями ходовой части комбайнов и транспортных средств, отвозящих зерно.

Для живой природы наиболее опасны такие составляющие отработавших газов, как оксиды азота, оксиды серы и углеводороды. В сравнении с оксидом углерода (СО) токсичность углеводородов (C_nH_m) выше в 3,2 раза, оксида серы (SO₄) – в 22, а оксидов азота (NO_x) – в 41 раз.

Необоснованное повышение энергонасыщенности ЗУК «Ростсельмаш» не только увеличивает выброс отработавших газов на 1 т собранного зерна, но и повышает их токсичность (при работе дизеля

со значительной недогрузкой в выхлопных газах возрастает содержание оксидов азота).

Невозможность уборки НЧУ по вариантам технологии с измельчением соломы и сбором в прицепную тележку и все меньшая возможность применения копенной технологии лишили ЗУК «Ростсельмаш» преимуществ перед импортными комбайнами по полноте сбора и удалению с полей семян сорных растений (семена остаются на поле).

Увеличение материалоемкости, вместимости бункеров и заправочных емкостей вызвало постоянный рост максимальных эксплуатационных масс ЗУК и нагрузок на движители ходовой части (табл. 5).

С целью снижения отрицательного воздействия движителей ЗУК на почву в России установлены [8, 9] нормы максимальных удельных давлений на почву и нормальных напряжений в почве на глубине 0,5 м (табл. 6).

Таблица 5

Параметры и нагрузки на ведущие колеса ходовой части

Модель комбайна	Niva p = 2,3 атм.	Nova p = 2,3 атм.	Vector p = 2,6 атм.	Дон-1500Б p = 1,7 атм.	Acros p = 2,7...3 атм.	Torum p = 3,2...3,4 атм.	RSM 161 p = 3...3,2 атм.
Модель шины / допустимая* нагрузка, кг	21,3-24 / 2500	23,1R26 / 3650	28LR26 / 4125	30,5LR32 / 5450	30,5LR32 / 5450	30,5LR32900 / 60R32/5450	30,5LR32800 / 70R32/5450
Максимальная нагрузка, кг	4300	6100	7700	7400	9400	11700	11400
Степень перегрузки, %	170	167	187	136	172	215	209

* При P = 0,16 МПа.

Таблица 6

Максимальные допустимые удельные давления и нормальные напряжения в почве на глубине 0,5 м

Влажность почвы в слое 0...30 см, НВ	Максимальные допустимые удельные давления на почву колесного движителя, КПа	Максимальные допустимые нормальные напряжения в почве на глубине 0,5 м, КПа
Свыше 0,9 НВ	80...100	30
0,7...0,9 НВ		30
0,6...0,7 НВ		35
0,5...0,6 НВ	150	45
Менее 0,5 НВ		50

Минимальные удельные давления на почву обеспечивает ходовая часть комбайна Дон-1500Б (170...185 и 60...67 КПа соответственно), а максимальные (300...370 и 100...120 КПа) – Torum. На сухих почвах (<0,6 НВ) превышение удельных давлений колеблется от 1,2 («Дон») до 2,45 раза (Torum), а на более влажных (>0,6 НВ) – от 1,7...2,3 («Дон») до 3...4,8 раз (Torum). Примерно такие же превышения будут и по нормальным напряжениям в почве на глубине 0,5 м.

Автомобили грузоподъемностью более 8...10 т при давлении в шинах до 0,85 МПа (они необходимы для отвозки зерна от комбайнов) создают удельные давления и нормальные напряжения, превышающие допустимый их уровень в 6...8 раз.

Надежность зерноуборочных комбайнов, как и всех видов сельскохозяйственной техники, оценивают двумя показателями:

- наработка на один технический отказ, T_с, ч;
- коэффициент готовности, K_г.

Первый показатель определяют по зависимости

$$T_o = \frac{T_{\Sigma}}{m}, \text{ ч,}$$

а второй

$$K_e = \frac{T_{\Sigma}}{T_{\Sigma} + t_{об}},$$

где T_{Σ} – наработка одного или группы ЗУК, ч (по нормативным материалам $T_{\Sigma} \geq 200$ ч для одного комбайна за один сезон); m – число отказов I и II групп сложности (отказы III группы сложности на отечественных комбайнах не допускаются – машина не доведена до массового производства и применения) за время наработки T_{Σ} ; $t_{об} = t' + t''$ – общие затраты времени на отыскание и устранение всех m отказов (t' – оперативное и подготовительно-заключительное время), а также затраты труда и времени на доставку запасных частей, ремонтного оборудования, материалов и специалистов к комбайну или самого комбайна с поля к месту ремонта и обратно (t'' – время нормированных элементов или организационное время на устранение всех m отказов).

В последние годы для оценки надежности сельскохозяйственной техники (в основном импортной) нередко используют коэффициент готовности K'_e по оперативному времени:

$$K'_e = \frac{T_{\Sigma}}{T_{\Sigma} + t'}$$

Значение коэффициента готовности K'_e получается высоким, хотя машина может выбыть из работы на продолжительное время (отсутствие запасных частей, ремонтных материалов, ремонтного оборудования или специалистов нужного профиля). Долгое время надежность отечественных комбайнов должна была соответствовать следующим нормативам: $T_o = 25$ ч, $K_e = 0,95$. Сейчас же ее оценивают наработкой на отказ $T_o = 50, 80$ ч и $K'_e = 0,965 \dots 0,975$ (только по оперативному и подготовительно-заключительному времени), т.е. показатели надежности вроде бы более высокие, но о реальной готовности машины к работе судить сложно (все зависит от организации и совершенства службы технического сервиса).

Экономические показатели. Увеличение материалоемкости и энергонасыщенности сверх рационального уровня, широкое применение в комбайнах «Ростсельмаш» комплектующих зарубежного производства (дизельные двигатели, мосты ходовой части, привода и др.) обусловили интенсивный рост цен на все выпускаемые машины. По комбайнам III класса пропускной способности они достигли 6,8...7,3 млн руб. (Vector), V класса – 9,2...12 млн руб. и Togum – до 14,7...17,5 млн руб. [10]. Разница в стоимости рассматриваемых машин и их зарубежных аналогов сократилась с 3...5 (2000-е гг.) до 1,8...2,3 раза.

Высокая стоимость комбайнов, повышенная затратность технического сервиса (особенно при использовании импортных комплектующих) в сочета-

нии с относительно невысокой ценой зерна (пшеница – 8000...11800 руб/т) и сезонной наработкой (низкая урожайность и ограниченный набор культур) обуславливают повышенные удельные затраты и убытки от применения новых моделей («Nova», Vector, Acros и др.) вместо устаревших («Нива», Дон-1500).

Выводы

1. Компанией «Ростсельмаш» приняты и поддержаны зарубежные направления развития комбайностроения, включающие повышение энергонасыщенности, металлоемкости, комфортности труда комбайнера, надежности, автоматизацию и использование электронных систем контроля, внешний дизайн. В рамках этих направлений создано семейство зерноуборочных комбайнов, имеющих незначительный рост удельных технологических показателей при существенном увеличении энергонасыщенности и материалоемкости.

2. В сравнении с необходимыми для страны классами ЗУК «Ростсельмаш» отдает предпочтение разработке и выпуску комбайнов III, V, VI классов. Наиболее массовый III класс представлен комбайном «Нива», созданным на его базе комбайном «Nova» и не в полной мере соответствующими этому классу по ряду технических и эксплуатационных показателей комбайнами Vector 410, 420 и 450. Комбайнов I класса, необходимых в небольших фермерских хозяйствах, а также используемых в селекции и семеноводстве, нет в семействе выпускаемых.

3. Высокие показатели комфортности условий труда и качества комплектующих соседствуют с постепенно ухудшающимися показателями универсальности и экологичности (особенно по воздействию движителей на почву). Предлагаемые уровни комфортности на рабочем месте, а также автоматизации и компьютеризации чрезвычайно затратны и превышают необходимые потребности и возможности оператора.

4. Повышение показателей надежности сверх обоснованного в Российской Федерации уровня ($T_o \geq 25$ ч, $K_e = 0,95$) вызывает значительный рост затрат при производстве и техническом сервисе зерноуборочных комбайнов без заметного влияния на их часовую и сезонную производительность. Переход же на оценку надежности коэффициентом готовности K'_e по оперативному времени недопустим, так как освобождает компанию от забот по развитию дилерской сети и повышению оперативности технического сервиса своей техники.

5. В известном для любой техники соотношении цена – качество приоритет все в большей мере отдается цене («Нива» – до 3,5 млн руб.; Vector – 6,1...10,5 млн руб.; Acros – 7,6...9,2 млн руб.; Togum – 13,1...19,4 млн руб.). Дальнейшее наращивание энергонасыщенности и металлоемкости, компьютерных и электронных систем будет постоянно ухудшать экономические показатели применения зерноуборочных комбайнов и рентабельность зернопроизводства в целом. Амбициозная погоня

за самыми мощными, самыми большими, самыми престижными и т.п. зерноуборочными комбайнами не обеспечит коренного улучшения завершающей стадии зернопроизводства – уборки урожая.

Библиографический список

1. Ежевский А.А. Технологическая и техническая обеспеченность сельскохозяйственного производства России на 2013-2020 годы // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2014. № 1. С. 3-6.
2. Елисеев А.Г. Анализ структуры рынка с.-х. тракторов и комбайнов в России // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 1. С. 3-7.
3. Ломакин С.Г., Бердышев В.Е. Условия уборки зерна в Российской Федерации и обеспеченность сельскохозяйственных предприятий зерноуборочными комбайнами // Вестник ФГБОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2016. № 4 (74). С. 12-16.
4. Ломакин С.Г., Бердышев В.Е. Формирование парка зерноуборочных комбайнов с учетом условий уборки // Вестник ФГБОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2016. № 5 (75). С. 7-12.

5. Труфляк Е.В., Трубилин Е.И. Современные зерноуборочные комбайны. Краснодар, 2013. 319 с.

6. Комбайн зерноуборочный самоходный РСМ-142 «ACROS-530». Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию // ООО «Комбайновый завод «Ростсельмаш». 2008. 291 с.

7. Комбайн самоходный зерноуборочный РСМ-101 «Вектор». Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию // ООО «Комбайновый завод «РОТСЕЛЬМАШ». 2010. 346 с.

8. Исходные требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве. М.: Информагротех, 2005. 270 с.

9. ГОСТ 26955-86 Техника сельскохозяйственная. Нормы воздействия движителей на почву // Государственный комитет СССР по стандартам. 1986. С. 3.

10. Прайс-лист Ростсельмаш, ООО Комбайновый завод (Транснациональные корпорации). URL: https://www.agrobase.ru/organizations/manufacturer/pdmanufacturer_11b4e5ea-5a24-46c5-8f37-0b4a9792b585/pricelist (дата обращения – 4 ноября 2017 г.).

Статья поступила 08.11.2017

ASSESSING TECHNICAL PERFORMANCE LEVEL OF RUSSIAN “ROTSSELMASH” COMBINES

SERGEY G. LOMAKIN, PhD (Eng), Professor

VIKTOR Ye. BERDYSHEV, DSc (Eng), Professor

E-mail: v.berdishev@rgau-msha.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev; 127550, Timiryazevskaya Str., 49, Moscow, Russian Federation

The authors consider some indicators of the technical performance level of combine harvester engines, the quality of their components, universality, working conditions of combine operators and the external design of combines, the automation of control and manipulation, environmental indicators, including parameters and loads on the driving wheels of the running gear, reliability indicators, as well as economic performance. Rostselmash prefers to develop and produce combine harvesters of III, V, and VI classes. The most massive class III is represented by the Niva combine harvester and the “Nova” combine harvester built on its basis and Vector 410, 420 and 450 harvesters not fully complying with this class for a number of technical and operational indicators. Class I harvesters required by small farms, as well as used in breeding and seed production, is absent in the produced family of combines. High comfortability of working conditions and the quality of components are combined with gradually worsening indicators of universality and environmental friendliness (especially by their impact on soil). The proposed levels of comfort in the workplace, as well as automation and computerization are extremely costly and exceed the necessary needs and capabilities of an operator. The increase in reliability indicators exceeds the level accepted in the Russian Federation (operating time before one technical failure of more than 25 hours, availability factor equaling to 0.95) causes a significant increase in costs of production and technical service of combine harvesters without a noticeable effect on their hourly and seasonal productivity. With account of the price-to-quality ratio, priority is increasingly given to the price (“Niva” – up to 3.5 million rubles, Vector – 6.1...10.5 million rubles, Acros – 7.6...9.2 million rubles; Torum – 13.1...19.4 million rubles). Further increase of energy saturation and metal consumption, as well as further development of computer and electronic systems will permanently worsen economic indicators of the use of the considered combine harvesters and the profitability of grain production as a whole.

Key words: grain crop harvesting, grain harvester, throughput capacity, productivity, energy saturation, material consumption, reliability.

References

1. Yezhevskiy A.A. Tekhnologicheskaya i tekhnicheskaya obespechennost' sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva Rossii na 2013-2020 gody [Technological and technical supply of agricultural production in Russia for 2013-2020]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2014. No. 1. Pp. 3-6. (in Rus.)
2. Yeliseyev A.G. Analiz struktury rynka s. – kh. traktorov i kombaynov v Rossii [Analysis of the structure of agricultural tractors and combine harvesters in Russia]. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2013. No. 1. Pp. 3-7. (in Rus.)
3. Lomakin S.G., Berdyshev V.Ye. Usloviya uborki zerna v Rossiyskoy Federatsii i obespechennost' sel'skokhozyaystvennykh predpriyatiy zernouborochnymi kombaynami [Conditions for harvesting grain in Russia and the supply of agricultural enterprises with grain harvesters]. *Vestnik MGAU imeni V.P. Goryachkina*. 2016. No. 4 (74). Pp. 12-16. (in Rus.)
4. Lomakin S.G., Berdyshev V.Ye. Formirovaniye parka zernouborochnykh kombaynov s uchetom usloviy uborki [Formation of a fleet of grain harvesters with account of harvesting conditions]. *Vestnik MGAU imeni V.P. Goryachkina*. 2016. No. 5 (75). Pp. 7-12. (in Rus.)
5. Truflyak Ye.V., Trubilin Ye.I. Sovremennyye zernouborochnyye kombayny [Modern combine harvesters]. Krasnodar, 2013. 319 p. (in Rus.)
6. Kombayn zernouborochnyy samokhodnyy RSM-142 "ACROS-530". Instruktsiya po ekspluatatsii i tekhnicheskomu obsluzhivaniyu [Self-propelled combine harvester RSM-142 "ACROS-530". Operating and maintenance manual]. LLC «Kombaynovyy zavod "Rostsel'mash"». 2008. 291 p. (in Rus.)
7. Kombayn samokhodnyy zernouborochnyy RSM-101 "Vektor". Instruktsiya po ekspluatatsii i tekhnicheskomu obsluzhivaniyu [propelled combine harvester RSM-101 "Vector". Operation and maintenance manual]. LLC «Kombaynovyy zavod "ROSTSEL'MASH"». 2010. 346 p. (in Rus.)
8. Iskhodnyye trebovaniya na bazovyye mashinnyye tekhnologicheskiye operatsii v rasteniyevodstve. Moscow, Informagrotekh [Initial requirements for basic machine technological operations in plant growing]. 2005. 270 p. (in Rus.)
9. GOST 26955-86 Tekhnika sel'skokhozyaystvennaya. Normy vozdeystviya dvizhiteley na pochvu [GOST 26955-86 Agricultural engineering. Norms of the impact of propulsors on soil]. Gosudarstvennyy komitet SSSR po standartam. 1986. P. 3. (in Rus.)
10. Price list of Rostselmash, LLC "Kombaynovyy zavod" (Transnational corporations). URL: https://www.agrobase.ru/organizations/manufacturer/pdmanufacturer_11b4e5ea-5a24-46c5-8f37-0b4a9792b585/pricelist (Access date – November 4, 2017). (in Rus.)

The paper was received on November 8, 2017