

А. И. Ряднов, О. А. Федорова, О. И. Поддубный

Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград,
Российская Федерация

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ВЫБОРА ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Цель: совершенствование методики выбора зерноуборочных комбайнов при заданной урожайности зерновых колосовых культур и оптимальных условиях уборки. **Материалы и методы.** Совершенствование методики выбора зерноуборочных комбайнов основывалось на рекомендациях В. Е. Бердышева, Г. Н. Ерохина, Э. В. Жалнина, С. Г. Ломакина, Г. Г. Маслова, С. М. Пенкина, В. Ф. Федоренко, Г. Е. Чепурина и других ученых с использованием основных технических характеристик современных зерноуборочных комбайнов и жаток при уборке озимой пшеницы сорта Северодонецкая юбилейная в условиях ряда хозяйств северо-запада Волгоградской области. **Результаты.** Предложено осуществлять выбор зерноуборочных комбайнов поэтапно. На первом этапе рекомендуется выполнить расчет фактической подачи хлебной массы в молотилку комбайна на обмолот зерновой культуры с учетом ее соломистости. Соломистость озимой пшеницы изменяется от среднего на 20–24 %, с увеличением урожайности разность между максимальным и минимальным значениями уменьшается. Следующий этап – определение степени загрузки молотилки с возможной в хозяйстве урожайностью, с использованием наиболее часто применяемых жаток, средней скорости движения комбайна и максимальной соломистости убираемой культуры. Расчеты показали, что при урожайности зерновой культуры 1 т/га и конструктивной ширине захвата жатки 6 и 7 м следует применять комбайны II класса, соответственно при 3 т/га и 6 м – V класса, а при 5 т/га и 6 м – IX класса. Высокопроизводительные комбайны IX класса, оборудованные широкозахватными жатками (9,1 м), могут эффективно использоваться в рекомендуемом скоростном режиме (7,2 км/ч) с оптимальной загрузкой молотилки при урожайности зерновой культуры 1–2 т/га. **Выводы.** Выбор зерноуборочных комбайнов рекомендуется осуществлять с использованием паспортной пропускной способности молотилки на 90–100 % с учетом урожайности убираемой зерновой культуры и максимально возможной ее соломистости.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн; урожайность зерновой культуры; соломистость зерновой культуры; подача хлебной массы в молотилку комбайна; пропускная способность молотилки; степень загрузки молотилки комбайна.

A. I. Ryadnov, O. A. Fedorova, O. I. Poddubnyy

Volgograd State Agricultural University, Volgograd, Russian Federation

IMPROVEMENT OF THE METHODOLOGY FOR CHOOSING GRAIN HARVESTERS

Purpose: to improve the methodology for choosing grain harvesters for a given cereal crops yield and optimal harvesting conditions. **Materials and methods.** The improvement of the methodology for choosing grain harvesters was based on the recommendations by V. E. Berdyshev, G. N. Erokhin, E. V. Zhalnin, S. G. Lomakin, G. G. Maslov, S. M. Penkin,



V. F. Fedorenko, G. E. Chepurin and other scientists using the basic technical characteristics of modern combine harvesters and reapers for harvesting Severodonetsk Jubilee variety winter wheat in a number of farms in the north-west of Volgograd region. **Results.** It is proposed to select grain harvesters step by step. At the first stage it is recommended to calculate the actual cereal crops feeding to the combine thresher for threshing the crop, taking into account its straw content. The straw content of winter wheat varies from average by 20–24 %, with an increase in yield, the difference between the maximum and minimum values decreases. The next stage is to determine the loading efficiency of the thresher with the yield possible in the farm, using the most commonly used reapers, the average speed of the combine and the maximum straw content of the harvested crop. Calculations showed that harvesters of class II should be used with a grain yield of 1 t per ha and a constructive reaper width of 6 and 7 m, respectively class V should be used at 3 t and 6 m per ha, and IX class should be used at 5 t per ha and 6 m. High-performance combines of class IX, equipped with wide reapers (9.1 m), can be effectively used in the recommended speed mode (7.2 km/h) with optimal threshing load with a grain yield of 1–2 t per ha. **Conclusions.** The choice of combine harvesters is recommended using the passport thresher capacity by 90–100 %, taking into account the yield of the harvested grain crop and its maximum straw content.

Key words: combine harvester; grain yield; cereal straw content; feeding the grain mass into the combine thresher; thresher capacity; loading efficiency of combine thresher.

Введение. Уборка зерновых культур во всех регионах РФ, во всех сельскохозяйственных предприятиях не может осуществляться зерноуборочными комбайнами одной марки. Это связано с существенными отличиями почвенно-климатических условий регионов страны, множеством применяемых видов и сортов зерновых культур, отличающихся урожайностью, соломистостью, влажностью и полеглостью во время уборки. Кроме того, сельскохозяйственные предприятия имеют поля с различной площадью и длиной гона, парк зерноуборочных машин включает зерноуборочные комбайны с различной пропускной способностью молотильного устройства. При этом уборка зерновых культур должна выполняться в строго установленные агротехнические сроки и с высокой эффективностью. Решить данную проблему возможно, в частности, при использовании зерноуборочных комбайнов, адаптированных к характеристикам убираемой культуры. До настоящего времени единого мнения по поводу выбора зерноуборочных комбайнов для конкретных условий уборки пока нет. В связи с этим целью настоящей работы является совершенствование методики выбора зерноуборочных комбайнов при заданной урожайности зерновых колосовых культур и оптимальных условиях уборки.

Материалы и методы. В научной литературе имеется ряд статей и рекомендаций по выбору зерноуборочных комбайнов в заданных условиях уборки. Существенный вклад в развитие данного направления внесли В. Е. Бердышев, Г. Н. Ерохин, Э. В. Жалнин, С. Г. Ломакин, Г. Г. Маслов, С. М. Пенкин, В. Ф. Федоренко, Г. Е. Чепурин и другие ученые. Рекомендуется осуществлять выбор зерноуборочных комбайнов по следующим критериям: минимальная себестоимость работы, максимальная производительность убранной площади зерновых культур в течение часа чистой работы или времени смены, максимальная производительность по намолоту зерна, минимальные механические потери или дробление зерна, минимальный расход топлива и т. п. Однако большинство ученых рекомендуют использовать при выборе зерноуборочных комбайнов среднюю пропускную способность, которая является в настоящее время основным критерием их классификации. По данному критерию все современные зерноуборочные комбайны разделены на девять классов: I – до 2 кг/с, II – 4–5 кг/с, III – 5–6 кг/с, IV – 6–7 кг/с, V – 7–8 кг/с, VI – 8–9 кг/с, VII – 9–10 кг/с, VIII – 11–12 кг/с, IX – 12–14 кг/с [1].

Известно, что паспортная пропускная способность комбайна – это подача хлебной массы в молотилку комбайна при уровне потерь зерна 1,5 % и нормативной влажности зерна и соломы. В реальных условиях пропускная способность комбайнов отличается от паспортной. Величина отличия реальной пропускной способности комбайна от паспортной зависит от множества факторов, в т. ч. и от условий уборки. При этом по нормативам МСХ РФ возможно недоиспользование паспортной пропускной способности комбайна не более 10 %, а перегрузка молотилки не допускается [2]. В работе П. И. Бурака и др. [3] отмечается, что дискретная классификация зерноуборочных комбайнов является малоприменимой для их сравнения, и предлагается применять непрерывную классификацию. Сущность данной классификации заключается в том, что класс комбайна идентифици-

руется величиной середины классового интервала, относительно которой сохраняется принятый постоянный классовый интервал, равный $\pm 0,5$ кг/с. В соответствии с данной классификацией комбайны с пропускной способностью от 0,0 до 0,99 кг/с относятся к 0-му классу, от 1,0 до 1,99 кг/с – к 1-му классу и т. д. Например, комбайн РСМ-101 «Вектор» с конструктивной пропускной способностью $q_k = 7,7$ кг/с относится к 7-му классу, а Acros 580 с $q_k = 10,5$ кг/с – к 10-му классу.

На первом этапе выбора зерноуборочного комбайна при заданной урожайности зерновых колосовых культур и оптимальных условиях уборки рекомендуем выполнить расчет фактической подачи хлебной массы (q_ϕ , кг/с) в молотилку комбайна на обмолот зерновой культуры.

Для определения фактической подачи хлебной массы на обмолот используется известная зависимость:

$$q_\phi = \frac{B_{\text{ж}} v_p (Y_3 + \lambda Y_c)}{36}, \quad (1)$$

где $B_{\text{ж}}$ – рабочая ширина захвата жатки, м;

v_p – рабочая скорость движения комбайна, км/ч;

Y_3 и Y_c – соответственно урожайность зерна и соломы, т/га;

λ – коэффициент, учитывающий часть соломы, поступающей в молотилку ($\lambda = 0,8 \dots 0,9$).

Зависимость (1) можно преобразовать, если учесть, что соломистость зерновой культуры β – это отношение массы соломы к массе зерна [4]. Следовательно, при расчете соломистости зерновой культуры в случае выбора зерноуборочного комбайна по его пропускной способности необходимо учитывать массу не всей соломы, а только той, которая поступает в молотильное устройство комбайна. Тогда:

$$\beta = \frac{\lambda Y_c}{Y_3}. \quad (2)$$

Для злаковых культур $\beta = 0,6 \dots 2,5$ [5].

С учетом зависимости (2) формулу (1) можно представить в виде:

$$q_{\phi} = \frac{B_{\text{ж}} \nu_{\text{р}} Y_{\text{з}} (1 + \beta)}{36}. \quad (3)$$

В настоящей работе расчет q_{ϕ} показан на примере озимой пшеницы.

Экспериментальные исследования показали, что в реальных условиях уборки зерновых культур показатели, входящие в формулу (3), являются переменными величинами и имеют статистическую природу. При этом в конкретных условиях уборки зерновых культур рабочая ширина захвата жатки меньше конструктивной на 2–5 %, а рабочая скорость движения комбайна имеет отклонение от среднего значения не более ± 5 %. Этот факт позволяет сделать допущение о том, что в расчетах данные показатели можно принимать постоянными ($B_{\text{ж}}$ меньше конструктивной $B_{\text{к}}$ на 2–5 %, а $\nu_{\text{р}}$ равна среднестатистической скорости).

Результаты анализа использования зерноуборочных комбайнов, выпускаемых предприятиями РФ, позволили выявить наиболее часто используемые жатки. Так, на комбайнах Vector 410, Palesse GS 812 и «Енисей 4141» используются жатки с конструктивной шириной захвата 6,0 м, на комбайнах Acros 580, Torum 740 и Palesse GS 12 – с $B_{\text{к}} = 7,0$ м, на комбайнах Tucano 340, John Deere W540, John Deere 9670 STS, John Deere S660 и John Deere W650 – с $B_{\text{к}} = 7,6$ м, а на комбайнах Tucano 450 и Tucano 480 – с $B_{\text{к}} = 9,1$ м.

С учетом вышесказанного принимаем в дальнейших расчетах $B_{\text{ж}} = 5,9; 6,8; 7,4$ и $8,8$ м.

В работе П. И. Бурака и др. [3] отмечено, что для анализа эффективности работы зерноуборочного комбайна принимается средняя скорость движения современных как отечественных, так и зарубежных комбайнов на уборке зерновых культур $\nu_{\text{р}} = 7,2$ км/ч. С увеличением скорости ком-

байна резко ухудшаются показатели качества как жаток при прямом комбайнировании, так и подборщиков [6].

Значения урожайности озимой пшеницы Северодонецкая юбилейная по зерну Y_3 и соломе Y_c определены по результатам уборки указанной культуры в КФХ «Березин Ю. И.» Михайловского района Волгоградской области в 2016–2019 гг. При этом количество проб хлебной массы для исследования ее характеристик с каждого поля составляло не менее 30, что обеспечило высокую достоверность экспериментальных данных.

Результаты и обсуждение. Статистические данные об урожайности озимой пшеницы Северодонецкая юбилейная по зерну Y_3 и соломе Y_c , полученные по результатам уборки данной зерновой культуры в течение четырех уборочных сезонов в одном и том же хозяйстве, позволили определить средние значения Y_3^{cp} и Y_c^{cp} , а также их среднеквадратические отклонения (соответственно σ_3 и σ_c) и коэффициенты вариации (V_3 , V_c). Результаты расчета значений исследуемых характеристик урожайности озимой пшеницы представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика урожайности зерна и соломы озимой пшеницы

Зерно			Солома		
Y_3^{cp} , т/га	σ_3 , т/га	V_3 , %	Y_c^{cp} , т/га	σ_c , т/га	V_c , %
2,06	0,26	12,62	2,80	0,29	10,45
3,41	0,32	9,38	4,59	0,53	11,59
3,98	0,33	8,29	5,27	0,57	10,87
4,62	0,36	7,79	6,25	0,47	7,44

Максимальная и минимальная урожайность соломы и зерна озимой пшеницы с учетом их изменения в процессе уборки определяется по зависимостям:

$$Y_c^{max, min} = Y_c \pm \sigma_c, \quad (4)$$

$$Y_3^{max, min} = Y_3 \pm \sigma_3. \quad (5)$$

Используя данные таблицы 1, по формулам (4) и (5) определили значения $Y_c^{max, min}$ и $Y_3^{max, min}$, которые представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчетов β_{cp} , β_{max} и β_{min}

Солома					Зерно			β_{cp}	β_{max}	β_{min}
y_c^{cp} , т/га	y_c^{max} , т/га	y_c^{min} , т/га	λy_c^{max} , т/га	λy_c^{min} , т/га	y_3^{cp} , т/га	y_3^{max} , т/га	y_3^{min} , т/га			
2,80	3,09	2,32	2,63	1,97	2,06	2,32	1,80	1,16	1,46	0,85
4,59	5,13	3,86	4,36	3,28	3,41	3,73	3,09	1,15	1,41	0,88
5,27	5,84	4,51	4,96	3,84	3,98	4,31	3,65	1,13	1,36	0,89
6,25	6,72	5,62	5,71	4,78	4,62	4,98	4,26	1,15	1,34	0,96

С учетом значения коэффициента λ определены также средняя β_{cp} , максимальная β_{max} и минимальная β_{min} соломистости озимой пшеницы по формулам:

$$\beta_{cp} = \frac{\lambda y_c^{cp}}{y_3^{cp}}, \quad (6)$$

$$\beta_{max} = \frac{\lambda y_c^{max}}{y_3^{min}}, \quad (7)$$

$$\beta_{min} = \frac{\lambda y_c^{min}}{y_3^{max}}. \quad (8)$$

Результаты расчетов соломистости озимой пшеницы по формулам (6)–(8) представлены в таблице 2.

По данным таблицы 2 построены графики изменения максимальной β_{max} и минимальной β_{min} соломистости озимой пшеницы в зависимости от ее урожайности по зерну (рисунок 1).

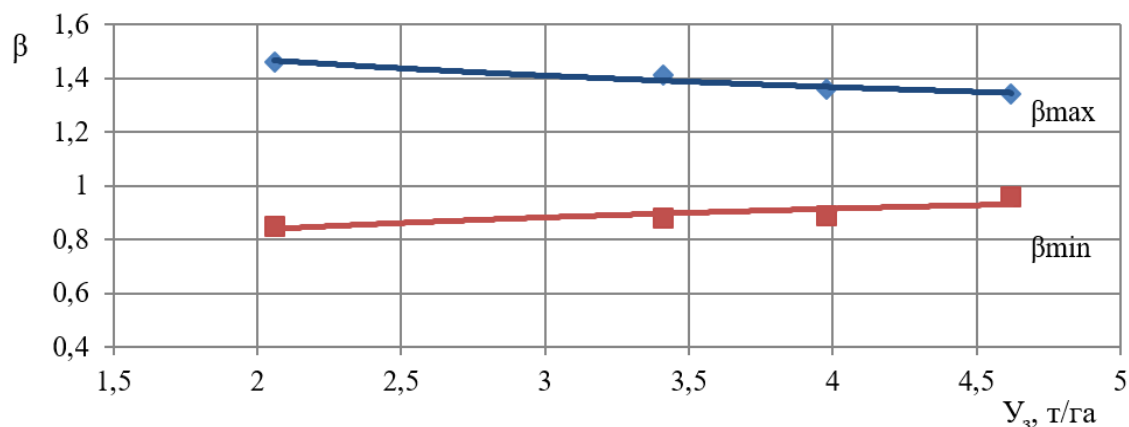


Рисунок 1 – Графики изменения максимальной и минимальной соломистости озимой пшеницы

Полученные результаты показывают, что соломистость озимой пшеницы изменяется от среднего на 20–24 %. При этом следует отметить, что с увеличением U_3 значение β_{\max} приближается к β_{\min} . Значительные колебания соломистости исследуемых зерновых культур существенно снижают равномерность загрузки молотилки, что отрицательно сказывается на качестве работы комбайна [7, 8].

Зерноуборочные комбайны могут убирать зерновые культуры с различной урожайностью [5] при изменяющихся условиях уборки [9] и с различной эффективностью [10]. Но при этом следует учитывать допустимый уровень потерь зерна за молотилкой. Известно, что при превышении подачи над паспортной пропускной способностью комбайна потери зерна будут расти. В связи с этим при выборе зерноуборочного комбайна следует учитывать в первую очередь максимально возможную подачу хлебной массы в молотилку на обмолот. Кроме того, необходимо учитывать также и возможное наличие сорняков на убираемом поле, что будет повышать загрузку молотилки. Однако из-за изменчивости урожайности и соломистости убираемой культуры в течение существенной доли времени смены будет недоиспользование паспортной пропускной способности комбайна. Поэтому необходимо определиться с критерием выбора зерноуборочного комбайна. До настоящего времени в РФ таким критерием являются стандартные механические потери от недомолота и свободного зерна, равные 2 % [11].

Поэтому с учетом выполнения требований к качеству работы зерноуборочного комбайна и возможной засоренности посевов в последующих расчетах будем использовать максимальную соломистость данной зерновой культуры.

По формуле (3) и с учетом представленных выше данных рассчитана подача хлебной массы в молотилку комбайна на обмолот (q_{ϕ} , кг/с) при ра-

бочей скорости комбайна $v_p = 7,2$ км/ч на прямом комбайнировании озимой пшеницы (таблица 3).

Таблица 3 – Расчетные значения подачи хлебной массы в молотилку зерноуборочного комбайна

$B_k, \text{ м}$	β	$Y_3, \text{ т/га}$					
		1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
6,0	0,85	2,18	4,37	6,55	8,73	10,92	13,10
7,0		2,52	5,03	7,55	10,06	12,58	15,10
7,6		2,74	5,48	8,21	10,95	13,69	16,43
9,1		3,26	6,51	9,77	13,02	16,28	19,54
6,0	1,36	2,78	5,57	8,35	11,14	13,92	16,71
7,0		3,21	6,42	9,63	12,84	16,05	19,26
7,6		3,49	6,99	10,48	13,97	17,46	20,96
9,1		4,15	8,31	12,46	16,61	20,77	24,92
6,0	1,50	2,95	5,90	8,85	11,80	14,75	17,70
7,0		3,40	6,85	10,20	13,60	17,00	20,40
7,6		3,70	7,40	11,10	14,80	18,50	22,20
9,1		4,40	8,80	13,20	17,60	22,00	26,40

Результаты расчетов показали, что в зависимости от ширины захвата используемой жатки и урожайности озимой пшеницы фактическая подача хлебной массы в молотилку на обмолот во многом зависит от доли незерновой части растений. При снижении соломистости с нормативной (1,5) до 0,85 подача снижается в 1,35 раза, а при снижении до 1,36 – в 1,06 раза.

Представленные в таблице 3 результаты позволяют определить степень загрузки молотилки:

$$\xi_m = \frac{q_{\Phi}}{q_k}.$$

Однако в настоящей работе степень загрузки молотилки определялась на примере уборки озимой пшеницы, как более урожайной культуры в хозяйствах Волгоградской области, при использовании жаток с конструктивной шириной захвата 6; 7; 7,6 и 9,1 м, при средней скорости движения комбайна и максимальной соломистости убираемой культуры. Результаты расчетов представлены на рисунках 2–5.

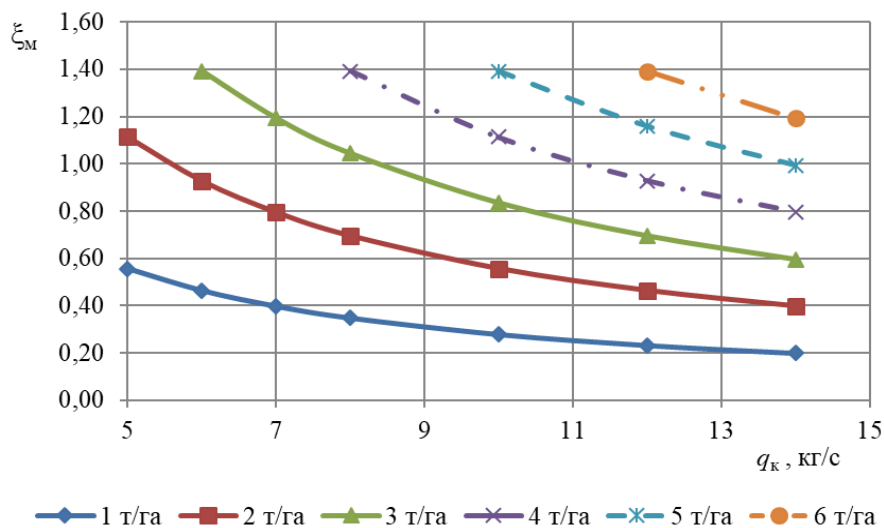


Рисунок 2 – Степень загрузки молотилки зерноуборочного комбайна при конструктивной ширине захвата жатки 6 м

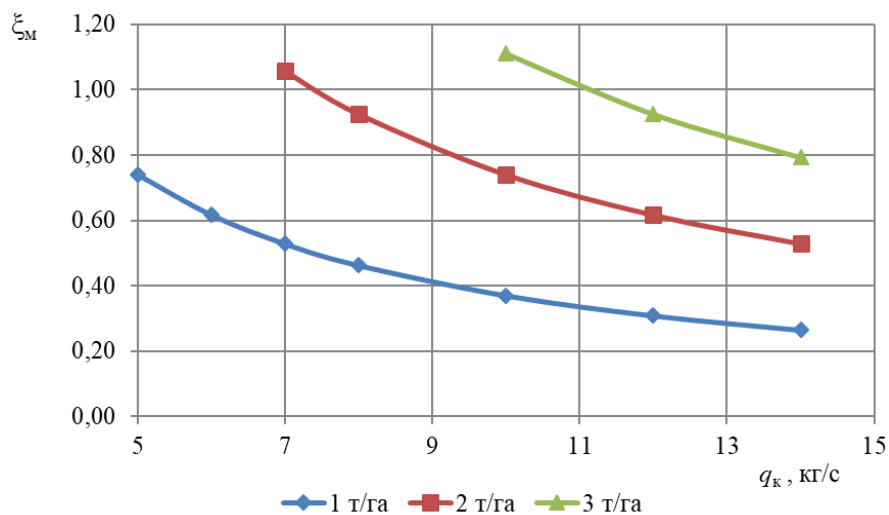


Рисунок 3 – Степень загрузки молотилки зерноуборочного комбайна при конструктивной ширине захвата жатки 7 м

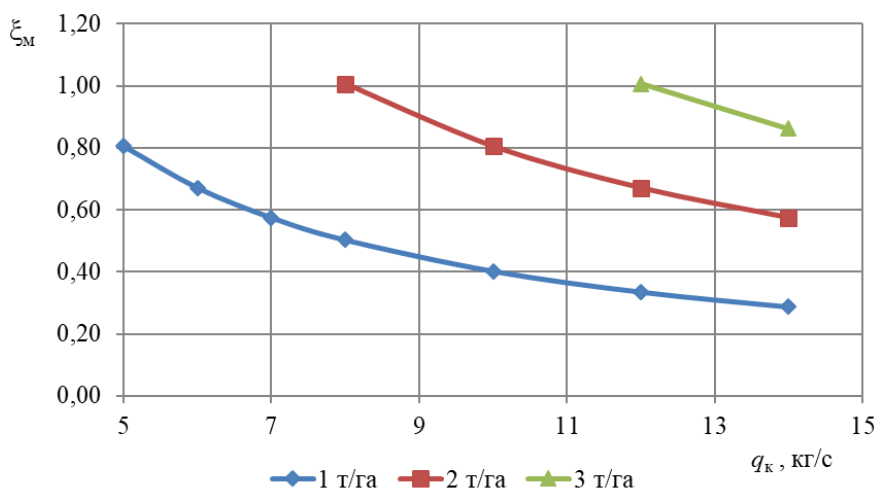


Рисунок 4 – Степень загрузки молотилки зерноуборочного комбайна при конструктивной ширине захвата жатки 7,6 м

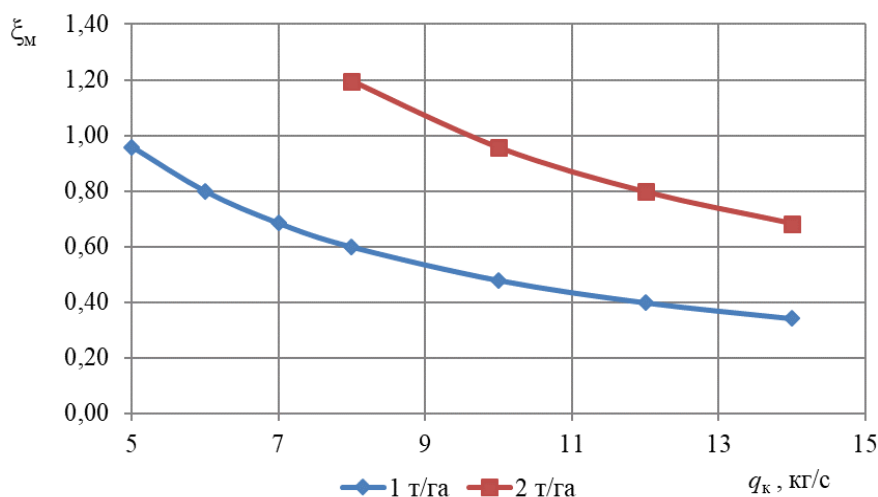


Рисунок 5 – Степень загрузки молотилки зерноуборочного комбайна при конструктивной ширине захвата жатки 9,1 м

Аппроксимация кривых, представленных на рисунках 2–5, позволила получить с высокой точностью (R^2) зависимости степени загрузки молотилки зерноуборочного комбайна от подачи хлебной массы на обмолот при различных значениях конструктивной ширины захвата жатки и урожайности зерновой культуры (таблица 4).

Таблица 4 – Зависимости степени загрузки молотилки зерноуборочного комбайна от подачи хлебной массы

$B_K, \text{м}$	$Y_3, \text{т/га}$	$\xi_M = f(q_K)$	R^2
6,0	1,0	$\xi_M = 0,0043 q_K^2 - 0,1193 q_K + 1,0316$	0,9937
	2,0	$\xi_M = 0,0086 q_K^2 - 0,239 q_K + 2,0669$	0,9937
	3,0	$\xi_M = 0,0101 q_K^2 - 0,2969 q_K + 2,793$	0,9972
	4,0	$\xi_M = 0,0091 q_K^2 - 0,2994 q_K + 3,2021$	0,9996
	5,0	$\xi_M = 0,0083 q_K^2 - 0,2983 q_K + 3,5463$	1,0
	6,0	$\xi_M = -0,0995 q_K + 2,5861$	1,0
7,0	1,0	$\xi_M = 0,0057 q_K^2 - 0,1587 q_K + 1,373$	0,9937
	2,0	$\xi_M = 0,0072 q_K^2 - 0,2246 q_K + 2,2716$	0,9989
	3,0	$\xi_M = -0,0793 q_K + 1,894$	0,9908
7,6	1,0	$\xi_M = 0,0062 q_K^2 - 0,1729 q_K + 1,4954$	0,9937
	2,0	$\xi_M = 0,0066 q_K^2 - 0,2163 q_K + 2,3139$	0,9996
	3,0	$\xi_M = -0,0719 q_K + 1,8695$	1,0
9,1	1,0	$\xi_M = 0,0074 q_K^2 - 0,2055 q_K + 1,7775$	0,9937
	2,0	$\xi_M = 0,0078 q_K^2 - 0,2572 q_K + 2,7508$	0,9996

Данные рисунков 2–5 и зависимости, представленные в таблице 4, позволяют по степени загрузки молотилки, соответствующей диапазону $\xi_M = 0,9 \dots 1,0$, определить конструктивную пропускную способность молотилки, а следовательно, и класс зерноуборочного комбайна. Так, например, при $Y_3 = 1$ т/га и конструктивной ширине жатки $B_k = 6$ м и $B_k = 7$ м следует применять комбайны II класса, при $Y_3 = 3$ т/га и $B_k = 6$ м – комбайны V класса, а при $Y_3 = 5$ т/га и $B_k = 6$ м – комбайны IX класса. Высокопроизводительные комбайны IX класса, оборудованные широкозахватными жатками ($B_k = 9,1$ м), могут эффективно использоваться в рекомендуемом скоростном режиме ($v_p = 7,2$ км/ч) с оптимальной загрузкой молотилки при урожайности 1–2 т/га.

При высокой урожайности зерновых культур и выполнении требований по уровню механических потерь зерна за комбайном не более стандартного (2 %) необходимо даже для высокопроизводительных комбайнов использовать жатки с меньшей шириной захвата или снижать их рабочую скорость. Имеющиеся предложения по оптимизации загрузки молотилки высокопроизводительных зерноуборочных комбайнов на уборке зерновых культур с высокой урожайностью, такие как двойной срез растений [12], использование очесного [13] и инерционно-очесного [14, 15] способов обмолота зерновых культур на корню, не нашли практического применения из-за непригодности молотилки к обмолоту очесанного вороха [16], отсутствия серийно выпускаемых машин, использующих инерционно-очесный способ [15].

Выводы. Таким образом, выбор зерноуборочных комбайнов рекомендуется осуществлять по использованию паспортной пропускной способности молотилки на 90–100 % с учетом урожайности убираемой зерновой культуры и максимально возможной ее соломистости.

Список использованных источников

- 1 Жалнин, Э. В. Методологические аспекты механизации производства зерна в России / Э. В. Жалнин. – М.: Полиграфсервис, 2012. – 367 с.
- 2 Чепурин, Г. Е. Зерноуборочному комбайну – технологический паспорт, полю – операционную карту / Г. Е. Чепурин // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31, № 6. – С. 76–79.
- 3 Сравнительные испытания сельскохозяйственной техники: науч. изд. / П. И. Бурак, В. М. Пронин, В. А. Прокопенко, А. А. Медведев, Т. Б. Микая, С. Н. Киселев, М. Н. Жердев, Г. А. Жидков, В. И. Масловский, В. В. Конюхов, Л. В. Колодин, Ю. М. Добрынин, П. А. Ишкин, В. В. Пронин, В. А. Михайлов, О. М. Беляев, С. А. Комаров, В. Ф. Федоренко. – М.: Росинформагротех, 2013. – 416 с.
- 4 Рекомендации по снижению потерь и механических повреждений зерна при уборке урожая / А. П. Ловчиков, С. М. Коновалов, М. М. Константинов, Л. А. Клаузер, Н. С. Питин. – Челябинск, 2012. – 40 с.
- 5 Машков, С. В. Методика расчета оптимального комбайнового парка предприятия / С. В. Машков, В. А. Прокопенко // Никоновские чтения – 2016: материалы XXI науч.-практ. конф. «Научно-технологическое развитие АПК: проблемы и перспективы», 18–19 окт. 2016 г. – М.: ВИАПИ им. А. А. Никонова, 2016. – № 21. – С. 179–182.
- 6 Ломакин, С. Г. Формирование парка зерноуборочных комбайнов с учетом условий уборки / С. Г. Ломакин, В. Е. Бердышев // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». – 2016. – № 5(75). – С. 7–12.
- 7 Антибас, И. Р. Влияние секундной подачи на процесс обмолота тангенциально-аксиальным молотильно-сепарирующим устройством / И. Р. Антибас, Т. П. Савостина // Научное обозрение. – 2017. – № 3. – С. 47–51.
- 8 Антибас, И. Р. Обеспечение равномерности подачи зерновой массы на обмолот / И. Р. Антибас, Т. П. Савостина // Инновационные технологии в науке и образовании: сб. тр. VI Междунар. науч.-практ. конф. – Ростов н/Д., 2018. – С. 125–128. – DOI: 10.23947/itno.2018.1.125-128.
- 9 Variation of technology productivity of harvesting outfit along with site conditions / J. Qiao, Z. Nan, K. Hong, Y. Hao, X. Zhang // Nongye Gongcheng Xuebao / Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. – 2016. – № 32(7). – P. 43–50.
- 10 Assessment of the harvesting costs of different combine harvester fleets / J. Olt, K. Küüt, R. Ilves, A. Küüt // Research in Agricultural Engineering. – 2019. – № 65(1). – P. 25–32. – DOI: <https://doi.org/10.17221/98/2017-RAE>.
- 11 Жалнин, Э. В. Обобщенная оценка эффективности комбайнового парка хозяйств / Э. В. Жалнин, В. С. Пьянов // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2012. – № 4. – С. 43–45.
- 12 Ловчиков, А. П. Теоретический аспект технологического процесса прямого комбайнирования зерновых культур с двойным срезом стеблей / А. П. Ловчиков, В. П. Ловчиков, Ш. С. Иксанов // Известия ОГАУ. – 2015. – № 3(53). – С. 92–95.
- 13 Жатка для очеса сельскохозяйственных культур на корню / М. В. Канделя, П. А. Шилько, А. Н. Панасюк, А. В. Липкань, В. М. Ширяев // Техника и оборудование для села. – 2016. – № 7. – С. 10–12.
- 14 Бышов, Н. В. Машина для уборки зерновых культур / Н. В. Бышов, А. И. Ряднов, О. А. Федорова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 1(49). – С. 220–227.
- 15 Improvements in broom corn harvesting process / A. I. Ryadnov, V. F. Fedorenko, O. A. Fedorova, N. P. Mishurov, S. A. Davydova // Engineering Technologies and Systems. – 2019. – Vol. 29, № 4. – P. 635–651.

16 Ожерельев, В. Н. Адаптация зерноуборочного комбайна к работе с очесанным зерновым ворохом / В. Н. Ожерельев, В. В. Никитин, В. Д. Игнатов // Техника в сельском хозяйстве. – 2013. – № 6. – С. 5–7.

References

1 Zhalnin E.V., 2012. *Metodologicheskie aspekty mekhanizatsii proizvodstva zerna v Rossii* [Methodological Aspects of Mechanization of Grain Production in Russia]. Moscow, Polygraphservice Publ., 367 p. (In Russian).

2 Chepurin G.E., 2017. *Zernouborochnomu kombaynu – tekhnologicheskiiy pasport, polyu – operatsionnyuyu kartu* [A technological certificate to the combine harvester, an operating card – to the field]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of Agro-industrial Complex], vol. 31, no. 6, pp. 76-79. (In Russian).

3 Burak P.I., Pronin V.M., Prokopenko V.A., Medvedev A.A., Mikaya T.B., Kiselev S.N., Zherdev M.N., Zhidkov G.A., Maslovsky V.I., Konyukhov V.V., Kolodin L.V., Dobrynin Yu.M., Ishkin P.A., Pronin V.V., Mikhailov V.A., Belyaev O.M., Komarov S.A., Fedorenko V.F., 2013. *Sravnitel'nye ispytaniya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki: nauch. izd.* [Comparative Tests of Agricultural Machinery: scientific ed.]. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 416 p. (In Russian).

4 Lovchikov A.P., Konovalov S.M., Konstantinov M.M., Clauser L.A., Pitin N.S., 2012. *Rekomendatsii po snizheniyu poter' i mekhanicheskikh povrezhdeniy zerna pri uborke urozhaya* [Recommendations for Reducing Losses and Mechanical Damage to Grain During Harvest]. Chelyabinsk, 40 p. (In Russian).

5 Mashkov S.V., Prokopenko V.A., 2016. *Metodika rascheta optimal'nogo kombaynovogo parka predpriyatiya* [Methodology for calculating the optimal combine fleet of an enterprise]. *Nikonovskie chteniya – 2016: materialy XXI nauchno-prakticheskoy konferentsii “Nauchno-tekhnologicheskoe razvitie APK: problemy i perspektivy”* [Nikonovskiy Readings – 2016. Proc. the XXI scientific and practical conference “Scientific and Technological Development of the Agro-Industrial Complex: Problems and Prospects”]. Moscow, All-Russian Institute of Agricultural Problems and Informatics named after Nikonov A.A., no. 21, pp. 179-182. (In Russian).

6 Lomakin S.G., Berdyshev V.E., 2016. *Formirovanie parka zernouborochnykh kombaynov s uchetom usloviy uborki* [Formation of a combine harvester fleet taking into account harvesting conditions]. *Vestnik federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya “Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet imeni V. P. Goryachkina”* [Bull. of Moscow State Agroengineering University named after V. P. Goryachkin], no. 5(75), pp. 7-12. (In Russian).

7 Antibas I.R., Savostina T.P., 2017. *Vliyanie sekundnoy podachi na protsess obmolo-ta tangentsial'no-aksial'nym molotil'no-separiruyushchim ustroystvom* [Influence of the second feed on the threshing process with a tangential-axial breaking unit]. *Nauchnoe obozrenie* [Science Review], no. 3, pp. 47-51. (In Russian).

8 Antibas I.R., Savostina T.P., 2018. *Obespechenie ravnomernosti podachi zernovoy massy na obmolot* [Ensure the uniformity of feeding of grain mass to the threshing]. *Innovatsionnye tekhnologii v nauke i obrazovanii: sb. tr. VI Mezhdunar. nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Innovative Technologies in Science and Education: Proc. VI International Scientific and Practical Conference]. Rostov-on-Don, pp. 125-128, DOI: 10.23947/itno.2018.1.125-128. (In Russian).

9 Qiao J., Han Z., Hong K., Hao Y., Zhang X., 2016. Variation of technology productivity of harvesting outfit along with site conditions. *Nongye Gongcheng Xuebao*. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, no. 32(7), pp. 43-50.

10 Olt J., Küüt K., Ilves R., Küüt A., 2019. Assessment of the harvesting costs of different combine harvester fleets. *Research in Agricultural Engineering*, no. 65(1), pp. 25-32, DOI: <https://doi.org/10.17221/98/2017-RAE>.

11 Zhalnin E.V., P'yanov V.S., 2012. *Obobshchennaya otsenka effektivnosti kombaynovogo parka khozyaystv* [Generalized assessment of the efficiency of the combine fleet of farms]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii* [Agricultural Machines and Technologies], no. 4, pp. 43-45. (In Russian).

12 Lovchikov A.P., Lovchikov V.P., Iksanov Sh.S., 2015. *Teoreticheskiy aspekt tekhnologicheskogo protsessa pryamogo kombaynirovaniya zernovykh kul'tur s dvoynym srezom stebley* [Theoretical aspect of the technological process of direct harvesting of grain crops with a double stem cut]. *Izvestiya OGAU* [News of Orenburg State Agrarian University], no. 3(53), pp. 92-95. (In Russian).

13 Kandelya M.V., Shil'ko P.A., Panasyuk A.N., Lipkan' A.V., Shiryayev V.M., 2016. *Zhatka dlya ochesa sel'skokhozyaystvennykh kul'tur na kornyu* [Reaping machine for harvesting standing crops]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela* [Technique and Equipment for the Village], no. 7, pp. 10-12. (In Russian).

14 Byshov N.V., Ryadnov A.I., Fedorova O.A., 2018. *Mashina dlya uborki zernovykh kul'tur* [A machine for harvesting grain crops]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Bull. of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education], no. 1(49), pp. 220-227. (In Russian).

15 Ryadnov A.I., Fedorenko V.F., Fedorova O.A., Mishurov N.P., Davydova S.A., 2019. Improvements in broom corn harvesting process. *Engineering Technologies and Systems*, vol. 29, no. 4, pp. 635-651.

16 Ozherel'yev V.N., Nikitin V.V., Ignatov V.D., 2013. *Adaptatsiya zernouborochnogo kombayna k rabote s ochesannym zernovym vorokhom* [Adaptation of the combine harvester to work with stripped grain heap]. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve* [Machines in Agriculture], no. 6, pp. 5-7. (In Russian).

Ряднов Алексей Иванович

Ученая степень: доктор сельскохозяйственных наук

Ученое звание: профессор

Должность: профессор

Место работы: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет»

Адрес организации: Университетский пр-т, 26, г. Волгоград, Российская Федерация, 400002

E-mail: alex.rjadnov@mail.ru

Ryadnov Aleksey Ivanovich

Degree: Doctor of Agricultural Sciences

Title: Professor

Position: Professor

Affiliation: Volgograd State Agricultural University

Affiliation address: Universitetsky ave., 26, Volgograd, Russian Federation, 400002

E-mail: alex.rjadnov@mail.ru

Федорова Ольга Алексеевна

Ученая степень: доктор технических наук

Ученое звание: доцент

Должность: профессор

Место работы: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет»

Адрес организации: Университетский пр-т, д. 26, г. Волгоград, Российская Федерация, 400002

E-mail: foa_77@mail.ru

Fedorova Olga Alekseyevna

Degree: Doctor of Technical Sciences

Title: Associate Professor

Position: Professor

Affiliation: Volgograd State Agricultural University

Affiliation address: Universitetsky ave., 26, Volgograd, Russian Federation, 400002

E-mail: foa_77@mail.ru

Поддубный Олег Игоревич

Должность: аспирант

Место работы: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет»

Адрес организации: Университетский пр-т, д. 26, г. Волгоград, Российская Федерация, 400002

E-mail: olegan.93@mail.ru

Poddubnyy Oleg Igorevich

Position: Graduate Student

Affiliation: Volgograd State Agricultural University

Affiliation address: Universitetsky ave., 26, Volgograd, Russian Federation, 400002

E-mail: olegan.93@mail.ru