DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-9

УДК: 631.354.2 (083.131)

ТЕНДЕНЦИИ И ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ КЛАССИФИКАЦИИ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Чепурин Г.Е.

*Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия*

Для цитирования: Чепурин Г.Е. Тенденции и целесообразность классификации зерноуборочных комбайнов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49, № 4. С. 76–85. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-9

For citation: Chepurin G.E. Tendentsii i tselesoobraznost' klassifikatsii zernouborochnykh kombainov [Trends and expediency of classification of combine harvesters]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 4, pp. 76–85. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-9

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Представлены результаты анализа применяемых систем классификации зерноуборочных комбайнов в бывшем СССР, Российской Федерации и в странах СНГ, а также в США и Аргентине. Показана целесообразность применения систем в зависимости от цели при разработке комбайнов, рекламе, организации их производства и эксплуатации в различных природно-климатических, производственных условиях. Классификация по конструктивным, энергетическим параметрам необходима при разработке новых комбайнов. Однако она не раскрывает потенциальные функциональные возможности комбайнов и эффективность их работы в конкретных зональных условиях при значительных колебаниях урожайности, влажности, соломистости и иных физико-механических свойств убираемых культур. В РФ и в странах СНГ зерноуборочные комбайны классифицируют по паспортной способности. Она характеризуется величиной фактической подачи хлебной массы в килограммах в секунду в молотилку комбайна при потерях зерна 1,5% на обмолоте зерновых прямым способом

TRENDS AND EXPEDIENCY OF CLASSIFICATION OF COMBINE HARVESTERS

Chepurin G.E.

*Siberian Federal Scientific Centre
of AgroBioTechnologies
of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia*

The work presents the results of the analysis of combine harvesters' classification systems applied in the former USSR, the Russian Federation and the CIS countries, as well as in the USA and Argentina. The expediency of their application is shown depending on the purpose of combines, advertising, organizing their production and operation in various climatic and industrial conditions. Classification by structural and energy parameters is necessary when developing new combines. However, it does not reveal the potential functionality of combines and the efficiency of their work in specific zonal conditions with significant fluctuations in yield, moisture, straw content and other physical and mechanical properties of harvested crops. In Russia and the CIS countries, combine harvesters are classified according to their nominal throughput specified in the passport. It is characterized by the value of the actual supply of grain bulk in kilograms per second to the combine thresher with a grain loss of 1.5% whereby grain is threshed in the direct way with standard yield and specified moisture and straw content. Previously, the standard in the USSR

с нормативной урожайностью, нормированной влажностью и соломистостью. Ранее стандартом в СССР предусматривалось проводить испытания на участках с урожайностью не менее 4 т/га. В некоторых зонах из-за низкой урожайности зерновых не представлялось возможности индизировать условия сравнительных испытаний. Стандартами РФ предусмотрено проводить сравнительные испытания комбайнов при обмолоте зерновых с урожайностью, характерной для зоны. Это также противоречит принципам идентичности условий сравнительных испытаний. Для разрешения этой актуальной научной проблемы нужны разработки альтернативных, менее трудоемких способов сравнительных испытаний комбайнов при определении их паспортной способности, рекомендуемой Министерством сельского хозяйства РФ. При этом необходимо допускать недоиспользование паспортной способности комбайна не более 10%. Перегрузка молотилки не допускается, поскольку приводит к значительным потерям зерна при обмолоте.

Ключевые слова: технология уборки, паспортная пропускная способность, система классификации зерноуборочных комбайнов

Необходимость классификации зерноуборочных комбайнов определяется целями, которые возникают на различных этапах организации производства и эксплуатации комбайнов, а также рекламы их привлекательности и целесообразности использования в различных природно-климатических и производственных условиях. Единой системы классификации зерноуборочных комбайнов в мировом комбайнировании нет. Например, в США отсутствует единый стандарт распределения их по классам¹. До 1978 г. в США комбайны подразделялись на пять классов по производительности, мощности двигателя и ширине молотилки. С 2004 г. в США используются системой классификации только по мощности двигателя зерноуборочного комбайна [1]. Аналогичная система классифика-

stipulated that testing should be carried out in areas with the yield of at least 4 t/ha. In some areas, due to a low grain yield, it was not possible to indicate the conditions of comparative tests. The standards of the Russian Federation provide for comparative testing of combines during grain threshing with a yield characteristic of the zone. This contradicts the principles of the identity of comparative test conditions. To solve this urgent scientific problem, it is necessary to develop alternative, less labor-intensive methods for comparative testing of combines in determining their nominal throughput recommended by the Ministry of Agriculture of the Russian Federation. At the same time, it is necessary to allow underutilization of the nominal throughput of the harvester of no more than 10%. Overloading the thresher is not allowed, since it leads to significant grain losses during threshing.

Keywords: harvesting technology, nominal throughput, classification system of combine harvesters

ции зерноуборочных комбайнов по мощности двигателя принята в Аргентине.

Разработчиками системы классификации комбайнов отмечается, что при отнесении комбайна к определенному классу могут учитываться и другие факторы: объем бункера, вид привода ходовой части комбайна (механической или гидростатической) [1].

В СССР применяли, как и в настоящее время в РФ и в странах СНГ, классификацию комбайнов по номинальной (паспортной) пропускной способности. В соответствии с источниками² [2] машиноиспытательные станции (МИС) проводят испытания комбайнов при обмолоте зерновых культур на участке с прямым стеблестоем, влажностью зерна 10–18%, незерновой частью 10–20% и отношением зерна к соломе 1 : 1,5, уклоном

¹Повышение технического уровня зерноуборочных комбайнов (анализ конструкции зарубежных зерноуборочных комбайнов): обзорная информация / Ю.Н. Ярмашев и др. М.: ЦНИИТЭЦ тракторсельхозмаш, 1981. 54 с.

²Гольяпин В.Я. Анализ пропускной способности зерноуборочных комбайнов и основных показателей, определяющих ее величину: аналитическая справка (обзор). М.: Росинформагротех, 2002. 22 с.

поля не более 2%. По результатам испытаний строят график изменений, общих потерь зерна за молотилкой комбайна от фактической подачи хлебной массы. За паспортную (номинальную) принимают пропускную способность в килограммах в секунду, соответствующую потерям зерна за молотилкой комбайна 1,5%. По данной величине устанавливают класс зерноуборочного комбайна.

На этапе проектирования комбайнов их пропускную способность рассчитывают, используя выражения, учитывающие конструктивные параметры рабочих органов комбайна, мощность двигателя, ширину молотилки, удельную мощность на единицу пропускной способности, объем бункера и другие факторы [2–6]. Предлагаемая классификация по конструктивным параметрам представляется достаточно простой и удобной. Однако она не характеризует потенциальные функциональные возможности комбайнов и эффективность их работы в производственных условиях эксплуатации.

Многие зарубежные фирмы в рекламных целях (согласно стандарту ASAE американского общества сельскохозяйственных инженеров) указывают за единицу актива зерноуборочных комбайнов любого класса на молот зерна за один час их полезной работы. При этом исходная емкость актива нормирована на уровне 3000 ч чистой работы. За это время комбайн должен полностью перенести свою стоимость на стоимость продукции. В России идеология стандартов ASAE реализована в методике часовых эксплуатационных затрат, предложенной специалистами Поволжской МИС [7]. Однако такой подход имеет существенный недостаток, поскольку не учитывает рациональную степень загрузки молотилки комбайна при обмолоте зерновых культур.

Основными факторами, определяющими фактическую производительность комбайна, являются урожайность зерна и соломы; состояние урожая зерновых культур

по влажности, засоренности, полеглости и другое; скорость движения комбайна; ширина захвата хедеров или валковых жаток; размеры полей, их рельеф и конфигурация; квалификация механизаторских кадров; организация уборочных работ; рациональное сочетание раздельной и прямой уборки зерновых, наличие необходимого шлейфа хедеров и валковых жаток в хозяйствах.

Степень загрузки молотилки комбайна определяется как отношение фактической подачи хлебной массы (q_{ϕ}), поступающей в молотилку комбайна, к его паспортной способности (q_0). В соответствии с «Системой критериев качества и эффективности сельскохозяйственной техники»³, изданной Министерством сельского хозяйства РФ, допускается недоиспользование паспортной способности комбайна не более 10%. Перегрузка молотилки комбайна не допускается, так как приводит к значительным потерям зерна.

В настоящее время на рынок РФ поступают отечественные и зарубежные комбайны пропускной способностью от 3 до 14 кг/с, поэтому при обосновании класса комбайна по пропускной способности для конкретных условий необходимо учитывать:

- фактическую реализуемость паспортных данных в реальных условиях эксплуатации;
- соответствие класса комбайна требованиям сельхозтоваропроизводителей с учетом зональных особенностей;
- наличие гарантированной эффективности применения;
- конкурентоспособность нового комбайна в сравнении с аналогами, т.е. по критериям «цена – производительность», «цена – качество», «цена – стоимость техсервиса», которые должны обеспечивать прибыль сельхозтоваропроизводителю.

Характерная особенность уборки зерновых в Сибири – значительные колебания урожайности не только по природно-клима-

³Система критериев качества, надежности, экономической эффективности сельскохозяйственной техники. М.: Росинформагротех, 2010.

тическим зонам, регионам, административным районам, предприятиям, но и по полям в пределах хозяйств. В результате анализа динамики урожайности зерновых культур в основных зернопроизводящих регионах Сибирского федерального округа (СФО) установлено, что средняя урожайность зерновых культур находится в пределах 12–25 ц/га, наименьшая – в Алтайском крае, наибольшая – в Красноярском. Средняя урожайность по годам в регионах варьирует в пределах 13–25% [8].

Практически в каждом регионе есть районы, где средняя урожайность зерновых составляет 30–40 ц/га. Например, в Красноярском крае (Назаровский, Ужурский районы) она находилась в пределах 35–41 ц/га; в Новосибирской области в Ордынском районе – от 21 до 33 ц/га, в ЗАО «Верх-Ирмень» – 35–60 ц/га. При таких различиях в урожайности по регионам и районам, отдельным хозяйствам необходимо обеспечить условия для реализации потенциальных возможностей комбайна, т.е. паспортной пропускной способности, за счет соответствующего шлейфа хедеров или валковых жаток, имеющих соответствующую ширину захвата, а также допустимой скорости движения комбайна.

Основными показателями, интересующими потребителя, являются производительность и пропускная способность зерноуборочных комбайнов при регламентированном уровне потерь (обычно 1,5% за молотилкой комбайна при отношении массы зерна к массе соломы 1 : 1,5). Используя эти показатели, рассчитывают число необходимых комбайнов, продолжительность и экономическую эффективность уборки. Пропускная способность комбайнов определяется при испытаниях на машиноиспытательных станциях.

Однако, как было показано выше, соблюдение идентичности условий при испытаниях комбайнов, предусматриваемых стандартами в СССР, требует значительных затрат, а стандартами РФ рекомендуется проводить сравнительные испытания комбайнов на обмолоте зерновых с урожайностью, характерной для зоны, что также противоречит

принципу идентичности сравнительных испытаний. Например, в СССР стандартом 28301–89 предусматривалось проводить испытания комбайна на участке поля с прямым стоящим хлебостоем и урожайностью зерна свыше 4 т/га. Обеспечить аналогичные условия по отдельным природно-климатическим зонам практически невозможно, прежде всего, по урожайности зерна. Ширина допускаемого диапазона соломистости в хлебной массе в долевого отношении от 0,7 до 1,5 при испытании комбайнов заранее предусматривает неоднозначные результаты определения паспортной пропускной способности комбайнов, так как это противоречит физическому смыслу процесса обмолота и сепарации молотилки комбайна. Чем меньше соломистость, тем больше пропускная способность комбайна, так как процесс выделения зерна в молотилке комбайна включает две стадии: просев через ворох на соломотрясе, просеивание через отверстия решет очистки и соломотряса [9–12]. Эффективность его определяется структурой пространственной решетки вороха и разрыхленностью слоя на решетках и соломотрясе. В связи с этим фактическая паспортная пропускная способность (q'_0) существенно зависит от доли незерновой части в составе обмолачиваемой хлебной массы (λ_c) и определяется по формуле

$$q'_0 = \frac{q_0(1 + \lambda)}{1 + \lambda_c},$$

где q_0 – паспортная пропускная способность комбайна (кг/с) при отношении массы зерна (λ_z) к нормированной массе незерновой части (λ_c) в долях единицы 1 : 1,5 (λ_c), λ – фактическое отношение массы зерна к массе незерновой части в долях единицы.

На рисунке показаны закономерности изменения паспортной пропускной способности комбайнов класса от 5 до 12 кг/с. Допустимый уровень потерь за молотилкой комбайна 1,5% в зависимости от содержания незерновой части в составе обмолачиваемой хлебной массы в долях единицы от 2,3 до 0,7.

Изменение фактической пропускной способности комбайнов от содержания незерновой части в хлебной массе

Change in the actual throughput of combines due to the non-grain part content in the grain bulk

Расчеты показывают (см. табл. 1), что пропускная способность комбайнов любого класса классической схемы при изменении содержания соломы от 1,5 до 0,7 возрастает в 1,45 раза. При увеличении соломистости от нормативной до 2,3 пропускная способность уменьшается в 1,16 раза.

Выявленные закономерности изменения фактической пропускной способности комбайна от долевого содержания соломы в хлебной массы позволяют проводить испытания при обмолоте зерновых любой урожайности с четко фиксируемым долевым содержанием соломы и влажностью зерна и соломы, предусмотренными стандартами. На основании полученной фактической пропускной способности (q'_0) при фиксированной соломистости (λ_c) по формуле рассчиты-

вается нормированная пропускная способность, соответствующая соотношению зерна к соломе 1 : 1,5, по которой определяется класс зерна комбайна.

Необходимо проведение тщательной экспериментальной проверки на МИС в различных природно-климатических зонах России при испытании отечественных и зарубежных комбайнов с высокой пропускной способностью на обмолоте зерновых культур при различной урожайности. Особенно необходима такая проверка комбайнов при обмолоте зерновых культур малой и средней урожайности, при которых не обеспечивается номинальная загрузка молотилки комбайнов из-за ограничения допустимой скорости движения и ширины захвата хедеров. Испытания следует проводить в фазе полной спе-

Табл. 1. Изменение пропускной способности комбайнов в зависимости от содержания незерновой части в обмолачиваемой хлебной массе**Table 1.** Change in the throughput of combines due to the non-grain part content in the grain bulk

q'_0	Содержание незерновой части, доли ед.								
	2,3	2,1	1,9	1,7	1,5	1,3	1,1	0,9	0,7
5	4,3	4,4	4,6	4,8	5	5,3	5,7	6,3	7,3
6	5,2	5,3	5,5	5,7	6	6,4	6,9	7,6	8,7
7	6,0	6,2	6,4	6,7	7	7,4	8,0	8,9	10,0
8	6,9	7,1	7,3	7,6	8	8,5	9,1	10,1	11,6
9	7,7	8,0	8,2	8,6	9	9,5	10,3	11,4	13,1
10	8,6	8,8	9,1	9,5	10	10,6	11,4	12,7	14,6
11	9,5	9,7	10,1	10,3	11	11,7	12,6	13,9	16,0
12	10,3	10,6	11,0	11,4	12	12,7	13,7	15,2	17,5

лости зерна, но не позднее 7 дней после ее наступления.

При положительных результатах проверки предлагаемого способа определения номинальной пропускной способности следует внести изменения в ГОСТ 28301–2015, в котором предусматривается проводить испытания в характерных для зоны условиях по урожайности, влажности, отношении зерна к соломе. В этом ГОСТе условия испытаний комбайнов взяты из «Стандарта отрасли, машины зерноуборочные», введенном в 2000 г. По данным условиям на МИС проводили сравнительные испытания зерноуборочных комбайнов, результаты которых опубликованы в источнике [13]. Формально претензий к результатам данных испытаний нет, поскольку они проведены в соответствии с действующим отраслевым стандартом России (см. табл. 2). Производительность и себестоимость рассчитаны для расчетной рабочей скорости 7,2 км/ч. Сравнивать показатели работы комбайнов, полученных при обмолоте зерновых в разных условиях, в данном случае нет оснований, тем более, что в каждой зоне фактическая загрузка комбайнов от паспортной изменяется от 25 до 51%. Это противоречит рекомендациям МСХ РФ (см. сноску 3), которыми допускается снижение загрузки от паспортной не более 10%. Кроме того, эксплуатационные затраты не учитывают дефицит трудовых

ресурсов при определении себестоимости при обмолоте зерновых на площади с равной урожайностью.

В СибИМЭ разработаны алгоритм и методика для определения фактической себестоимости зерна при обмолоте зерновых с конкретной площади, позволяющие при расчете себестоимости учитывать потребность в трудовых ресурсах и комбайнах [14].

Некоторые весьма компетентные исследователи [1] считают, что испытания по оценке пропускной способности комбайнов требуют значительных затрат, поэтому проводить классификацию нецелесообразно. Считаем такое мнение неприемлемым, так как паспортная пропускная способность комбайна – наиболее важный функциональный показатель, характеризующий эффективность проведения уборки зерновых культур. В связи с этим необходимо решить крайне актуальную научную задачу по совершенствованию способа испытания зерноуборочных комбайнов для их классификации по величине паспортной пропускной способности. Некоторые возможные предпосылки для разработки менее трудозатратной технологии определения паспортной пропускной способности комбайна изложены частично в данной статье.

Возможно, что в зонах, где высокая урожайность зерновых, оправдано рассчитывать пропускную способность по конструктивным или иным параметрам. Однако учиты-

Табл. 2. Экономическая характеристика комбайнов на обмолоте зерновых прямым способом [16]
Table 2. Economic characteristics of combines when threshing grain in the direct way [16]

Показатель	JDW540	New Holland CX 6090	JDW 650	Агроماش-Енисей КЗС 4141 С	Vektor 410	КЗС-812 GS-812	PCM-142 «AGROS-580»	JD 9670	JDS 660	КЗС-1218 Полевые GS-12
Пропускная способность, q_p , кг/с	9,8	12,6	12,1	8,42	7,7	7,8 (7,7)	10,5	10,12	11,22	12,8
Расход топлива, кг/ч	40,3	47,3	50,5	39,8	33,1	33,1	47,0	48,2	50,5	52,2
Ширина захвата, м	7,6; 9,1	7,3; 9,15	7,62; 9,15	7; 9	7; 9	6; 7; 9	7; 9	7,62; 9,15	7,6; 9,15	8; 9
Расчетная рабочая скорость, км/ч	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2
Регион испытаний	Омская	Омская	Омская	Омская	Самарская	Самарская	Курская	Курская	Курская	Курская
Урожайность, ц/га	14,2	14,2	24,0	15,5	16,0	16,0	30	30	30	30
Цена комбайна, тыс. р.	7428	8448	8739	3875	3788	3557	4898	10920	11476	4596
Фактическая подача, $q_{ф}$, кг/с*	2,5	2,5	4,3	2,1	2,15	2,15	5,2	5,2	5,5	5,2
Коэффициент загрузки комбайнов, η_3^*	0,25	0,2	0,35,	0,25	0,28	0,28	0,49	0,51	0,49	0,4
Эксплуатационная производительность:										
га/ч	3,84	3,69	3,84	3,02	3,02	3,02	3,53	3,84	3,84	3,53
т/ч	9,9	12,7	12,2	8,47	7,8	7,9	10,6	10,2	11,3	12,9
Себестоимость уборки:										
р./га;	1477,6	1754,9	1753,7	1086	1022	968	1143	2007	2117	1113
р./т	573,1	509,9	552	387	396	370	381	756	720	305
Урожайность зерновых для паспортной загрузки комбайна при скорости 7,2 км/ч, ц/га*	57	73	70	49	44,6	45	61	58,5	65	74

*Показатели, полученные СибИМЭ.

вая различную урожайность по отдельным зонам России (особенно в Сибирском регионе), для рационального использования потенциальных условий работы комбайна необходимо определить не только его паспортную пропускную способность, но и каким образом она может изменяться от условий уборки. В связи с этим для каждого комбайна должен быть разработан технологический паспорт, который позволит применительно к конкретному полю с учетом урожайности и других производственных усилий разработать операционную карту. Результаты исследования по указанному вопросу опубликованы в периодических журналах России [13, 15, 16].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Представленный материал характеризует применяемые системы классификации зерноуборочных комбайнов в СССР, РФ и в странах СНГ, США и Аргентине. Показана целесообразность их применения при разработке комбайнов, рекламы и эксплуатации, организации их производства в различных природно-климатических и производственных условиях.

2. Данная классификация комбайнов по конструктивным параметрам не характеризует потенциальные возможности комбайнов, а также эффективность их работы в конкретных условиях при значительных колебаниях урожайности зерновых культур не только по природно-климатическим зонам, регионам, административным районам, предприятиям, но и на полях в пределах хозяйств.

3. В СССР, затем в РФ и в странах СНГ зерноуборочные комбайны классифицируются по паспортной пропускной способности. В соответствии с действующими стандартами по результатам испытаний комбайнов на МИС за паспортную пропускную способность принимали фактическую подачу хлебной массы в молотилку комбайна (кг/с), соответствующую потерям зерна 1,5% при обмолоте зерновых прямым способом на участках с определенной уро-

жайностью зерновых культур, влажностью зерна, соломы. Обеспечить одинаковые условия испытаний комбайнов, проводимые в разных зонах, практически невозможно, поскольку в реальных условиях отдельных зональных МИС урожайность зерновых значительно ниже предусмотренной стандартами. В связи с этим новыми стандартами в РФ предусматривается проводить испытания в характерных для зон условиях по урожайности, влажности, отношении массы зерна к соломе, что противоречит принципам идентичности условий при сравнительных испытаниях комбайнов. На основании полученных результатов исследований предлагается совместно с испытателями МИС разработать альтернативный, менее трудозатратный способ определения паспортной пропускной способности комбайна.

4. Актуальность выполнения исследований по обоснованию альтернативного, менее трудоемкого способа определения паспортной пропускной способности подтверждается «Системой критериев качества и эффективности сельскохозяйственной техники», изданной МСХ РФ, которой допускается недоиспользование паспортной способности комбайна не более 10%; перегрузка молотилки не допускается, поскольку приводит к значительным потерям зерна.

5. При выборе наиболее эффективного комбайна, особенно в зонах с большей неравномерностью по урожайности, необходимо знать не только его паспортную способность, но и изменение ее в зависимости от условий уборки. В связи с этим для каждого комбайна должен быть разработан технологический паспорт, на основании которого применительно к условиям уборки на конкретном поле разрабатываются операционные карты, обеспечивающие возможность наиболее эффективного использования комбайнов на уборке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клочков А.В., Дюжеев А.А., Гусаров В.В. Зерноуборочные комбайны: этапы совершенствования, современное состояние, перспективы развития. Горки: БГСА, 2012. 109 с.

2. Жалнин Э.В. Расчет основных параметров зерноуборочных комбайнов. М.: ВИМ, 2001. 106 с.
3. Жалнин Э.В., Баранов А.А., Сулейманов М. Среднестатистическая пропускная способность зерноуборочных комбайнов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1997. № 8. С. 25–27.
4. Занько Н.Д. Методика оценки пропускной способности молотилки и определения класса зерноуборочного комбайна // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1999. № 6. С. 26–28.
5. Занько Н.Д., Осипов Н.М. Оценка пропускной способности молотилки с системой интенсивной сепарации зерна // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1996. № 10. С. 13–15.
6. Пенкин С.М. Оценка пропускной способности зерноуборочных комбайнов по известным параметрам // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2003. № 1. С. 24–26.
7. Пронин В.М., Прокопенко В.А. Технико-экономическая оценка эффективности сельскохозяйственных машин и технологии по критерию часовых эксплуатационных затрат. М.: Столичная типография, 2008.
8. Чеपुरин Г.Е., Иванов Н.М. Теоретические основы разработки технологического паспорта зерноуборочного комбайна // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2016. № 2. С. 96–104.
9. Пустыгин М.А. Теория и технический расчет молотильных устройств: монография. М.: Сельхозгиз, 1948. 322 с.
10. Терсков Г.Д. Расчет зерноуборочных машин. М.: Издательство машиностроительной литературы, 1961. 213 с.
11. Жалнин Э.В., Ценч Ю.С., Пьянов В.С. Методика анализа технического уровня зерноуборочных комбайнов по функциональным и конструктивным параметрам // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 12. № 2. С. 4–8.
12. Гольяпин В.Я. Оценка потенциальных возможностей зерноуборочных комбайнов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1990. № 4. С. 16–19.
13. Чеपुरин Г.Е., Иванов Н.М. Обоснование разработки технологического паспорта зерноуборочных комбайнов // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. № 4. С. 25–31.
14. Чеपुरин Г.Е., Цегельник А.П. Методика определения себестоимости зерна при обмолоте зерновых с учетом потребности в комбайнах и комбайнерах // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 2. Р. 85–93. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2019-2-11>.
15. Чеपुरин Г.Е. Зерноуборочному комбайну – технологический паспорт – полю – операционную карту // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 4. С. 76–79.
16. Чеपुरин Г.Е., Цегельник А.П. Структура и содержание технологического паспорта и операционных карт зерноуборочных комбайнов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. Т. 48. № 3. С. 50–57.

REFERENCES

1. Klochkov A.V., Dyuzhev A.A., Gusarov V.V. *Zernouborochnye kombainy: etapy sovershenstvovaniya, sovremennoe sostoyaniye, perspektivy razvitiya* [Combine harvesters: stages of improvement, current status, development prospects]. Gorki: BGSA Publ., 2012, 109 p. (In Russian).
2. Zhalnin E.V. *Raschet osnovnykh parametrov zernouborochnykh kombainov* [Calculation of the main parameters of combine harvesters]. M.: VIM Publ., 2001. 106 p. (In Russian).
3. Zhalnin E.V., Baranov A.A., Suleimanov M. *Srednestaticheskaya propusknaya sposobnost' zernouborochnykh kombainov* [Average throughput of combine harvesters]. *Traktory i sel'skokhozyaistvennye mashiny* [Tractors and agricultural machinery], 1997, no. 8, pp. 25–27. (In Russian).
4. Zan'ko N.D. *Metodika otsenki propusknoi sposobnosti molotilki i opredeleniya klassa zernouborochnogo kombaina* [Methodology for assessing the throughput of a thresher and determining the class of a combine harvester]. *Traktory i sel'skokhozyaistvennye mashiny* [Tractors and agricultural machinery], 1999, no. 6, pp. 26–28. (In Russian).
5. Zan'ko N.D., Osipov N.M. *Otsenka propusknoi sposobnosti molotilki s sistemoi intensivnoi separatsii zerna* [Evaluation of the throughput of a thresher with an intensive grain separation system]. *Traktory i sel'skokhozyaistvennye mashiny* [Tractors and agricultural machinery], 1996, no. 10, pp. 13–15. (In Russian).

6. Penkin S.M. Otsenka propusknosti sposobnosti zernouborochnykh kombainov po izvestnym parametram [Evaluation of the throughput of combine harvesters by the known parameters]. *Traktory i sel'skokhozyaistvennye mashiny* [Tractors and agricultural machinery]. 2003, no. 1, pp. 24–26. (In Russian).
7. Pronin V.M., Prokopenko V.A. *Tekhniko-ekonomicheskaya otsenka effektivnosti sel'skokhozyaistvennykh mashin i tekhnologii po kriteriyu chasovykh ekspluatatsionnykh zatrat* [Feasibility study of the effectiveness of agricultural machinery and technology by the criterion of hourly operating costs]. M.: Stolichnaya tipografiya Publ., 2008. (In Russian).
8. Chepurin G.E., Ivanov N.M. Teoreticheskie osnovy razrabotki tekhnologicheskogo pasporta zernouborochnogo kombaina [Theoretical framework for developing a passport of grain harvester]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2016, no. 2, pp. 96–104. (In Russian).
9. Pustygin M.A. *Teoriya i tekhnicheskii raschet molotil'nykh ustroystv* [Theory and technical calculation of threshing devices]. M.: Sel'khozgiz Publ., 1948. 322 s. (In Russian).
10. Terskov G.D. *Raschet zernouborochnykh mashin* [Calculation of grain harvesting machines]. M.: Izdatel'stvo mashinostroitel'noi literatury [Publishing House of Machine Building Literature], 1961, 213 p. (In Russian).
11. Zhalnin E.V., Tsench Yu.S., P'yanov V.S. Metodika analiza tekhnicheskogo urovnya zernouborochnykh kombainov po funktsional'nym i konstruktivnym parametram [Analysis methods of combine harvesters technical level by functional and structural parameters]. *Sel'skokhozyaistvennye mashiny i tekhnologii* [Agricultural machinery and technology], 2018, vol. 12, no. 2, pp. 4–8. (In Russian).
12. Gol'tyapin V.Ya. Otsenka potentsial'nykh vozmozhnostei zernouborochnykh kombainov [Assessing the potential of combine harvesters]. *Traktory i sel'skokhozyaistvennye mashiny* [Tractors and agricultural machinery], 1990, no. 4, pp. 16–19. (In Russian).
13. Chepurin G.E., Ivanov N.M. Obosnovanie razrabotki tekhnologicheskogo pasporta zernouborochnykh kombainov [Justification of working out of combine harvesters technological certificate]. *Sel'skokhozyaistvennye mashiny i tekhnologii* [Agricultural machinery and technology], 2016, no. 4, pp. 25–31. (In Russian).
14. Chepurin G.E., Tsegel'nik A.P. Metodika opredeleniya sebestoimosti zerna pri obmolete zernovykh s uchetom potrebnosti v kombainakh i kombainerakh [Methods of identifying grain production cost when threshing grain crops in view of the need in combine harvesters and combine operators]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2018, vol. 49, no. 3, pp. 50–57. (In Russian).
15. Chepurin G.E. Zernouborochnomu kombainu – tekhnologicheskii passport – polyu – operatsionnuyu kartu [Technological certificate for a grain harvester, process chart for a field]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2017, vol. 31, no. 4, pp. 76–79. (In Russian).
16. Chepurin G.E., Tsegel'nik A.P. Struktura i sodержanie tekhnologicheskogo pasporta i operatsionnykh kart zernouborochnykh kombainov [The structure and content of the technological passport and operation process charts of grain harvesters]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2018, vol. 48, no. 3, pp. 50–57. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Чепурин Г.Е.**, член-корреспондент, доктор технических наук, руководитель научного направления; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, СФНЦА РАН, а/я 463; e-mail: sibime@ngs.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Chepurin G.E.**, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Science in Engineering, Head of Research Division; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: sibime@ngs.ru

Дата поступления статьи 22.05.2019
Received by the editors 22.05.2019