Оригинальное исследование
DOI: https://doi.org/10.17816/0321-4443-636682 EDN: ULEOVI

Оценка эффективности работы молотилки комбайна по потерям зерна при рабочих режимах

М.Е. Чаплыгин, Э.В. Жалнин, Н.В. Алдошин

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Пропускная способность молотилки комбайна q_k определяется при допустимых потерях зерна в 1,5% от всего его количества, собранного в бункер комбайна. Диапазон подач хлебной массы, к примеру, от минимума 0,5–1,0 кг/с до q_k назван рабочей характеристикой молотилки (РХМ) зерноуборочного комбайна. Фактические потери зерна в рассматриваемом диапазоне подач меньше 1,5%, но общая их цифровая оценка неизвестна. Тем не менее, это важнейший показатель эффективности работы комбайна, так как эти потери суммируются (к примеру, на уровне 1–1,2%) и могут достигать значительной величины, поэтому оценка комбайна только по пропускной способности оказывается недостаточной для оценки его эффективности, так как комбайн редко работает на уровне пропускной способности, а в режиме РХМ ежесекундно и потери зерна суммируются.

Цель работы — разработка критерия оценки эффективности работы молотилки комбайна по потерям зерна при рабочих режимах.

Материалы и методы. В статье предложена новая методика оценки эффективности работы комбайна. Использованы статистические зависимости изменения потерь зерна в зависимости от изменения подачи хлебной массы в комбайн. Пропускная способность молотилки комбайна в кг/с определяется при потерях зерна за молотилкой на уровне 1,5%.

Результаты. Многочисленные лабораторно-полевые испытания выявили тесную корреляционную связь между четырьмя параметрами молотилки (мощность двигателя и площади сепарации подбарабанья, соломотряса и очистки, а сама динамика роста потерь зерна в зависимости от подачи хлебной массы с большой достоверностью в диапазоне подач РХМ аппроксимируется логистической зависимостью. Для практических расчётов разработано компьютерное обеспечение. Это даёт возможность более оперативно сравнить различные по конструкции комбайны между собой.

Заключение. Впервые для оценки эффективности работы молотилки комбайна вводится новый критерий с названием «среднеинтегральные эксплуатационные потери зерна за молотилкой в рабочем диапазоне подачи хлебной массы». Выявлено увеличение потерь зерна за молотилкой при увеличении пропускной способности комбайна. Определена оптимальная уборочная площадь, при уборке которой компенсируется рост потерь зерна при рабочем режиме комбайнов высокой производительности на единицу подачи хлебной массы. Оптимум уборочной площади в большей мере зависит от пропускной способности комбайна и условий уборки по состоянию агрофона и коэффициента зональности, т.е. от степени приспособленности комбайнов к зональным особенностям агрофона и применяемых методов машиноиспользования. При расчёте экономической эффективности комбайнов целесообразно учитывать среднеинтегральные эксплуатационные потери зерна за альтернативными вариантами комбайнов и на этом основании давать им более комплексную оценку. Применение логистической функции потерь зерна в зависимости от подачи хлебной массы в комбайн и на её основе введение критерия среднеинтегральных эксплуатационных потерь зерна за молотилкой комбайна представляет научную и практическую новизну.

Ключевые слова: комбайн зерноуборочный; пропускная способность; потери зерна; нормативные требования; эксплуатационный режим; альтернативные варианты комбайнов; логистическая функция.

Как цитировать:
Чаплыгин М.Е., Жалнин Э.В., Алдошин Н.В. Оценка эффективности работы молотилки комбайна по потерям зерна при рабочих режимах // Тракторы и сельхозмашины. 2025. Т. 92, № 1. С. 81–87. DOI: 10.17816/0321-4443-636682 EDN: ULEOVI

Рукопись получена: 03.10.2024 **Рукопись одобрена:** 15.12.2024 **Опубликована online:** 15.12.2024

Статья доступна по лицензии CC BY-NC-ND 4.0 International
© Эко-Вектор, 2025

Original Study Article
DOI: https://doi.org/10.17816/0321-4443-636682 EDN: ULEOVI

Evaluation of the combine harvester's thresher efficiency by grain losses at operating conditions

Mikhail E. Chaplygin, Eduard V. Zhalnin, Nikolay V. Aldoshin

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: The throughput capacity of the combine harvester's thresher q_k is determined with permissible grain losses of 1.5% of its total amount collected in the combine bunker. The range of grain mass supply, for example, from a minimum of 0.5–1.0 kg/s to q_k is called the operating characteristic of the thresher (OCT) of a grain harvester. The actual grain loss in the considered supply range is less than 1.5%, but their overall value is unknown. Nevertheless, this is the most important indicator of the combine harvester's efficiency, since these losses are summed up (for example, at the level of 1–1.2%) and can reach a significant value. Therefore, the assessment of the combine harvester only in terms of throughput is insufficient for efficiency evaluation, since the combine harvester operates at the throughput level rarely, and in the OCT mode, grain losses are summed up every second.

AIM: Development of the criterion for evaluation of operation efficiency of a combine harvester's thresher by grain losses at operating modes.

METHODS: In the paper, the new method for evaluation of the efficiency of a combine harvester is proposed. Statistical dependences of grain losses change depending on change of grain mass supply to the combine harvester are used. The throughput capacity of the combine harvester's thresher in kg/s is determined with grain losses behind the thresher at the level of 1.5%.

RESULTS: Numerous laboratory-field tests have revealed a close correlation between the four threshing parameters (engine power and separation area of the concave, straw walker and cleaning, and the dynamics of grain loss growth depending on the grain mass supply with great reliability in the range of the OCT feeds is approximated by a logistic dependence. For practical calculations, the software has been developed. This makes it possible to compare harvesters of different designs with each other faster.

CONCLUSION: For the first time, to evaluate the efficiency of the combine harvester's thresher, a new criterion named as "average integral operational losses of grain behind the thresher in the operating range of grain mass supply" is introduced. An increase in grain losses behind the thresher was detected with an increase in the throughput of the combine harvester. The optimal harvesting area, during harvesting of which the growth of grain losses per unit of grain mass supply is compensated during the operating mode of highly-productive combine harvesters, is determined. The optimal harvesting area depends largely on the throughput capacity of the combine harvester and the harvesting conditions according to the state of the soil fertility and the zonal sequence coefficient, that is the degree of adaptability of the combine harvesters to the zonal features of the soil fertility and the applied methods of machine use. When calculating the economic efficiency of combines, it is advisable to consider the average integral operational losses of grain for alternative versions of combine harvesters and, on this basis, give them a more comprehensive evaluation. The use of the logistic function of grain losses from the grain mass supply to a combine harvester and, on its basis, the introduction of the criterion of average integral operational losses of grain behind the combine harvester's thresher represents scientific and practical novelty.

Keywords: combine harvester; throughput; grain losses; regulatory requirements; operating mode; alternative variants of combine harvesters; logistics function.

To cite this article:
Chaplygin ME, Zhalnin EV, Aldoshin NV. Evaluation of the combine harvester's thresher efficiency by grain losses at operating conditions. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2025;92(1):81–87. DOI: 10.17816/0321-4443-636682 EDN: ULEOVI

Received: 03.10.2024 **Accepted:** 15.12.2024 **Published online:** 15.12.2024

moscow polytech
The article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 International license
© Eco-Vector, 2025
ECO•VECTOR

ВВЕДЕНИЕ

Эффективность применения зерноуборочных комбайнов во многом определяется динамикой потерь зерна в зависимости от подачи хлебной массы в молотильно-сепарирующее устройство. Основным оценочным технологическим параметром работы зерноуборочного комбайна является пропускная способность молотилки как функция изменения подачи при ограниченном уровне потерь зерна. В соответствии с ГОСТом на испытания зерноуборочных комбайнов [1] пропускная способность молотилки комбайна q_k определяется при допустимых потерях зерна в 1,5% от всего его количества, собранного в бункер комбайна. Диапазон подач хлебной массы, к примеру, от минимума 0,5–1,0 кг/с до q_k назван рабочей характеристикой молотилки (РХМ) зерноуборочного комбайна. Фактические потери зерна в рассматриваемом диапазоне подач меньше 1,5%, но общая их цифровая оценка была неизвестна. Тем не менее, это важнейший показатель эффективности работы комбайна, так как эти потери суммируются (к примеру, на уровне 1–1,2%) и в совокупности могут достигать значительной величины. Поэтому оценка комбайна только по пропускной способности оказывается недостаточной для оценки его эффективности, так как комбайн редко работает на уровне пропускной способности, а в режиме РХМ ежесекундно и потери зерна суммируются.

В работе [2] даны некоторые методические рекомендации по учету этих потерь, но без контрольных примеров, без количественной оценки этих потерь и сравнительного анализа различных комбайнов. В этой статье мы попытались исправить эти недочёты и предложить более комплексный анализ работы различных комбайнов [3–5].

Методом рандомизации выбраны три комбайна: Енисей-954, Енисей-960 и Дон-1500. По первым двум комбайнам частично использована информация из статьи [5].

Функцию изменения потерь зерна от величины подачи хлебной массы в комбайн аппроксимировали наиболее адекватным в этом случае логистическим уравнением вида [6–9]:

$$y_i = \frac{b}{1 + c\exp(-kb \times q_i)}\% \qquad (1)$$

где y_i — текущие потери зерна при текущей подаче хлебной массы — q_i; b, c, k — постоянные коэффициенты для конкретного комбайна в конкретных условиях агрофона. Функция (1) является функцией с насыщением и имеет предел. Для комбайнов чаще всего принимается $b = 100\%$, так как нельзя потерять зерна больше того, что поступило на обмолот.

Коэффициент k называется коэффициентом интенсивности увеличения потерь зерна с увеличением подачи хлебной массы. Он зависит от типа, параметров комбайна и убираемого стеблестоя. Его размерность %/ кг/с.

Коэффициент c — масштабный, безразмерный коэффициент.

По двум экспериментальным точкам после четырёх преобразований можно определить значения коэффициентов c и k. По данным лабораторно–полевых испытаний получено:

для комбайна Енисей — Енисей-954

при $q_i = 1$ кг/с; $y_i = 0{,}25\%$; при $q_i = 4{,}7$ кг/с; $y_i = 1{,}5\%$; с учётом этих данных уравнение (1) имеет вид:

$$0{,}25 = \frac{100}{1 + c\exp(-k100 \times 1)}\% \text{ или} \qquad (2)$$

$$0{,}25 + 0{,}25c\exp\left(-k100\right) = 100$$

Выполним второе преобразование

$$c\exp\left(-k100\right) = \frac{100 - 0{,}25}{0{,}25} = 399$$

После третьего преобразования

$$\ln c - 100k = \ln 399$$

После четвёртого преобразования

$$\ln c = 5{,}99 + 100k \qquad (3)$$

Аналогичные преобразования уравнения (1) выполним при $q_i = 4{,}7$ кг/с; $y_i = 1{,}5\%$.

$$1{,}5 = \frac{100}{1 + c\exp(-k100 \times 4{,}7)}\%$$

$$1{,}5 + 1{,}5c\exp\left(-460k\right) = 100$$

Выполним второе преобразование

$$c\exp\left(-460k\right) = \frac{100 - 1{,}5}{1{,}5} \qquad (4)$$

После третьего преобразования

$$\ln c - 460k = \ln 65{,}66 \qquad (5)$$

Тогда

$$\ln c = 4{,}18 + 460k \qquad (6)$$

Из уравнений (3) и (5) следует

$$5{,}99 + 100k = 4{,}18 + 460k$$

откуда

$$5{,}99 - 4{,}18 = 360k\text{, тогда } k = 0{,}005 \qquad (7)$$

Подставив значение k в формулу (6) из уравнения (7), получим, что $c = 665$.

Таким образом, для комбайна Енисей КЗС-954 получено: $b = 100\%$, $c = 665$, $k = 0{,}005$.

По этим данным рассчитаем значение потерь зерна при разных подачах хлебной массы (табл. 1).

DOI: https://doi.org/10.17816/0321-4443-636682

Таблица 1. Расчётные данные потерь зерна в рабочем режиме работы молотилки зерноуборочных комбайнов
Table 1. Estimated data on grain losses in the operating mode of the thresher of grain combine harvesters

Параметры	Зерноуборочные комбайны		
	Енисей КЗС-954	Енисей КЗС-960	Дон-1500
Постоянные коэффициенты аппроксимирующего логистического уравнения потерь зерна	b = 100% c = 665 k = 0,005	b = 100% c = 500 k = 0,0037	b = 100% c = 225 k = 0,00123
Доля потерь зерна при разных подачах хлебной массы, %	q_i = 1 кг/с — 0,25 2 кг/с — 0,40 3 кг/с — 0,67 4 кг/с — 1,1 4,7 кг/с — 1,55	q_i = 1 кг/с — 0,29 2 кг/с — 0,42 3 кг/с — 0,60 4,5 кг/с — 1,04 5,5 кг/с — 1,5	q_i = 1 кг/с — 0,50 2 кг/с — 0,56 4 кг/с — 0,72 6 кг/с — 0,92 8 кг/с — 1,17 10 кг/с — 1,5
Площадь под функцией потерь зерна при РХМ — S, %^{2}	S_I = 2,48	S_I = 3,32	S_I = 8,09
Диапазон подач хлебной массы при РХМ, кг/с	3,7	4,5	9,0
Среднеинтегральные эксплуатационные потери зерна при РХМ, %	0,69	0,74	0,9

Подобные расчёты выполним для комбайна Енисей КЗС-960, для которого получено: y_i = 0,29%; при q_i = 1,0 кг/с; и y_i = 1,5%; при $q_к$ = 5,5 кг/с.

При этих данных получены следующие значения постоянных коэффициентов: b = 100%, c = 500, k =0,0037, а при q_i = 5,5 кг/с, y_i = 1,5%.

Соответственно для комбайна Дон-1500: b = 100%, c = 225, k = 0,00123, $q_к$ = 10,0 кг/с.

Диапазон подач хлебной массы в комбайны в пределах от 1 до $q_к$ является эксплуатационным режимом его работы [10]. Именно он определяет эксплуатационные потери зерна за молотилкой комбайна. Для определения среднеинтегральных потерь зерна в этом диапазоне подач возьмём определённый интеграл функции (1), т.е.

$$\sum y_i = \int_1^{q_k} \frac{b}{1 + c\exp(-kbq_i)} \tag{8}$$

$$\sum y_i = \int_a^d \frac{100}{1 + ce^{-100kq_i}} dq_i = 100\int_a^d \frac{1}{1 + \frac{c}{e^{100kx}}} dx = 100\int_a^d \frac{e^{100kx}}{e^{100kx} + c}$$

где $c > 0;\ k > 0;\ b$ = 100; d — подача зерновой массы в комбайн при пропускной способности комбайна и потерях 1,5%, кг/с; принимаем минимальную подачу массы в комбайн равной 1,0, кг/с.

Выполним подстановку

$$e^{100kq_i} + c = t,\ 100ke^{100kx}dq_i = dt \text{ или } e^{100kq_i}dq_i = \frac{dt}{100k}.$$

Тогда

$$100\int \frac{dt}{100kt} = \frac{100}{100k}\int \frac{dt}{t} = \frac{1}{k}\ln|t| = \frac{1}{k}\ln\left|e^{100kq_i} + c\right|$$

В результате получим:

$$\sum y_i = \frac{1}{k}\left[\ln(e^{100kb} + c) - \ln(e^{100ka} + c)\right] = \frac{1}{k}(\ln\frac{e^{100kb} + c}{e^{100ka} + c}).$$

Для каждого комбайна построим графики (рис. 1–3) функции y_i при изменении q_i от 1кг/с до $q_к$.

Уравнение (8) является новым критерием оценки эффективности работы молотилки комбайна. Назовём его среднеинтегральные эксплуатационные потери зерна. Решение уравнения (8) даёт возможность определить среднюю площадь распределения потерь зерна в диапазоне подачи хлебной массы от 1 кг/с до $q_к$.

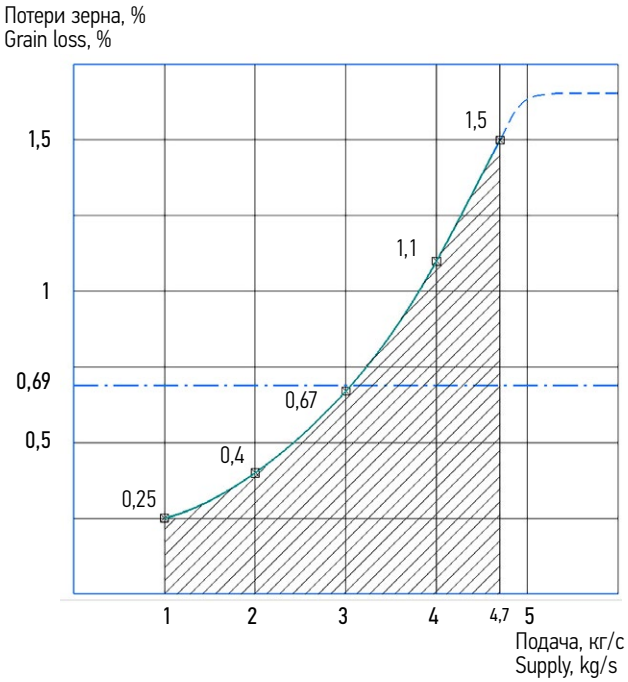

Рис. 1. График изменения потерь зерна комбайна Енисей КЗС-954 в % в зависимости от подачи хлебной массы, кг/с.
Fig. 1. Graph of changes in grain losses of the Yenisei KZS-954 combine harvester in % depending on the grain mass supply, kg/s.

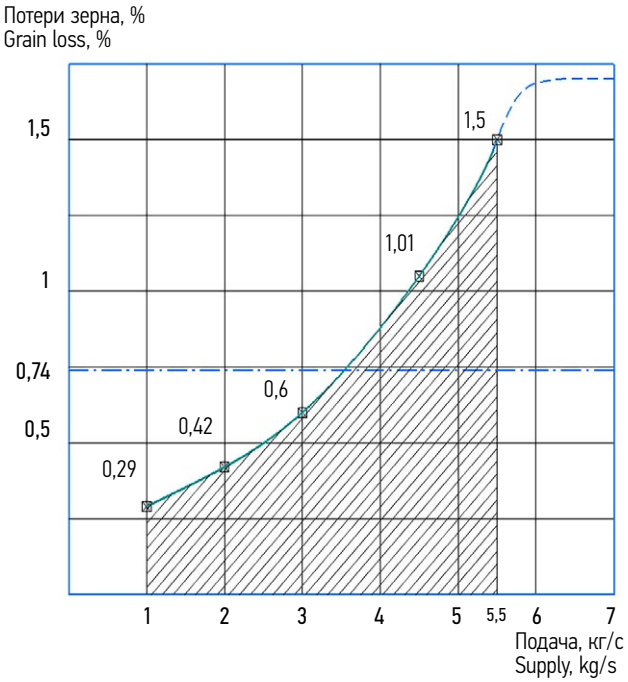

Рис. 2. График изменения потерь зерна комбайна Енисей КЗС-960 в % в зависимости от подачи хлебной массы, кг/с.
Fig. 2. Graph of changes in grain losses of the Yenisei KZS-960 combine harvester in % depending on the grain mass supply, kg/s.

При этом выявляется новая закономерность: чем больше $q_к$ тем больше эта площадь, к примеру, для комбайна Енисей-954 $S_i = 2,48(\%)^2$ при $q_к$ = 4,7 кг/с, $S_i = 3,32(\%)^2$, а для Дон-1500 $S_i = 8,09(\%)^2$. Указанное обстоятельство в определенной мере объясняет факт применения селекционных комбайнов с $q_к$ = 1–2 кг/с, так как селекционные семена имеют высокую стоимость по сравнению со стоимостью товарного зерна. Тем не менее, эффективность комбайнов с высокой пропускной способностью оправдывается снижением сроков уборки и меньшими эксплуатационными издержками. Приведем пример. Сравним три комбайна, рассчитав фактическую производительность комбайнов по формуле (9).

$$W_p = \frac{3,6 \times K_{зон} \times T_{см}}{Ó_з(1 + a_c)} \text{ га/см} \qquad (9)$$

где 3,6 — переводной коэффициент производительности в кг/с в размерность тонн зерна в час сменного времени; $T_{см}$ — продолжительность рабочей смены в сутки ($T_{см}$ = 8 часов); $K_{зон}$ — коэффициент зональности, то есть приспособленности комбайна к фактическим условиям хлебостоя (примем в среднем $K_{зон} = 0,7$); y_3 — урожайность зерна в т/га (принимаем 3 т/га); α_c — соломистость хлебной массы в отношении к урожайности зерна (α_c = 1).

Для комбайна Енисей КЗС-954 $q_к$ = 4,7 кг/с, диапазон подач составляет 4,6 – 1,0 = 3,7 кг/с и в этом

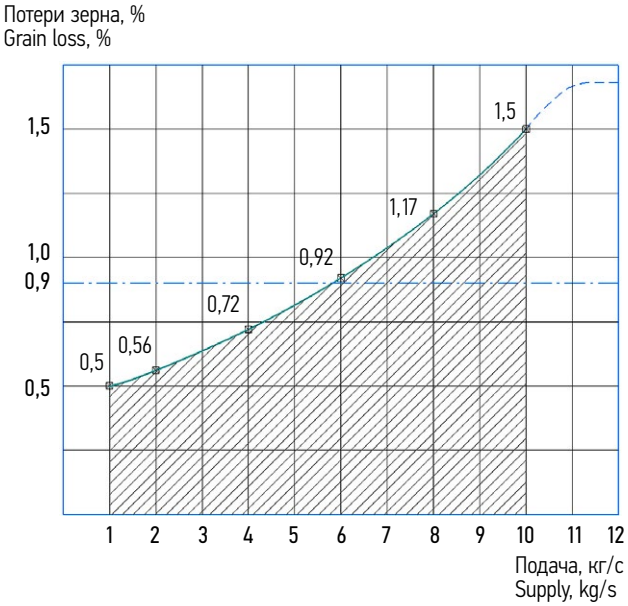

Рис. 3. График изменения потерь зерна комбайна Дон-1500 в % в зависимости от подачи хлебной массы, кг/с.
Fig. 3. Graph of changes in grain losses of the Don-500 combine harvester in % depending on the grain mass supply, kg/s.

диапазоне среднеинтегральные эксплуатационные потери зерна составляют 0,69%: соответственно для Енисея КЗС-960 при $q_к$ = 5,5 диапазон подачи хлебной массы равен 5,5 – 1,0 = 4,5 кг/с и среднеинтегральные потери равны 0,74% и для третьего комбайна диапазон равен 10,0 – 1,0 = 9,0 кг/с, потери равны 0,9%.

DOI: https://doi.org/10.17816/0321-4443-636682

Для комбайна Енисей-954:

$$W_{ф1} = \frac{3,6 \times 4,7 \times 0,7 \times 8}{3,0(1+1)} = 15,8 \text{ га/см;}$$

Для комбайна Енисей-960:

$$W_{ф2} = \frac{3,6 \times 5,5 \times 0,7 \times 8}{3,0(1+1)} = 18,5 \text{ га/см;}$$

Для комбайна Дон-1500:

$$W_{ф3} = \frac{3,6 \times 10 \times 0,7 \times 8}{3,0(1+1)} = 33,6 \text{ га/см.}$$

Тогда, к примеру, первый комбайн уберёт площадь в 150 га за 9,5 смены и в соответствии с табл. 1 потеряет 0,69 × 9,7 = 6,5% зерна, а второй комбайн эту площадь уберёт за 8,12 смены и потеряет 0,74 × 8,12 = 6%, а третий за 4,5 смены и потеряет 0,9 × 4,5 = 4,0%.

Таким образом, уже на уборочной площади менее 150 га (в пределах 100–125 га) комбайн высокой производительности полностью компенсирует увеличенные потери зерна в своём рабочем диапазоне подач хлебной массы. Для фактических условий уборки этот диапазон компенсации потерь за рабочий режим комбайнов может меняться, но главная закономерность остаётся: в любом случае имеется оптимум уборочной площади, при которой компенсируются увеличенные потери зерна при рабочем режиме комбайнов высокой производительности.

Ранее этот факт не учитывался. Теперь такая возможность обеспечивается и среднеинтегральные потери зерна определяются по уравнению (8).

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

Впервые для оценки эффективности работы молотилки комбайна вводится новый критерий с названием «среднеинтегральные эксплуатационные потери зерна за молотилкой в рабочем диапазоне подачи хлебной массы»;

Выявлено увеличение потерь зерна за молотилкой при увеличении пропускной способности комбайна в диапазоне РХМ;

Определена оптимальная уборочная площадь, при уборке которой компенсируется рост потерь зерна при рабочем режиме комбайнов высокой производительности на единицу подачи хлебной массы.

Оптимум уборочной площади в большей мере зависит от пропускной способности комбайна и условий уборки по состоянию агрофона и коэффициента зональности, т.е. от степени приспособленности комбайнов к зональным особенностям агрофона и применяемых методов машиноиспользования;

При расчёте экономической эффективности комбайнов целесообразно учитывать среднеинтегральные эксплуатационные потери зерна за альтернативными вариантами комбайнов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. М.Е. Чаплыгин — выбор объектов исследования, постановка задачи, определение потерь от производительности, планирование и проведение расчётно-экспериментальных исследований, сбор и анализ литературных источников, корректировка текста статьи, перевод аннотации; Э.В. Жалнин — выбор темы, научная идея, общее руководство и систематизация исследований; Н.В. Алдошин — проведение расчетов, редактирование текста; сбор и анализ литературных источников. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям *ICMJE* (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Раскрытие интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с проведенным исследованием и публикацией настоящей статьи.

Источники финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

Благодарность. Авторы выражают благодарность рецензентам, за ценные комментарии и замечания, способствовавшие улучшению нашей статьи для публикации в журнале.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions. M.E. Chaplygin — selection of research objects, setting the task, determining losses from productivity, planning and conducting computational and experimental studies, collecting and analyzing literary sources, editing the text of manuscript, translating the abstract; E.V. Zhalnin — topic selection, scientific idea, general guidance and systematization of the study; N.V. Aldoshin — calculations, text editing; collection and analysis of literature sources. All authors confirm their authorship compliance with the ICMJE international criteria (all authors made a significant contribution to the conceptualization, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Disclosure of interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding sources. This study was not supported by any external sources of funding.

Acknowledgment. The authors would like to thank the reviewers for their valuable comments and suggestions that helped improve our manuscript for publication in the journal.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. GOST 10 8. 1-99. Tests of agricultural machinery. Grain harvesting machines. Methods for assessing functional indicators. Moscow: Standartinform; 2002. (In Russ.)
2. Zhalnin EV. *Axiomatization of agricultural mechanics: (Beginning provisions).* Moscow: FGBNU FSAC VIM; 2002. (In Russ.)
3. Necklace VN, Nikitin VV. *Prospects for improving the design of the combine harvester.* Moscow: Rusines; 2024. (In Russ.)
4. Zhalnin EV. Losses of grain behind the thresher of the combine as a function of feeding. *Mechanization and electrification of socialist agriculture.* 1976;8:6–8. (In Russ.)
5. Lipovsky M.I. Efficiency of using a threshing apparatus with tooth scourges in new generation combines. In: *Materials of the NPK dedicated to the 100th anniversary of the birth of V.G. Anipin.* St. Petersburg; 2007:78–86. (In Russ.)
6. Aldoshin NV. Modeling the quality of mechanized work. In: *Goryachkin readings. Collection of reports of the 1st International Scientific and Practical Conference.* Moscow: Triada; 2013:6–13. (In Russ.)
7. Aldoshin NV, Zolotov AA, Tsygutkin AS, Lylin NA. Harvesting binary crops of grain crops. *Bulletin of FSEI HPE Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin.* 2016;3(73):11–17. (In Russ.)
8. Aldoshin NV. Comparative assessment of combines for harvesting white lupine. *Rural machine operator.* 2015;11:10–13. (In Russ.)
9. Nikitin VV, Vorflusev PS. Ways to improve the design of the combine harvester. In: *Modern trends in the development of agrarian science: Collection of scientific works of the II International Scientific and Practical Conference, Bryansk, December 07–08, 2023.* Bryansk: Bryansk State Agrarian University; 2023:129–134. (In Russ.)
10. Zhalnin EV, Chaplygin ME. Improving the design of combine harvesters by harmonizing their basic technical parameters. *Engineering technologies and systems.* 2023;33(3):403–416. (In Russ.) doi: 10.15507/2658-4123.033.202303.403-416

ОБ АВТОРАХ

*** Чаплыгин Михаил Евгеньевич,**
канд. техн. наук,
заведующий лабораторией «Технологии и машины для посева и уборки зерна и семян в селекции и семеноводстве;
адрес: Россия, 109428, Москва, 1-й Институтский пр-д, д. 5;
ORCID: 0000-0003-0031-6868;
eLibrary SPIN: 2268-6927;
e-mail: misha2728@yandex.ru

Жалнин Эдуард Викторович,
д-р техн. наук, профессор,
главный научный сотрудник лаборатории «Технологии и машины для посева и уборки зерна и семян в селекции и семеноводстве»;
ORCID: 0000-0002-5467-0654;
eLibrary SPIN: 8523-0919;
e-mail: zhalnin@yandex.ru

Алдошин Николай Васильевич,
д-р техн. наук, профессор,
главный научный сотрудник лаборатории «Почвообрабатывающие и мелиоративные машины»;
ORCID: 0000-0002-0446-1096;
eLibrary SPIN: 6032-9021;
e-mail: naldoshin@yandex.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

AUTHORS' INFO

*** Mikhail E. Chaplygin,**
Cand. Sci. (Engineering),
Head of the Technologies and Machines for Sowing and Harvesting Grain and Seeds in Selection and Seed Production Laboratory;
address: 5 1st Institutsky dr, Moscow, Russia, 109428;
ORCID: 0000-0003-0031-6868;
eLibrary SPIN: 2268-6927;
e-mail: misha2728@yandex.ru

Eduard V. Zhalnin,
Dr. Sci. (Engineering), Professor,
Chief Researcher of the Technologies and Machines for Sowing and Harvesting Grain and Seeds in Selection and Seed Production Laboratory;
ORCID: 0000-0002-5467-0654;
eLibrary SPIN: 8523-0919;
e-mail: zhalnin@yandex.ru

Nikolay V. Aldoshin,
Dr. Sci. (Engineering), Professor,
Chief Researcher of the Tillage and Reclamation Machines Laboratory;
ORCID: 0000-0002-0446-1096;
eLibrary SPIN: 6032-9021;
e-mail: naldoshin@yandex.ru