

КОЭФФИЦИЕНТ ПРОСТОЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ КАК КОМПЛЕКСНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ТЕХНИЧЕСКИХ ОТКАЗОВ

С. Д. ШЕПЕЛЕВ,
доктор технических наук, доцент, декан,
Ю. Б. ЧЕРКАСОВ,
аспирант,
Южно-Уральский государственный аграрный университет
(454080, г. Челябинск, пр-т Ленина, д. 75)

Ключевые слова: техническая готовность, зерноуборочный комбайн, потери продукции, наработка на отказ, время простоя.

Развитие рынка подержанной техники обуславливает целесообразность ее использования в фермерских хозяйствах с небольшой сезонной нагрузкой уборочных машин, так как при высокой технической готовности зерноуборочных комбайнов и низкой сезонной нагрузке увеличиваются затраты на их привлечение. Однако с увеличением площади уборки урожая при низкой надежности машин и большими затратами времени на устранение последствий технических отказов предприятия несут убытки от потерь продукции из-за нарушения агротехнических сроков. В современных условиях требуется обоснование рационального времени простоя зерноуборочных машин для устранения последствий технических отказов с учетом их сезонной нагрузки и основных производственных и природных факторов. Экономико-математическим моделированием определены рациональные показатели коэффициента простоя при различной сезонной нагрузке на зерноуборочный комбайн 3 класса. Установлено, что с уменьшением сезонной нагрузки зерноуборочного комбайна 3 класса с 300 до 200 гектаров, коэффициент простоя увеличивается с 0,2 до 0,8. При рациональном показателе коэффициента простоя равном 0,4, рациональная наработка на отказ составляет девять часов и среднее время доставки запасных частей два часа. Снизить требования к надежности позволяет увеличение агротехнических сроков уборки за счет использования различных по скороспелости культур, сортов. Наибольшая трудоемкость устранения последствий технического отказа – у молотильно-сепарирующего устройства, а максимальные денежные затраты приходится на ремонт моторно-силовой установки комбайна. Производственное внедрение результатов исследований по согласованию рационального соотношения времени простоя на устранение последствий технических отказов и сезонной нагрузки зерноуборочного комбайна 3 класса позволило получить годовой экономический эффект до 740 руб./га.

IDLE TIME COEFFICIENT OF GRAIN COLLECTORS AS AN INTEGRATED INDICATOR OF TECHNICAL FAILURE

S. D. SHEPELEV,
doctor of technical sciences, associate professor, dean,
Yu. B. CHERKASOV,
post-graduate student
South Ural State Agrarian University
(75 Lenina Ave, 454080, Chelyabinsk)

Keywords: technical readiness, combine harvester, losses of product, elaboration's failures, idle time.

The development of the used machinery market determines the feasibility of its use in farms with small seasonal load of harvesting machines, since the high technical readiness of combine harvesters and lowest seasonal load increase the cost of their involvement. However, with the increase of harvested area at low reliability and high cost of time for elimination of consequences of technical failure of the enterprise incur losses from product losses because of the violation of agro-technical terms. In modern conditions it requires a rational justification of the idle time of grain machines to eliminate consequences of technological failures in accordance with their seasonal load and key production and environmental factors. Economic and mathematical modeling identified ratios of idle time under different seasonal load on the combine harvester of the 3rd class. It is established that with decreasing seasonal load of combine harvester of the 3rd class from 300 to 200 acres, the idle factor is increased from 0.2 to 0.8. The rational measure of downtime is equal to 0.4; the rational time between failures is nine hours and the average time for the delivery of spare parts is two hours. Reducing reliability requirements allows to increase agro-technical harvesting using different earliness of crops and different varieties. The greatest complexity of elimination of the consequences of technical failure lies in threshing and separating device, and the maximum monetary costs are necessary for the repair of the harvester motor-propulsion. Industrial implementation of research results in coordination of efficient ratio of idle time to eliminate consequences of technological failures and seasonal load of combine harvester 3 class allowed us to obtain annual economic benefits of up to 740 rub./ha.

Цель и методика исследований. Эффективное использование высокопроизводительных зерноуборочных машин в сельскохозяйственном производстве требует рационального соотношения затрат на их привлечение и объема получаемой продукции. Увеличение срока эксплуатации зерноуборочных комбайнов снижает их техническую готовность и увеличивает время простоя для устранения последствий технических отказов. Эксплуатация технологических машин с малым остаточным ресурсом может быть экономически целесообразно при небольшой площади уборки зерновых и зернобобовых культур. Развитие рынка подержанной техники обуславливает целесообразность ее использования в фермерских хозяйствах с небольшой сезонной нагрузкой уборочных машин, так как при высокой технической готовности зерноуборочных комбайнов и низкой сезонной нагрузке увеличиваются затраты на их привлечение. Однако с увеличением площади уборки урожая при низкой надежности машин и большими затратами времени на устранение последствий технических отказов предприятия несут убытки от потерь продукции из-за нарушения агротехнических сроков. В современных условиях требуется обоснование рационального времени простоя зерноуборочных машин для устранения последствий технических отказов с учетом их сезонной нагрузки и основных производственных и природных факторов.

Результаты исследований. Обоснование времени простоя для устранения последствий технического отказа зерноуборочных машин возможно на основе экономико-математического моделирования с учетом основных природных, производственных факторов и сбора статистических данных. Для опре-

деления безотказности зерноуборочных комбайнов используется коэффициент готовности (K_r), который можно представить в виде [1]:

$$K_r = \frac{1}{1 + \frac{T_{р.п}}{t_o}}, \quad \text{или} \quad (1)$$

$$K_r = \frac{1}{1 + \frac{T_{y.o} + T_d}{t_o}},$$

где K_r – коэффициент готовности;
 t_o – наработка на отказ, ч;
 $T_{р.п}$ – время восстановления работоспособности ЗУК, ч;

$T_{y.o}$ – время устранения последствий отказов, ч;

T_d – время ожидания доставки запчастей, ч.

Оценить взаимосвязь времени на устранение последствий отказа, доставки запасных частей и наработки на отказ позволяет коэффициент простоя машин:

$$K_{пр} = \frac{T'_{y.o} + T_d}{t_o} = \frac{T''_{y.o} m_o + T_d}{t_o}, \quad (2)$$

где $T'_{y.o}$ – это суммарная трудоемкость устранения последствий отказа.

В общем виде выражение (1) по определению коэффициента готовности зерноуборочных машин примет вид:

$$K_r = \frac{1}{1 + K_{пр}}. \quad (3)$$

Анализируя выражение (3) можно сделать вывод, что коэффициент готовности тесно взаимосвязан с коэффициентом простоя машин. Так с увеличением коэффициента простоя для устранения последствий



Рис. 1. Зависимость коэффициента готовности от коэффициента простоя
 Fig. 1. Correlation between readiness coefficient and idle time coefficient

устранения технических отказов с 0,2 до 0,9 коэффициент готовности снижается с 0,85 до 0,5 (рис. 1).

Для согласования сезонной нагрузки с коэффициентом простоя зерноуборочного комбайна разработана экономико-математическая модель на основе минимума затрат [2]:

$$U_{с.з} = Z + П + Z_{зап}^{сп} + Z_T \rightarrow \min, \quad (4)$$

где Z – затраты на привлечение зерноуборочных комбайнов в зависимости от технической готовности, руб./га;

$П$ – ущерб от потерь продукции, руб./га.;

$Z_{зап}^{сп}$, Z_T – затраты на техническое обслуживание, ремонт, хранение и топливо в зависимости от коэффициента готовности, руб./га.

В развернутом виде функцию цели можно представить в виде выражения:

$$U_c = \frac{B_k(K_T(K_{пр}))\alpha\gamma_i}{Q} + \frac{0,5K_p K_c Y C Q}{Q_{см} K_{см} K_T(K_{пр})} + Z_{зап}^{сп}(K_T(K_{пр})) + R_T(K_T(K_{пр}))C_T \rightarrow \min, \quad (5)$$

где B_k – рыночная цена ЗУК в зависимости от уровня **технической готовности**, руб.;

α – коэффициент амортизационных отчислений;

γ_i – доля занятости комбайна;

K_p – коэффициент потерь урожая, доля/день;

K_c – коэффициент снижения потерь от сочетания сортов, культур по скороспелости;

$Q_{см}$ – сменная производительность ЗУК, га;

$K_{см}$ – коэффициент сменности;

Q – площадь уборки одного комбайна, га;

C – стоимость получаемой продукции, руб./ц;

$Z_{зап}^{сп}(K_T)$ – затраты на техническое обслуживание, ремонт и хранение в зависимости от коэффициента готовности, руб./га;

$R_T(K_T)$ – расход топлива в зависимости от коэффициента готовности, кг/га;

C_T – стоимость топлива, руб./кг,

Y – урожайность, т/га.

Уравнения, описывающие затраты на использование зерноуборочных комбайнов, техническое обслуживание, ремонт и хранение и расход топлива в зависимости от их технической готовности представлены в работе [2, 3, 7, 8]. Моделированием определены рациональные показатели коэффициента простоя при различной сезонной нагрузке на зерноуборочный комбайн 3 класса. Установлено, что при уменьшении сезонной нагрузки зерноуборочного комбайна коэффициент простоя увеличивается. Так, с уменьшением сезонной нагрузки зерноуборочного комбайна 3 класса с 300 до 200 гектаров, коэффициент простоя увеличивается с 0,2 до 0,8 (рис. 2).

Выявлено, что на коэффициент простоя техноло-

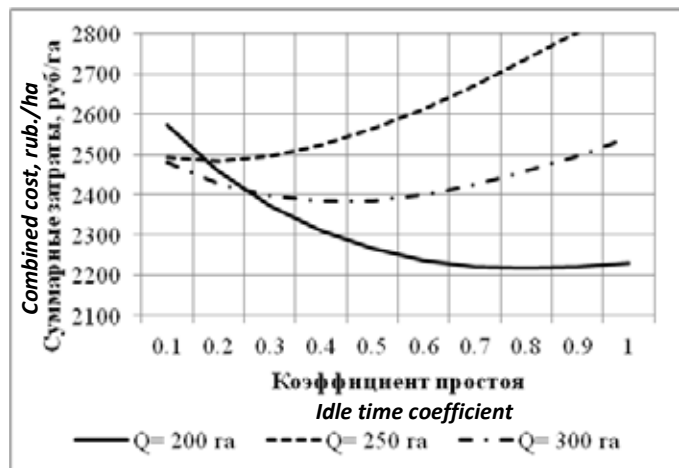


Рис. 2. Зависимость суммарных затрат от коэффициента простоя для устранения последствий технических отказов ($Q_{см} = 12$ га/день; $C = 7\,000$ руб./т; $Y = 1,5$ т/га)
Fig. 2. Correlation between combined cost and idle time coefficient for eliminating the consequences of technical rejection ($Q_{cc} = 12$ ha/day; $C = 7\,000$ rub./t; $Y = 1.5$ t/ha)

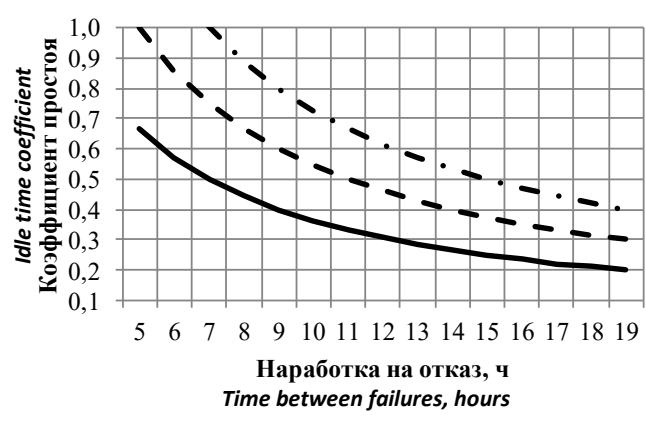
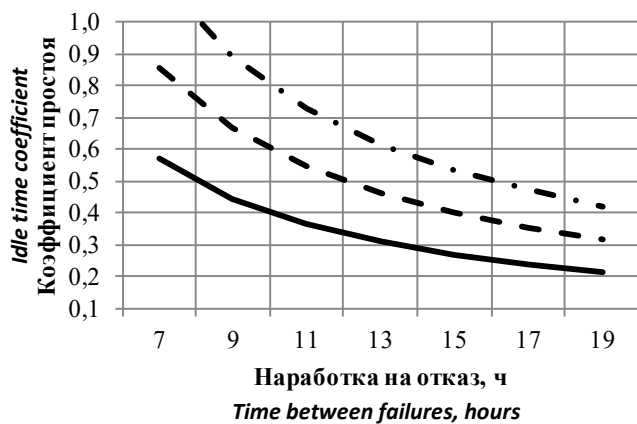


Рис. 3. Зависимость коэффициента простоя от наработки на отказ при различном времени доставки запасных частей (а) и количества отказов (б)
Fig. 3. Correlation between idle time coefficient and time between failures with various times of spare parts delivery (a) and number of failures (b)

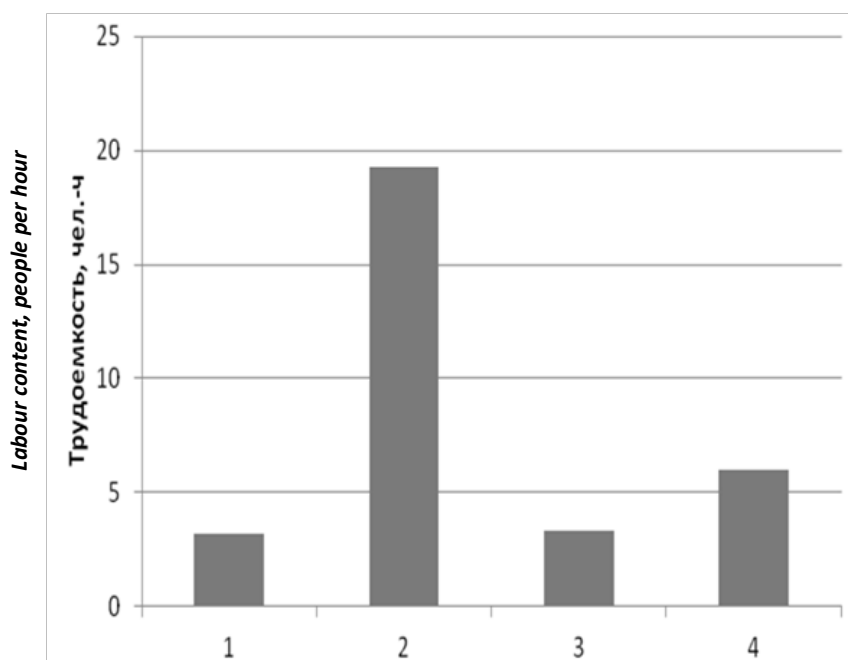


Рис. 4. Значение трудоемкости устранения последствий отказа по агрегатам зерноуборочных комбайнов 3 класса (1 – жатка; 2 – молотильно-сепарирующее устройство; 3 – моторно-силовая установка; 4 – ходовая часть)
 Fig. 4. Labour content of eliminating the consequence of failure according to harvester thresher of the 3rd class (1 – header; 2 – threshing and separating device; 3 – motor power device; 4 – undercarriage)

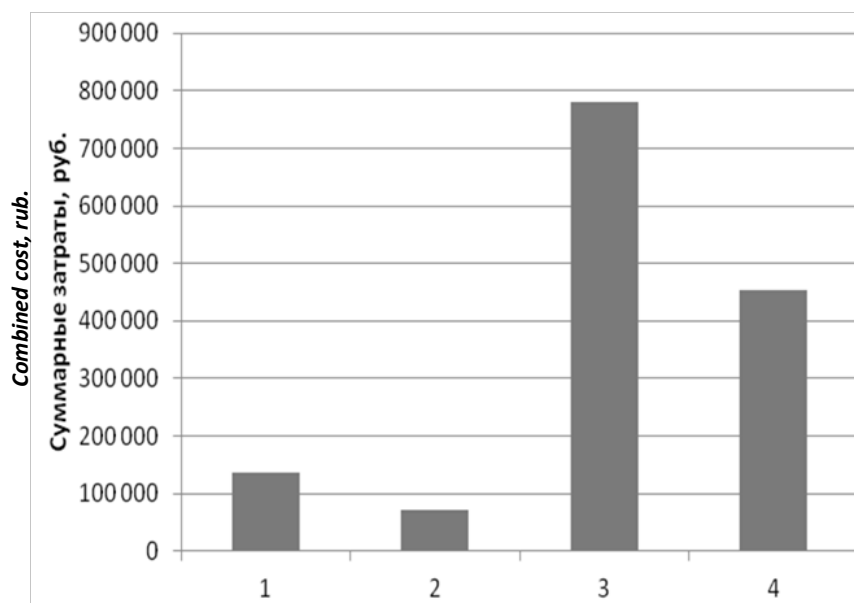


Рис. 5. Значение затрат на ремонтно-обслуживающие воздействия по агрегатам зерноуборочных комбайнов 3 класса (1 – жатка; 2 – молотильно-сепарирующее устройство; 3 – моторно-силовая установка; 4 – ходовая часть)
 Fig. 5. Combined cost of maintenance (1 – header; 2 – threshing and separating device; 3 – motor power device; 4 – undercarriage)

гических машин значительное влияние оказывает время доставки запасных частей (а) и количество отказов (б) (рис. 3). Установлены рациональные показатели времени доставки запасных частей и наработки на отказ при заданном коэффициенте простоя машин. При рациональном показателе коэффициента простоя равном 0,4, необходимо иметь наработку на отказ девять часов и среднее время доставки запасных частей два часа, при увеличении среднего времени доставки до четырех часов, наработка на отказ комбайна должна быть увеличена с девяти

до четырнадцати часов за счет ремонта. При рациональном значении коэффициента простоя 0,5 и увеличении отказов с пяти до десяти, наработка должна быть увеличена с одиннадцати до пятнадцати часов за счет сокращения времени на устранение последствий технических отказов.

Повысить эффективность машиноиспользования возможно за счет увеличения агротехнических сроков уборки при использовании различных по скороспелости культур, сортов и сокращения технологических простоев рациональным построением

уборочно-транспортных комплексов [4–10]. Для увеличения наработки на отказ и снижения количества отказов при агрегатном методе ремонта зерноуборочного комбайна определена его трудоемкость и капиталовложения (рис. 4, 5).

Как видно из рис. 4 и 5, наибольшая трудоемкость устранения последствий технического отказа у молотильно-сепарирующего устройства, а максимальные денежные затраты приходятся на моторно-силовую установку комбайна.

Производственное внедрение результатов исследований по согласованию рационального соотношения времени простоя на устранение последствий технических отказов и сезонной нагрузки зерноуборочного комбайна 3 класса позволило получить годовой экономический эффект до 740 руб./га.

Выводы. Рекомендации.

1. Установлено, что при уменьшении сезонной нагрузки зерноуборочного комбайна коэффициент простоя из-за устранения последствий технических

отказов увеличивается. Так, с уменьшением сезонной нагрузки зерноуборочного комбайна 3 класса с 300 до 200 гектаров, коэффициент простоя увеличивается с 0,2 до 0,8.

2. Определены рациональные показатели времени доставки запасных частей и наработки на отказ зерноуборочного комбайна 3 класса. При рациональном показателе коэффициента простоя равном 0,4, необходимо иметь наработку на отказ девять часов и время доставки запасных частей два часа. С увеличением среднего времени доставки с двух до четырех часов наработка комбайна на отказ должна быть увеличена с девяти до четырнадцати часов.

Резервами повышения безотказности зерноуборочного комбайна является снижение времени на доставку запасных частей и устранения последствий технического отказа, увеличение наработки на отказ за счет агрегатного метода ремонта комбайна перед началом уборки.

Литература

1. Шепелев С. Д., Плаксин А. М., Черкасов Ю. Б. Влияние срока службы и сезонной наработки на показатели эксплуатационной надежности зерноуборочных комбайнов // *Агропромышленный комплекс России*. 2016. Т. 75. № 1. С. 122–126.
2. Шепелев С. Д., Черкасов Ю. Б. Обоснование рационального уровня надежности технологических машин в зерноуборочном процессе // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2015. № 5. С. 58–63.
3. Шепелев С. Д., Шепелев В. Д., Черкасов Ю. Б. Статистические показатели производительности зерноуборочных комбайнов в зависимости от наработки // *Агропродовольственная политика России*. 2015. № 1. С. 36–40.
4. Шепелев С. Д., Черкасов Ю. Б. Обоснование границ эффективности использования накопителя-перегрузжателя // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2013. № 12. С. 199–203.
5. Шепелев С. Д., Шепелев В. Д., Черкасов Ю. Б. Обоснование потребности в трудовых ресурсах при проектировании зерноуборочных процессов // *АПК России*. 2012. Т. 61. С. 100–103.
6. Шепелев С. Д. Согласование параметров технических средств в уборочных процессах // *Вестник ЧГАА*. 2014. Т. 67/1. С. 65–73.
7. Кравченко И. Н. Обоснование технической оснащенности посевных и зерноуборочных процессов в условиях ограниченного ресурсного потенциала растениеводства (на примере лесостепной зоны Зауралья) : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 2012. 18 с.
8. Шепелев С. Д., Окунев Г. А., Черкасов Ю. Б. Влияние срока службы зерноуборочных комбайнов на структуру технологических линий // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2014. № 1. С. 43–45.
9. Эксплуатационно-технологические показатели тракторов общего назначения : монография / Г. А. Окунев. Челябинск : ЧГАА, 2014. 184 с.
10. Cherkasov Yu. B., Shepelev S. D., Shepelev V. D. Differentiation of the seasonal loading of combine harvester depending on its technical readiness // *Procedia Engineering*. 2015. № 129. P. 161–165.

References

1. Shepelev S. D., Plaksin A. M., Cherkasov Yu. B. Influence of service life and seasonal operating time on indicators of operational reliability of combine harvesters // *Agro-industrial complex of Russia*. 2016. Vol. 75. № 1. P. 122–126.
2. Shepelev S. D., Cherkasov Yu. B. Justification of rational level of reliability of technological machines in grain-harvesting process // *Bulletin of the Krasnoyarsk State Agricultural University*. 2015. № 5. P. 58–63.
3. Shepelev S. D., Shepelev V. D., Cherkasov Yu. B. Statistics of productivity of combine harvesters depending on an operating time // *Agrofood policy of Russia*. 2015. № 1. P. 36–40.

4. Shepelev S. D., Cherkasov Yu. B. Justification of limits of efficiency of use of the store loading crane // Bulletin of the Krasnoyarsk State Agricultural University. 2013. № 12. P. 199–203.
5. Shepelev S. D., Shepelev V. D., Cherkasov Yu. B. Justification of need for a manpower at design of grain-harvesting processes // Agrarian and Industrial Complexes of Russia. 2012. Vol. 61. P. 100–103.
6. Shepelev S. D. Coordination of parameters of technical means in harvest processes // ChSAA Bulletin. 2014. Vol. 67/1. P. 65–73.
7. Kravchenko I. N. Justification of technical equipment of sowing and grain-harvesting processes in the conditions of the limited resource potential of crop production (on the example of a forest-steppe zone of the Trans-Ural region) : abstract of dis. ... cand. of tech. sci. Chelyabinsk, 2012. 18 p.
8. Shepelev S. D., Okunev G.A., Cherkasov Yu. B. Influence of service life of combine harvesters on structure of technological lines // News of the Orenburg State Agricultural University. 2014. № 1. P. 43–45.
9. Operational and technological indicators of tractors of general purpose: monograph / G. A. Okunev. Chelyabinsk : ChGAA, 2014. 184 p.
10. Cherkasov Yu. B., Shepelev S. D., Shepelev V. D. Differentiation of the seasonal loading of combine harvester depending on its technical readiness // Procedia Engineering. 2015. № 129. P. 161–165.