

УДК 631.354.2

## ОПТИМИЗАЦИЯ СЛУЖБЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Ряднов А.И.

ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный аграрный университет» Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, Волгоград, e-mail: alex.rjadnov@mail.ru

По результатам экспериментальных исследований определены минимальные суммарные издержки на обслуживание группы зерноуборочных комбайнов, используемых в условиях Волгоградской области. Они соответствуют хозяйствам, в которых годовая наработка зерноуборочных комбайнов с пропускной способностью молотилки 7–9 кг/с находится в пределах 600...750 га. Проведена оптимизация количества агрегатов технического обслуживания. Определено, что при малых (150–170 га) и средних (470–500 га) нагрузках на один зерноуборочный комбайн и числе зерноуборочных комбайнов в группе до 5 штук количество агрегатов технического обслуживания равно 1, при нагрузках выше средних (630–660 га) и высоких (780–810 и 840–870 га) и числе комбайнов в группе более 10 оно соответственно равно 2 и 3. Установлено, что производственная мощность системы технического обслуживания с существующими агрегатами технического обслуживания низка при малых и средних годовых нагрузках на один зерноуборочный комбайн. В связи с этим целесообразно в малых хозяйствах иметь малогабаритные многофункциональные агрегаты технического обслуживания. Рассчитан максимальный радиус обслуживания агрегатами АТО-А и АТО-С, который соответственно равен 60 и 24,5 км.

**Ключевые слова:** оптимизация, служба технического обслуживания (ТО), зерноуборочный комбайн, заправочный агрегат, периодичность ТО, расход топлива

## THE COMBINE HARVESTERS TECHNICAL SUPPORT SERVICES OPTIMIZATION

Ryadnov A.I.

Volgograd state agrarian University, Ministry of agriculture of the Russian Federation,  
Volgograd, e-mail: alex.rjadnov@mail.ru

The minimum total costs of the combine harvesters group service being used in the Volgograd region conditions are identified, based on the experimental researches results. They correspond to households, in which the combine harvesters operating time with swallowing capacity of threshing mill is 7–9 kg/s is within the limits of 600–750 ha. The technical service aggregates number optimization is made. It is determined, that by the small (150–170 ha) and the medium (470–500 ha) loads on one combine harvester and by the combine harvester group up to 5 units the technical service aggregates number equals 1, and by the loads above the average (630–660 ha) and by high loads (780–810 and 840–870 ha), and by the combine number in the group over 10 units it equals correspondingly 2 and 3. It is stated that the technical service system production power with existing technical services aggregates is low at small and medium annual loads on one combine harvester. In connection with it, it is efficient to have compact multifunctional aggregates of technical service in small households. The maximum radius of aggregates service АТО-А and АТО-С is calculated, which correspondingly equals 60 and 24,5 km.

**Keywords:** optimization, technical support service, combine harvester, refueling unit, technical support service periodicity, fuel consumption

В настоящее время в России сложились такие цены на сельскохозяйственную технику, запасные части к ней, топливо-смазочные материалы и на сельскохозяйственную продукцию, что сельскохозяйственные предприятия, реализуя полученную продукцию, не могут в полном объеме заменить устаревшие машины машинно-тракторного парка на новые, высокопроизводительные, что влечет машинно-тракторный парк большинства сельскохозяйственных предприятий к старению. При этом значительно увеличиваются расходы денежных и материальных средств на техническое обслуживание и ремонт машин сельскохозяйственного назначения, особенно в мелких хозяйствах, в том числе и фермерских. Поэтому оптимизация состава службы технического обслуживания зерноуборочных

комбайнов при различной их годовой нагрузке является актуальной задачей.

**Цель исследования** – оптимизация состава службы технического обслуживания зерноуборочных комбайнов при различной их годовой нагрузке.

### Материалы и методы исследования

Оптимизация состава службы технического обслуживания зерноуборочных комбайнов осуществлялась на основе теории массового обслуживания с использованием данных, полученных по результатам сбора и математической обработки статистической информации.

### Результаты исследования и их обсуждение

Фермерские хозяйства практически не имеют ремонтно-обслуживающей базы. Так, по данным ГОСНИТИ и «Информагро-

тех» оснащенность ремонтно-технологическим оборудованием крестьянских (фермерских) хозяйств Московской и Ярославской областей составляет всего лишь 15...25%. Машинообеспеченность крестьянских хозяйств превышает соответствующие нормативы для крупных хозяйств в среднем в 4,09 раза. Однако, несмотря на это, в них выполняется не более 33,4% полевых механизированных работ в оптимальные агротехнические сроки. Это объясняется крайне слабой ремонтно-обслуживающей базой.

По данным ГОСНИТИ при рациональной организации работ время на технический сервис сокращается на 8...12%, ремонт – на 20...28%.

Требуется новый подход к организации технического сервиса машин в АПК, в том числе и зерноуборочных комбайнов. При этом необходимо использовать опыт, накопленный как в нашей стране, так и в других странах с развитой рыночной экономикой.

Эффективность использования зерноуборочных комбайнов существенно зависит от организации системы технического обслуживания. Потребность в техническом обслуживании зерноуборочных комбайнов вызывается многими обстоятельствами: они нуждаются в периодической заправке топливом и охлаждающей жидкостью; в процессе их использования теряется работоспособность, а для восстановления ее требуется полевой ремонт; они нуждаются в периодическом обслуживании для предупреждения отказов и неисправностей, что обеспечивается такими видами работ, как проверочно-осмотровые, очистительно-моечные, смазочные, регулировочно-диагностические и крепежные. Техническое обслуживание зерноуборочных комбайнов осуществляется службой технического обслуживания. С целью эффективного функционирования этой службы необходимо оптимизировать количество основных системообразующих объектов, к которым относятся заправщики, агрегаты технического обслуживания и машины полевого ремонта. Теоретические предпосылки оптимизации службы технического обслуживания зерноуборочных машин даны в работах [4, 6].

Для определения количества заправочных агрегатов необходимо иметь, в первую очередь, данные по расходу топлива зерноуборочными комбайнами на один гектар убранной площади  $Q_{га}$ . Имея такие данные и также зная максимальную сменную производительность комбайна в течение уборочного сезона, объем заправщика  $V_3$ , количество рейсов заправщика за смену  $m_p$ , можно определить количество заправочных

агрегатов  $N_{М.З}$  на один зерноуборочный комбайн по формуле

$$N_{М.З} = \frac{Q_{га} W_{см}^{max}}{V_3 m_p \Delta}, \quad (1)$$

где  $\Delta$  – коэффициент использования емкости (в расчетах принимаем равным 0,95).

В результате экспериментальных данных определен расход дизельного топлива, приходящийся на один гектар убранной площади, в хозяйствах с различной годовой нагрузкой на один уборочный агрегат. Следует отметить, что расход дизельного топлива, приходящийся на один гектар убранной площади, определялся с учетом расхода топлива на холостые переезды зерноуборочных комбайнов, на остановках при работающем двигателе, а также при техническом обслуживании и полевом ремонте.

Данные показывают, что минимальный эксплуатационный расход топлива уборочной техникой в тех хозяйствах, у которых нагрузка на один зерноуборочный комбайн равна 600–800 га за сезон. Именно в таких хозяйствах максимально используется время смены при минимальных холостых переездах зерноуборочных комбайнов. Для малых хозяйств существенны затраты времени на устранение технологических отказов, большинство из которых устраняются при работающем двигателе. Данные причины оказали основное влияние на характер изменения эксплуатационного расхода топлива.

Важным с точки зрения расхода топлива парком зерноуборочных комбайнов хозяйства является информация о расходе топлива зерноуборочными комбайнами различного года эксплуатации. Нами получена такая статистическая информация.

Рассматривая зависимость изменения расхода топлива, приходящегося на 1 га убранной площади, от года эксплуатации зерноуборочного комбайна с пропускной способностью молотилки 7–9 кг/с, можно также отметить, что расход снижается только в первые три года и незначительно. Максимальные затраты приходятся на первый год эксплуатации. Очевидно, это связано с повышенным расходом топлива во время приработки элементов топливной аппаратуры двигателя и рабочих органов самого зерноуборочного комбайна.

Результаты расчета показали, что в хозяйствах с малым количеством зерноуборочных комбайнов ( $N_k = 1...3$ ) неэффективно иметь механизированные заправщики типа МЗ-3904 и большей емкости. При числе комбайнов в парке хозяйства, например  $N_k = 20$ , достаточно иметь 2 механизированных заправщика типа МЗ-3904 при малых

(до 150 га) и больших (более 800 га) годовых нагрузках на один комбайн, а в остальных случаях – один.

С целью выявления наиболее эффективной системы технического обслуживания выполнены расчеты суммарных издержек на ТО зерноуборочных комбайнов. При

этом рассматривались варианты различной интенсивности использования зерноуборочных комбайнов в хозяйствах Волгоградской области, а также при вариации количества каналов обслуживания системой. Для этого был рассмотрен граф состояний зерноуборочных комбайнов (рис. 1).

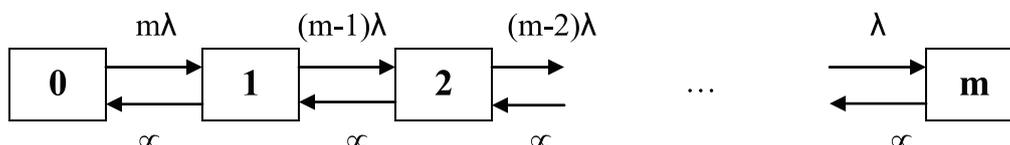


Рис. 1. Граф возможных состояний одноканальной системы массового обслуживания по устранению отказов зерноуборочных комбайнов:

0 – все комбайны исправны, и звено мастеров-наладчиков простаивает;  
1 – имеется один отказ, и он устраняется; 2 – имеется два отказа, из которых один устраняется, а другой ожидает своей очереди; m – отказали все машины, из которых одна обслуживается, а остальные ожидают очереди

В соответствии с рис. 1 рассчитаны плотность потока требований  $\lambda$  и интенсивность обслуживания  $\mu$  для хозяйств с различной годовой нагрузкой на один зерно-

уборочный комбайн и разным количеством комбайнов в хозяйстве, табл. 1. Нами принято, что доля отказов, устраняемых выездным звеном, равна 60%.

Таблица 1

Плотность потока требований  $\lambda$ , интенсивность обслуживания  $\mu$  и показатель  $\rho$  зерноуборочных комбайнов

Показатель	Количество комбайнов в хозяйстве	Годовая наработка, га				
		150–170	470–500	630–660	780–810	840–870
$\lambda$ , 1/ч	1	0,050	0,041	0,039	0,040	0,041
	5	0,25	0,205	0,195	0,200	0,205
	10	0,50	0,410	0,390	0,400	0,410
	15	0,75	0,615	0,585	0,600	0,615
	20	1,00	0,820	0,780	0,800	0,820
$t_z$ , ч		0,4	0,3	0,2	0,3	0,4
$t_n$ , ч		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
$t_{пер}$ , ч		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
$t_b$ , ч		2,12	1,80	1,67	1,51	1,59
$\mu$ , 1/ч		0,318	0,368	0,402	0,412	0,383
$\rho = \lambda/\mu$	1	0,157	0,111	0,097	0,097	0,107
	5	0,786	0,557	0,485	0,485	0,535
	10	1,572	1,114	0,970	0,971	1,070
	15	2,358	1,671	1,455	1,456	1,606
	20	3,144	2,228	1,940	1,942	2,141

В качестве ограничения по количеству зерноуборочных комбайнов, обслуживаемых передвижными средствами технического обслуживания и ремонта, принята величина среднего времени ожидания обслуживания.

Приведенные затраты, связанные с простоем зерноуборочного комбайна,  $C_k$  приняты нами по данным работы [1], а приведенные затраты, связанные с содержанием агрегата технического обслуживания,  $C_{агр.}$  – по данным работы [2]. Указанные затраты

уточнены в связи с изменением стоимости ресурсов с 1985 по 2013 год.

Из табл. 1 видно, что система технического обслуживания является одноканальной ( $\rho > 1$ ), если в хозяйстве используются не более 5 зерноуборочных комбайнов во всех вариантах годовой нагрузки и не более 10 комбайнов при нагрузках 648 и 791 га, во всех остальных случаях система многоканальная.

Время ожидания зерноуборочным комбайном начала обслуживания  $t_{ож}$  определим по зависимости:

$$t_{ож} = \frac{M\rho^{M+1}}{\lambda M!(M-\rho)^2} P_0, \quad (2)$$

где  $M$  – число каналов обслуживания;  $P_0$  – вероятность того, что в момент поступления зерноуборочного комбайна на обслуживание все каналы системы окажутся свободными,  $P_0$  определяли по таблице, приведенной в работе.

Результаты расчетов  $P_0$  представлены в табл. 2.

**Таблица 2**

Время ожидания зерноуборочным комбайном начала обслуживания

Показатель	Количество комбайнов в хозяйстве	Годовая наработка, га				
		150–170	470–500	630–660	780–810	840–870
$t_{ож}$	1	0,59	0,34	0,27	0,26	0,31
	5	11,5	3,42	2,34	2,29	3,00
	10	5,65	1,30	1,30	1,08	1,04
	15	3,20	4,80	4,80	2,70	5,00
	20	2,2	2,20	1,00	1,10	1,30

Средняя длительность обслуживания  $\Theta$  определена в зависимости от времени ожидания зерноуборочным комбайном начала обслуживания  $t_{ож}$  и числа каналов обслуживания  $M$  по номограмме работы [3].

В результате математической обработки данных построены зависимости суммарных издержек на обслуживание группы комбайнов от годовой их наработки и числа обслуживающих звеньев  $M$  (рис. 2).

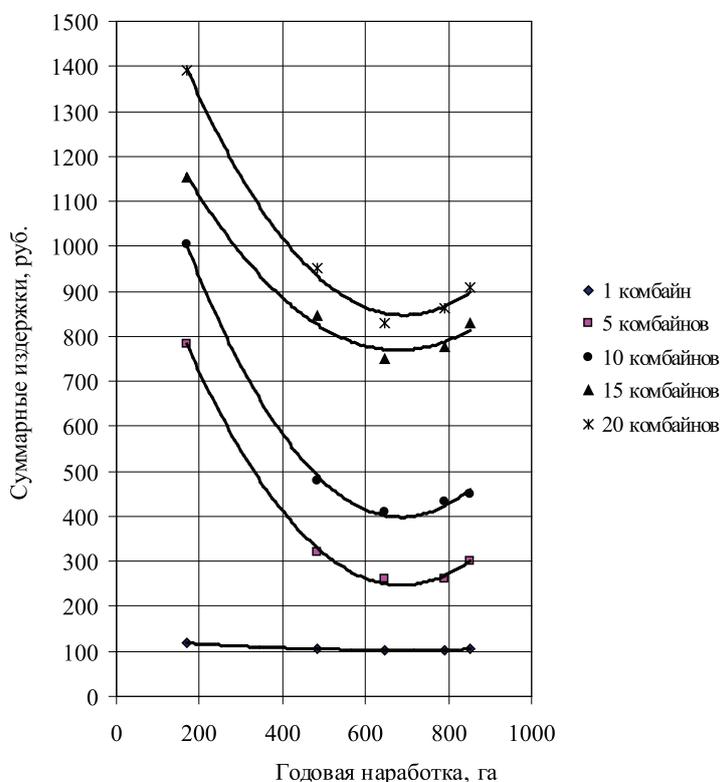


Рис. 2. Зависимость суммарных издержек на обслуживание группы комбайнов от годовой их наработки и числа обслуживающих звеньев

Из рис. 2 следует:

1. Минимальные суммарные издержки на обслуживание группы комбайнов соответствуют хозяйствам, в которых годовая наработка зерноуборочных комбайнов с пропускной способностью молотилки 7–9 кг/с находится в пределах 600...750 га, которые соответствуют полученному ранее интервалу наработки по другому критерию – обобщенному коэффициенту эффективности использования зерноуборочных комбайнов [5].

2. Оптимальное количество агрегатов технического обслуживания при малых (150–170 га) и средних (470–500 га) нагрузках на один зерноуборочный комбайн и числе зерноуборочных комбайнов в группе до 5 штук равно 1, при нагрузках выше средних (630–660 га) и высоких (780–810 и 840–870 га) и числе комбайнов в группе более 10 равно соответственно 2 и 3.

3. Производственная мощность системы технического обслуживания с существующими агрегатами технического обслуживания низка при малых средних годовых нагрузках на один зерноуборочный комбайн. В связи с этим целесообразно в малых хозяйствах иметь малогабаритные многофункциональные агрегаты технического обслуживания.

Максимальный радиус обслуживания зерноуборочных комбайнов передвижным агрегатом технического обслуживания определен нами по формуле

$$R_{\text{АТО}} = 0,5 T_{\text{см}} \tau_{\text{АТО}} v_{\text{АТО}}, \quad (3)$$

где  $\tau_{\text{АТО}}$  – коэффициент использования времени смены  $T_{\text{см}}$  агрегатом технического обслуживания;  $v_{\text{АТО}}$  – средняя скорость агрегата технического обслуживания.

В расчетах принято  $\tau_{\text{АТО}} = 0,7$  – среднее время на поездки агрегата технического обслуживания не должно превышать 70% времени смены, при использовании АТО-А  $v_{\text{АТО}} = 25$  км/ч, АТО-С – 10 км/ч.

Максимальный радиус обслуживания агрегатом АТО-А равен 60 км, АТО-С – 24,5 км.

### Выводы

1. Суммарные затраты денежных средств на техническое обслуживание зерноуборочных комбайнов существенно зависят от годовой наработки машин. Они минимальны при годовой наработке 600–700 га.

2. Количество агрегатов технического обслуживания в хозяйстве определяется, в первую очередь, годовой нагрузкой на

один комбайн и числом комбайнов в звене уборочно-транспортного комплекса.

3. Целесообразно в малых хозяйствах иметь малогабаритные многофункциональные агрегаты технического обслуживания.

### Список литературы

1. Морозов А.Х. Оптимизация состава, режимов работы агрегатов и механизированных комплексов – Волгоград: Волгоградский СХИ, 1987. – 68 с.
2. Морозов А.Х., Ряднов А.И. Снижение потерь зерна за зерноуборочным комбайном путем оптимизации его надежности // Сб. науч. тр. ВСХИ. – Волгоград, 1985. – Т. 91. – С. 18–22.
3. Павлов Б.В., Пушкарева П.В., Щеглов П.С. Проектирование комплексной механизации сельскохозяйственных предприятий. – М.: Колос, 1982. – 288 с.
4. Ряднов А.И. Методы оценки эффективности уборки сельскохозяйственных культур: монография; Волгоградская гос.с.-х. акад. – Волгоград, 2008. – 108 с.
5. Ряднов А.И. Результаты оценки эффективности технического обслуживания зерноуборочных комбайнов / А.И. Ряднов, О.А. Федорова, А.В. Захаров // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2009. – № 1.
6. Ряднов А.И. Теоретические предпосылки оптимизации системы технического обслуживания зерноуборочных комбайнов / А.И. Ряднов, О.А. Федорова, А.В. Захаров // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2011. – № 4.

### References

1. Morozov A.Kh. Optimizatsiya sostava` rezhimov raboty agregatov i mekhanizirovannykh kompleksov/ Volgogradskiy SHI, 1987. 68 p.
2. Morozov A.Kh., Ryadnov A.I. Snizhenie poter zerna za zernouborochnym kombainom putyom optimizatsiiy ego nadezhnosti // Sb.nauch. tr. WSHI. Volgograd, 1985. T. 91, pp. 18–22.
3. Pavlov B.V., Pushkareva P.V., Scheglov P.S. Projektirovaniye kompleksnoy mekhanizatsii sel'skohozyaystvennykh predpriyatiy. M.: Kolos, 1982. 288 p.
4. Ryadnov A.I. Metody otsenki effektivnosti uborki sel'skohozyaystvennykh kultur: monographiya; Volgogradskaya gos. s-h akad. Volgograd, 2008. 108 p.
5. Ryadnov A.I. Resultaty otsenki effektivnosti tekhnicheskogo obsluzhivaniya zernouborochnykh kombajnov / A.I. Ryadnov, O.A. Fedorova, A.V. Zacharov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa, no. 1, 2009.
6. Ryadnov A.I. Teoreyicheskije predposylki optimisazii sistemy tekhnicheskogo obsluzhivaniya zernouborochnykh kombajnov / A.I. Ryadnov, O.A. Fedorova, A.V. Zacharov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka I vyssheje professionalnoye obrazovaniye, 2011, no. 4.

### Рецензенты:

Пындак В.И., д.т.н., профессор кафедры «Механика», ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный аграрный университет», г. Волгоград;

Абезин В.Г., д.т.н., профессор кафедры «Процессы и машины в АПК», ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный аграрный университет», г. Волгоград.

Работа поступила в редакцию 15.05.2014.