

УДК 631.3: 633.11

05.00.00 Технические науки

**ИНЖЕНЕРНАЯ МЕТОДИКА ДЛЯ
ОБОСНОВАНИЯ
РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕГО ЗАПАСА
ДЕТАЛЕЙ ИЗ УТИЛИЗИРОВАННЫХ
АГРЕГАТОВ**

Чеботарев Михаил Иванович
д.т.н., профессор
РИНЦ SPIN-код=9399-4280

Шапиро Евгений Александрович
к.т.н., доцент
РИНЦ SPIN-код=5975-4917

Черноиванов Александр Геннадьевич
РИНЦ SPIN-код=4770-7503
*ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный
аграрный университет», Краснодар, Россия*

В настоящей статье рассматривается метод повышения надежности и эффективности функционирования технологических комплексов уборки зерновых путем создания ресурсосберегающего запаса деталей из утилизированных агрегатов. Рассмотрены теоретические предпосылки к расчету ресурсосберегающего запаса деталей и узлов из утилизированных агрегатов. Рассмотрены четыре условия, при которых полиномиальный закон распределения с достаточной степенью точности сводится к другим математическим моделям. Для оценки рабочей гипотезы было проведено исследование накопленных частот коэффициента сменяемости K_c преобладающей номенклатуры расходимых запасных частей (ЗПЧ) к зерноуборочным комбайнам 9880i SNS (John Deere), CR-9060 (New Holland) и РСМ-181 «Торум-740». Для проверки рабочей гипотезы также исследовались данные по отказам конструктивных элементов зерноуборочных комбайнов Lexion 580, эксплуатируемых в хозяйствах Краснодарского края

Ключевые слова: РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЙ ЗАПАС, АГРЕГАТЫ, УТИЛИЗАЦИЯ, ЗАПАСНЫЕ ЧАСТИ, ЗЕРНОУБОРОЧНЫЕ КОМБАЙНЫ, КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Doi: 10.21515/1990-4665-127-034

UDC 631.3: 633.11

Technical sciences

**ENGINEERING METHODOLOGY FOR
JUSTIFICATION OF RESOURCE-
SAVING SUPPLY OF PARTS FROM
SCRAPPED UNITS**

Chebotarev Mihail Ivanovich
Dr. Sci. Tech., professor
RSCI SPIN-code=9399-4280

Shapiro Evgeniy Alecsandrovich
Candidate of Technical Science, Docent;
RSCI SPIN-code=5975-4917

Chernoivanov Alexander Gennadevich
RSCI SPIN-code=4770-7503
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

This article discusses a method of improving the reliability and efficiency of technological systems of grain harvesting by creating a resource-efficient stock of parts from scrapped units. We consider the theoretical background to the calculation of resource-saving supply of parts and components from recycled aggregates. The four conditions under which the multinomial distribution law with a sufficient degree of accuracy is reduced to other mathematical models. To assess a working hypothesis, a study was conducted of the accumulated frequencies of the ratio of change of the COP predominant item of consumable spare parts (HRA) to 9880i combine harvesters SNS (John Deere), CR-9060 (New Holland) and RSM-181 "Torum-740". To check the working hypothesis we also studied data on the failure of structural elements Lexion 580 combine harvesters in operation in the farms of the Krasnodar region

Keywords: RESOURCE-
SAVING SUPPLY,
MACHINERY,
RECYCLING,
SPARE PARTS,
COMBINE HARVESTERS,
STRUCTURAL
ELEMENTS

Актуальность темы исследования. Повышение надежности и эффективности функционирования технологических комплексов уборки зерновых имеет большое экономическое значение, поскольку затраты на

техническую эксплуатацию средств механизации намного превышают их первоначальную стоимость, а решение проблемы надежности позволяет экономить значительные средства.

Эффективное использование зерноуборочных комбайнов всегда было одним из важнейших условий выполнения работ в оптимальные агротехнические сроки. Оснащение с.-х производства новыми высокопроизводительными тракторами, широкозахватными орудиями, уборочными машинами повышенной пропускной способности, расширение сети стационарных пунктов первичной переработки продукции – все это требует новых организационных форм ведения механизированных работ в целях обеспечения эффективного использования машин и получения высоких урожаев.

Одна из таких форм, учитывающая коллективный характер труда, сложность эксплуатации современной техники и особенности технологических процессов, - организация технологических линий и комплексов.

Вместе с тем, применяемые в настоящее время методы повышения надежности и эффективности функционирования технологических комплексов, не учитывают в достаточной мере предусматриваемого теорией надежности принципа резервирования составных частей машин путем создания ресурсосберегающего запаса деталей из утилизированных агрегатов.

В настоящей статье рассматривается метод повышения надежности и эффективности функционирования технологических комплексов уборки зерновых путем создания ресурсосберегающего запаса деталей из утилизированных агрегатов.

Весомый вклад в разработку проблемы повышения надежности и эффективности использования средств механизации сельского хозяйства внесли: А.И. Бурьянов, А.Т. Лебедев, П.П. Лезин, Э.И. Липкович, В.П.

Лялякин, Г.Г. Маслов, В.М. Михлин, В.Н. Плешаков, В.Б. Рыков, А.Т. Табашников, Е.И. Трубилин, М.И. Тишкин, Ю.А. Царев, М.И. Чеботарев, С.С. Черепанов, Е.А. Шапиро и многие др. ученые [1,3,5,7,8,12].

В качестве одного из направлений повышения надежности и эффективности функционирования производственных процессов, использования агрегатов, звеньев, технологических комплексов и поточных линий ученые рассматривают обоснование ресурсосберегающего запаса деталей и узлов.

Однако, применяемые в настоящее время методы повышения надежности и эффективности функционирования технологических комплексов, не учитывают в достаточной мере принципа ресурсосбережения при создании ресурсосберегающего запаса деталей и узлов в хозяйствах для использования их в условиях технологических линий. На основании вышеизложенного были сформулированы цель, задачи и гипотеза исследования.

Цель работы – повышение надежности и эффективности функционирования технологических комплексов уборки зерновых в хозяйствах АПК Краснодарского края путем создания ресурсосберегающего запаса деталей и узлов из утилизированных агрегатов.

Объект исследования – процесс функционирования технологических комплексов уборки зерновых в условиях АПК Краснодарского края.

Предмет исследования – методы повышения надежности и эффективности функционирования технологических комплексов уборки зерновых путем создания ресурсосберегающего запаса деталей и узлов из утилизированных агрегатов в хозяйствах АПК Краснодарского края, для использования их при отказах комбайнов в рядовых условиях эксплуатации.

Рабочая гипотеза исследования - теоретический анализ предмета исследования позволил сделать предположение о том, что в основу общей математической модели формирования ресурсосберегающего запаса деталей и узлов из утилизированных агрегатов в хозяйствах, для повышения эффективности функционирования технологических комплексов уборки зерновых, может быть положен полиномиальный закон распределения. При этом делается допущение, что в математической модели полиномиального закона распределения, вероятностью наступления двух и более кратных отказов деталей и узлов зерноуборочных комбайнов можно пренебречь.

Задачи исследования:

1. Разработать предусматриваемые теорией надежности математические модели расчета ресурсосберегающего запаса деталей и узлов из утилизированных агрегатов в хозяйствах, для использования их при отказах комбайнов в рядовых условиях эксплуатации.

2. Выполнить экспериментальную проверку выдвинутой гипотезы: на основе анализа установить допустимость применения полиномиального закона распределения для описания процесса формирования ресурсосберегающего запаса деталей и узлов из утилизированных агрегатов, для использования их при отказах комбайнов в полевых условиях;

Для проверки гипотезы исследования была разработана исходная математическая модель оценки и обоснования ресурсосберегающего запаса деталей и узлов из утилизированных агрегатов.

В этой модели реализован инновационный метод повышения надежности и эффективности функционирования технологических комплексов уборки зерновых, основанный на применении полиномиального закона распределения:

$$P_m(t) = \frac{n!}{m_0!m_1!\dots m_k!} P_0^{m_0} P_1^{m_1} \dots P_k^{m_k}, \quad (1)$$

где n – количество зерноуборочных комбайнов в технологическом звене;

$m_0, m_1, m_2, \dots, m_k$ ($m_k(\sum_{j=0}^k m_j = n)$) – соответственно количество

безотказных исходов; количество конструктивных элементов, отказавших

один раз, дважды, ..., k - раз с вероятностями $P_0, P_1, P_2, \dots, P_k$ ($\sum_{j=0}^k P_j = 1$) за

период t , под которым можно понимать сезон эксплуатации комбайнов,

интервал между смежными поставками деталей и узлов из

утилизированных агрегатов и т.д.

Вероятность (1) вычисляется непосредственно (при малых n_r) или путем логарифмирования. Если n_r велико, а $P_j(j=0,1,\dots,r)$ имеют порядок $1/n_r$ для вычисления вероятности (1) можно использовать распределение Пуассона:

$$\begin{aligned} P_m(t) &\approx e^{-n_r(P_0+\dots+P_k)} \frac{(n_r P_0)^{m_0} \dots (n_r P_k)^{m_k}}{m_0! \dots m_k!} = \\ &= \prod_{j=0}^k e^{-n_r P_j} \frac{(n_r P_j)^{m_j}}{m_j!} = \prod_{j=0}^k Y(m_j; n_r P_j), \end{aligned} \quad (2)$$

где $\prod_{j=0}^k Y(m_j; n_r P_j)$ - многомерное распределение Пуассона, для которого

значение функции $Y(m; n_r P_j)$ табулировано.

Поскольку вероятностью наступления двух и более кратных отказов конструктивных элементов комбайнов можно пренебречь, т.е. для $j=0,1$ выражение (9) можно заменить биномиальным распределением

$$P_m(t) = C_{n_r}^{m_l} P_0^{m_0} P_1^{m_l} = C_{n_r}^{m_l} P_1^{m_l} (1 - P_1)^{n_r - m_l}, \quad (3)$$

где $C_{n_r}^{m_l}$ - число сочетаний из m_l элементов по n_r .

Рассмотрены теоретические предпосылки к расчету ресурсосберегающего запаса деталей и узлов из утилизированных агрегатов.

Рассмотрены четыре условия, при которых полиномиальный закон распределения с достаточной степенью точности сводится к другим математическим моделям.

Условие 1. При $nr \rightarrow \infty$ и $k_c \rightarrow 0$ так, что nrk_c остается постоянной, биномиальное распределение сходится к распределению Пуассона с параметром $\lambda = nrk_c$. Приближение по данным теории вероятностей вполне приемлемо для случая $nr > 0,10$. $k_c < 0,10$.

Поэтому при расчетах ресурсосберегающего запаса деталей и узлов из утилизированных агрегатов предлагается использовать следующие математические модели

$$P_m(t) \approx \exp[-nrk_c] \frac{(nrk_c)^m}{m!}; \quad (4)$$

$$F_m(t) = 1 - \sum_{i=m}^{\infty} \exp[-nrk_c] \frac{(nrk_c)^i}{i!}. \quad (5)$$

где r – число конструктивных элементов одного наименования в конструкции комбайна; k_c – коэффициент сменяемости конструктивных элементов.

Условие 2. При $nr \rightarrow \infty$ биномиальное распределение сходится к нормальному распределению с параметрами $\mu = nrk_c$ и $\sigma^2 = nrk_c(1 - k_c)$

При $nrk_c(1 - k_c) > 9$ и $\frac{1}{nr+1} < k_c < \frac{nr}{nr+1}$ можно использовать приближенные зависимости

$$P_m(t) \approx \frac{1}{\sqrt{nrk_c(1 - k_c)}} \varphi\left(\frac{m - nrk_c}{\sqrt{nrk_c(1 - k_c)}}\right), \quad (6)$$

где $\varphi(t)$ – дифференциальная функция (функция плотности вероятности) стандартного нормального распределения наработки t , которая определяется из выражения

$$\varphi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{t^2}{2}\right]. \quad (7)$$

При этом функция вероятности $F_m(t)$ определяется соотношением:

$$F_m(t) \approx \frac{1}{2} + \Phi_0\left(\frac{m - \frac{1}{2} - nrk_c}{\sqrt{nrk_c(1-k_c)}}\right), \quad (8)$$

где $\Phi_0(t)$ – интегральная функция стандартного нормального распределения наработки t .

Условие 3. В случаях отсутствия отказов при подконтрольной эксплуатации зерноуборочных комбайнов ($m=0$) вероятность наступления хотя бы одного отказа конструктивного элемента комбайна при nr испытаниях равна

$$P_{m=1}(t) = 1 - P_{m=0}(t) = 1 - (1 - k_c)^{nr}. \quad (9)$$

Выражение (9) вычисляется непосредственно, при этом для расчета ресурсосберегающего запаса деталей и узлов из утилизированных агрегатов можно использовать бином Ньютона, разложение которого имеет вид

$$(a + b)^N = a^N + Na^{N-1}b + \frac{N(N-1)}{2!}a^{N-2}b^2 + \dots + Nab^{N-1} + b^N. \quad (10)$$

где a, b – переменные; N – неотрицательное число.

С учетом выражений (9) и (10), получим:

$$(1 - k_c)^{nr} = 1 - nrk_c + \frac{nr(nr-1)}{2}k_c^2 + \dots \quad (11)$$

В этом выражении коэффициент сменяемости k_c довольно мал. С учетом этого выражение для вероятности $P_{m=1}(t)$ принимает вид

$$P_{m=1}(t) \approx nrk_c - \frac{nr(nr-1)}{2}k_c^2. \quad (12)$$

Условие 4. В инженерных расчетах для определения ресурсосберегающего запаса деталей и узлов из утилизированных агрегатов можно использовать также рекуррентную формулу биномиального распределения

$$f(x+1; nr, k_c) = f(x; nr, k_c) \left(\frac{nr-x}{x+1} \right) \left(\frac{k_c}{1-k_c} \right). \quad (13)$$

где $f(x+1; nr, k_c)$ – рекуррентная формула биномиального распределения.

Для оценки гипотезы исследования было проведено исследование накопленных частот коэффициента сменяемости K_c преобладающей номенклатуры расходуемых запасных частей (ЗПЧ) к зерноуборочным комбайнам 9880i SNS (John Deere), Lexin-580 (Claas), CR-9060 (New Holland) и РСМ-181 «Торум-740». В результате исследования было установлено, что преобладающая номенклатура ЗПЧ для этих комбайнов (более 90%) имеет значение $K_c < 0,5$ (рисунок 1). Это удовлетворяет первому условию гипотезы исследования.

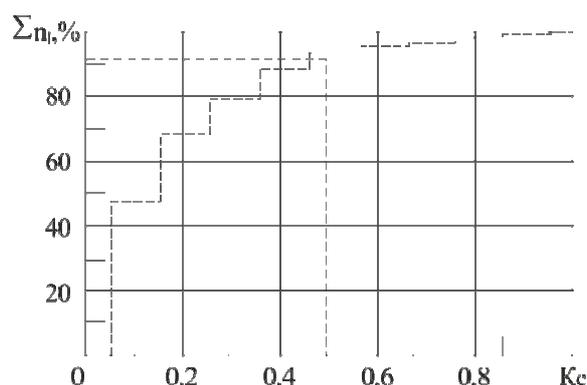


Рисунок 1 – Накопленные частоты коэффициента сменяемости K_c

Конечно, в отдельных случаях коэффициенты сменяемости конструктивных элементов для зерноуборочных комбайнов за сезон

эксплуатации могут быть и больше единицы, а отдельные элементы за сезон эксплуатации вообще могут не отказывать, но в нашем случае речь идет о расходуемых запасных частях, что и указывает рисунок 1.

Поэтому для деталей, технический ресурс которых распределен по нормальному и экспоненциальному законам распределения (коэффициент вариации соответственно равен $v = 0,3$ и $v = 1,0$) с помощью методики [1] были рассчитаны (таблица 1) и построены зависимости вероятности $P_j = f(K_c, v)$, $j = 0, 1, \dots, 3$ (рисунок 2).

Таблица 1 – Вероятности безотказных исходов, наступления одно, двух, трех кратных отказов (замен) деталей при значении коэффициента вариации их ресурса $v=0,3$

Коэффициент, K_c	Вероятности			
	P_0	P_1	P_2	P_3
0	1,000	0	0	0
0,2	0,788	0,212	0,000	0,000
0,4	0,601	0,387	0,012	0,000
0,6	0,420	0,562	0,018	0,000
0,8	0,233	0,737	0,030	0,000
1,0	0,088	0,881	0,081	0,001
1,2	0,030	0,762	0,206	0,002
1,4	0,009	0,600	0,387	0,004

Анализ этих зависимостей позволил обосновать основную и первую дополнительную гипотезу, поскольку в расчетах вероятностью наступления 2-х и более кратных отказов можно пренебречь.

Изучение литературных источников [1,3,5,7,8,10,12] позволило установить, что около 60% сменяемых конструктивных элементов зерноуборочных комбайнов имеет значение коэффициента вариации их ресурса $v \leq 0,3$.

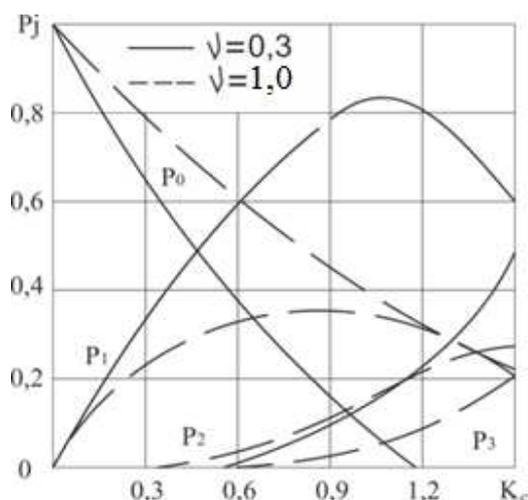


Рисунок 2 – Графики зависимости $P_j = f(K_c, \nu)$, $j = 0, 1, \dots, 3$

В таблице 2 приведены результаты расчета, а на рисунке 3 представлены графики вероятностей наступления $j=0, 1, 2, \dots, 4$ кратных отказов (замен) конструктивных элементов зерноуборочных комбайнов отечественного и зарубежного производства в течение сезона эксплуатации.

Эти графики были рассчитаны при значении коэффициента сменяемости $K_c = 0,5$ для случая распределения технического ресурса конструктивного элемента по нормальному закону ($\nu=0,3$). Здесь также же представлены графики накопленных вероятностей: вероятности того, что кратность замен элементов в течение сезона эксплуатации будет не более некоторого числа

$K = 0, 1, \dots, 4$:

$$P\{J \leq K\} = \sum_{j=0}^K P_j(K_c = 0,5; \nu = 0,3), \quad (14)$$

а также вероятности того, что кратность замен конструктивных элементов зерноуборочных комбайнов в течение сезона их эксплуатации буде больше заданного числа $K=0, 1, \dots, 4$:

$$P\{J \geq K\} = 1 - P\{j \leq K\} = 1 - \sum_{j=0}^K P_j(K_c = 0,5; \nu = 0,3). \quad (15)$$

Аналогичные зависимости для вероятностей $P_m (K_c = 0,5)$, $P\{J \leq K\}$ и $P\{J \geq K\}$ рассчитаны и при $\nu=1,0$ (таблица 2).

Из рисунка 1 следует, что для конструктивных элементов со значением $K_c \leq 0,5$ шт/комбайн · сезон эксплуатации вероятность наступления в течение сезона эксплуатации уже при двух и более кратных отказах (заменах) ничтожно мала.

Таблица 2 – Вероятности наступления отказов конструктивных элементов зерноуборочных комбайнов при значении коэффициента вариации их ресурса $\nu= 0,3$ и $1,0$, и коэффициенте сменяемости $K_c = 0,5$

Вероятности, P	Количество отказов, j				
	0	1	2	3	4
Коэффициент вариации ресурса $\nu=0,3$					
$P_m (K_c = 0,5)$	0,492	0,492	0,015	0,000	0,000
$P\{j \leq 0,5\}$	0,492	0,984	0,999	0,999	0,999
$P\{j \geq K\}$	0,508	0,016	0,001	0,001	0,001
Коэффициент вариации ресурса $\nu=1,0$					
$P_m (K_c = 0,5)$	0,6065	0,3033	0,0758	0,0126	0,0016
$P\{j \leq 0,5\}$	0,6065	0,9098	0,9856	0,998	0,999
$P\{j \geq K\}$	0,3935	0,0902	0,0144	0,0018	0,000

Представленные на рисунке 3 аналитические зависимости вероятностей наступления $j=0,1,2,\dots,4$ кратных отказов конструктивных элементов зерноуборочных комбайнов в течение сезона эксплуатации также подтверждают правомерность основной и первой дополнительной гипотезы. Из рисунка можно видеть, что уже при $K=2$ вероятность P ничтожно мала.

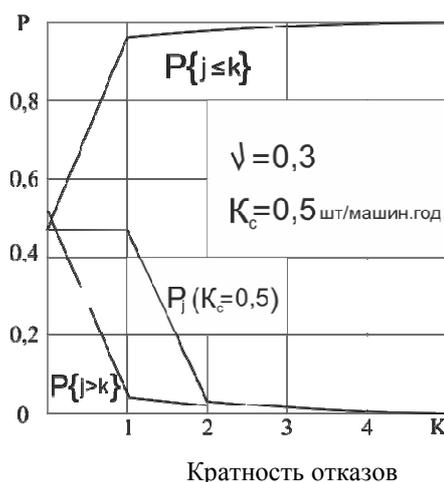


Рисунок 3 - Вероятности наступления $j = 0, 1, 2, \dots, 4$ кратных отказов

Для проверки ранее сформулированной гипотезы исследовались также данные по отказам конструктивных элементов зерноуборочных комбайнов Lexion 580, эксплуатируемых в хозяйствах Краснодарского края.

Оценка соответствия экспериментальных данных теоретическому закону на примере отказов пальца противорежущего двойного (чертежный номер 626 295.1R, страна производитель Италия), приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Оценка соответствия экспериментальных данных на примере отказа пальца двойного (поз. 626.295.1R) теоретическому закону

Число замен за декаду m_i	Эмпирические частоты, n_i	$m_i n_i$	Вероятность, $P\{m_i\}$	Теоретические частоты $n'_i = P\{m_i\}n$	$\frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i}$
0	9	0	0,30	10,80	0,11
1	14	14	0,36	12,96	0,08
2	8 4 1 } 13	16	0,22	7,92	0,05
3		12	0,09	3,24	
4		4	0,03	1,08	
Сумма	$n = 36$	46	1,00	36	$\chi^2 = 0,24$
$\lambda = \frac{\sum m_i n_i}{n} = 1,2; \quad k = 3, \quad v = k - 2 = 1; \quad P(\chi^2) > 0,90$					

Анализ этих данных показал, что биномиальный закон распределения сводится к закону Пуассона.

Заключение.

1. В качестве вероятностной модели для описания процесса формирования ресурсосберегающего запаса деталей и узлов из утилизированных агрегатов в хозяйствах, для использования их при отказах зерноуборочных комбайнов, работающих в составе технологических комплексов, можно использовать полиномиальный закон распределения. Теоретически обоснованные показатели процесса формирования ресурсосберегающего запаса подтверждены экспериментальными данными.

2. Исследование накопленных частот коэффициента сменяемости основных деталей и узлов 14 зерноуборочных комбайнов в течение сезона эксплуатации подтверждает теоретические выводы о том, что вероятностью наступления двух и более кратных отказов зерноуборочных комбайнов можно пренебречь.

3. Достаточным вероятностным математическим описанием полиномиального закона распределения является биномиальный закон распределения и закон распределения Пуассона.

Для доказательства этого была рассмотрена рабочая гипотеза, - исследовались данные по отказам конструктивных элементов 14 зерноуборочных комбайнов John Deere 9880i SNS, Lexion-580, New Holland CR-9060 и Торум-740, эксплуатируемых в хозяйствах Краснодарского края.

Анализ этих данных показал, что биномиальный закон распределения с достаточной степенью точности сводится к закону распределения Пуассона. Оценка экспериментальных данных по критерию

согласия Пирсона χ^2 с вероятностью 0,90 позволила подтвердить выдвинутую гипотезу.

Список литературы

1. Черноиванов А.Г. Качество ремонта и надежность машин, используемых в сельском хозяйстве: /А.Г. Черноиванов, Е.А. Шапиро // Учебное пособие/КубГАУ.- Краснодар, 2010.-50 с.
2. Черноиванов А.Г. Методические рекомендации по расчету объемов работ и затрат средств на ремонт новой сельскохозяйственной техники (в условиях Краснодарского края) / А.Г. Черноиванов, Е.А. Шапиро // Кубан. гос. аграр. ун-т. – Краснодар. 2010.-48 с.
3. Черноиванов А.Г. Проблема комплектации агроинженерных технических систем и комплексов запасными частями / А.Г. Черноиванов, Е.А. Шапиро, А.Е. Шапиро // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. №9. 2011. С. 33-37.
4. Черноиванов А.Г. Особенности проведения утилизации сельскохозяйственной техники в агрохозяйствах АПК Краснодарского края/ А.Г. Черноиванов, Е.А. Шапиро, А.Е. Шапиро // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт, 2012. №5. С. 31-34.
5. Черноиванов А.Г. Износ, списание и утилизация с.-х техники: опыт комплексного исследования / А.Г. Черноиванов, Е.А. Шапиро// Политематический сетевой электронный научный журнал кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс] // – Краснодар: КубГАУ, 2013. – № 86(02). С. 230-252.–IDA[articleID]: 1071503079.- Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/02/pdf/17.pdf>.
6. Черноиванов А.Г. Анализ организации и технологии утилизации с.-х техники и пути повышения ее эффективности /А.Г.Черноиванов, Е.А. Шапиро// Политематический сетевой электронный научный журнал кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс] // Краснодар: КубГАУ, 2013. – № 86(02)-С. 392-415.–IDA[articleID]: 1071503079.- Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/02/pdf/17.pdf>.
7. Тарасенко Б.Ф. Физические основы инновационной технологии обработки машин и механизмов ремонтно-восстановительными составами (РВС) / Б.Ф. Тарасенко, Е.А. Шапиро // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс] // Краснодар: КубГАУ, 2013. – № 86(02). С 1-24.–IDA[articleID]: 1071503079.- Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/02/pdf/17.pdf>.
8. Чеботарев М.И. Сравнительный анализ концепций технического сервиса в сельском хозяйстве / М.И. Чеботарев, Е.А. Шапиро // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015. №52. С. 250-255.
9. Чеботарев М.И. Классификация методов технического обслуживания и ремонта автомобилей / М.И. Чеботарев, Е.А. Шапиро, А.Г. Черноиванов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т.3. №4-1(15-1). С. 228-232.
10. Черноиванов А.Г. Качество ремонта и надежность автомобилей, используемых в лесном хозяйстве /А.Г. Черноиванов, Е.А. Шапиро // Учебное пособие / КубГАУ.- Краснодар, 2015.-50 с.
11. Шапиро Е.А. Оценка надежности капитально отремонтированных автомобилей: Учебное пособие /КубГАУ.-Краснодар, 2015.-43 с.

12. Рекомендации по организации технологических комплексов уборки зерновых в хозяйствах АПК Краснодарского края / Учебное пособие/ А.Г. Черноиванов, М.И. Чеботарев, Н.А. Черный, А.Е. Шапиро, Н.А. Погорелый, Е.А. Шапиро. – Краснодар, КубГАУ, 2016. – 52 с.

References

1. Chernoiivanov A.G. Kachestvo remonta i nadezhnost' mashin, ispol'zuemyh v sel'skom hozjajstve: /A.G. Chernoiivanov, E.A. Shapiro // Uchebnoe posobie/KubGAU.-Krasnodar, 2010.-50 s.

2. Chernoiivanov A.G. Metodicheskie rekomendacii po raschetu ob'emov rabot i zatrat sredstv na remont novoj sel'skohozjajstvennoj tehniki (v uslovijah Krasnodarskogo kraja) / A.G. Chernoiivanov, E.A. Shapiro // Kuban. gos. agrar. un-t. – Krasnodar. 2010.-48 s.

3. Chernoiivanov A.G. Problema komplektacii agroinzhenernyh tehniceskikh sistem i kompleksov zapasnymi chastjami / A.G. Chernoiivanov, E.A. Shapiro, A.E. Shapiro // Sel'skohozjajstvennaja tehnika: obsluzhivanie i remont. №9. 2011. S. 33-37.

4. Chernoiivanov A.G. Osobennosti provedenija utilizacii sel'skohozjajstvennoj tehniki v agrohozjajstvah APK Krasnodarskogo kraja/ A.G. Chernoiivanov, E.A. Shapiro, A.E. Shapiro // Sel'skohozjajstvennaja tehnika: obsluzhivanie i remont, 2012. №5. S. 31-34.

5. Chernoiivanov A.G. Iznos, spisanie i utilizacija s.-h tehniki: opyt kompleksnogo issledovaniya / A.G. Chernoiivanov, E.A. Shapiro// Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs] // – Krasnodar: KubGAU, 2013. – № 86(02). S. 230-252.– IDA[articleID]: 1071503079. Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/02/pdf/17.pdf>.

6. Chernoiivanov A.G. Analiz organizacii i tehnologii utilizacii s.-h tehniki i puti povysheniya ee jeffektivnosti /A.G.Chernoiivanov, E.A. Shapiro// Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs] // Krasnodar: KubGAU, 2013. – № 86(02)-S. 392-415.–IDA[articleID]: 1071503079. Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/02/pdf/17.pdf>.

7. Tarasenko B.F. Fizicheskie osnovy innovacionnoj tehnologii obrabotki mashin i mehanizmov remontno-vosstanovitel'nymi sostavami (RVS) / B.F. Tarasenko, E.A. Shapiro // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs] // Krasnodar: KubGAU, 2013. – № 86(02). S 1-24.–IDA[articleID]: 1071503079. Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/02/pdf/17.pdf>.

8. Chebotarev M.I. Sravnitel'nyj analiz koncepcij tehniceskogo servisa v sel'skom hozjajstve / M.I. Chebotarev, E.A. Shapiro // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. №52. S. 250-255.

9. Chebotarev M.I. Klassifikacija metodov tehniceskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobilej / M.I. Chebotarev, E.A. Shapiro, A.G. Chernoiivanov // Aktual'nye napravleniya nauchnyh issledovaniy HHI veka: teorija i praktika. 2015. T.3. №4-1(15-1). S. 228-232.

10. Chernoiivanov A.G. Kachestvo remonta i nadezhnost' avtomobilej, ispol'zuemyh v lesnom hozjajstve /A.G. Chernoiivanov, E.A. Shapiro // Uchebnoe posobie / KubGAU.-Krasnodar, 2015.-50 s.

11. Shapiro E.A. Ocenka nadezhnosti kapital'no otremonirovannyh avtomobilej: Uchebnoe posobie /KubGAU.-Krasnodar, 2015.-43 s.

12. Rekomendacii po organizacii tehnologicheskikh kompleksov uborki zernovyh v hozjajstvah APK Krasnodarskogo kraja / Uchebnoe posobie/ A.G. Chernoiivanov, M.I. Chebotarev, N.A. Chernyj, A.E. Shapiro, N.A. Pogorelyj, E.A. Shapiro. – Krasnodar, KubGAU, 2016. – 52 s.