05.20.03 ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

05.20.03
УДК 631.3:62-192

ПРИЧИННЫЕ ФАКТОРЫ СНИЖЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЁЖНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

© 2020

Сергей Леонидович Никитченко, кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Технический сервис в АПК»
Азово-Черноморский инженерный институт, Зерноград (Россия)
Евгений Викторович Воронов, кандидат экономических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Технический сервис»
Нижегородский государственный инженерно-экономический университет», Княгинино (Россия)

Аннотация

Введение: статья посвящена исследованию причин отказов сельскохозяйственной техники и затрат владельцев машин на запасные части и эксплуатационные материалы.

Материалы и методы: методика исследований основывалась на анализе отчётов и протоколов машиноиспытательных станций, а также применении специально разработанного программного обеспечения, которое позволяет вести базу данных склада запасных частей ремонтной мастерской.

Результаты: авторы установили, что при любой наработке машин основная доля их отказов вызвана низким уровнем надёжности унифицированных деталей и узлов – подшипников, ремней, гидравлических рукавов, датчиков и других элементов.

Обсуждение: современные комбайны, тракторы и машины являются сложными техническими объектами, и организация их бесперебойной работы в сельскохозяйственных предприятиях является важной производственной задачей. Отказы машин могут быть обусловлены низким качеством заводской сборки, а также низкой надёжностью комплектующих элементов, которые либо изготавливаются заводом самостоятельно, либо приобретаются у сторонних поставщиков. Изучение влияния различных унифицированных узлов на работоспособность техники и возможные затраты потребителей на запасные части актуально, поскольку именно качество комплектующих элементов является причиной более половины отказов машин. Установлено, что четвёртая часть затрат сельскохозяйственных предприятий на запасные части связана с приобретением унифицированных элементов, которые не производятся заводами-изготовителями машин, а выпускаются сторонними организациями. При этом производители машин практически самостоятельно несут ответственность перед потребителями за работоспособность своей продукции. Автоматизированные средства контроля позволяют своевременно выявлять элементы с низкой надёжностью и объекты с высоким потреблением запасных частей.

Заключение: существенно поднять уровень надёжности и конкурентоспособности отечественной сельскохозяйственной техники можно путём создания отечественного производства полного перечня унифицированных элементов для механических и гидравлических приводов сельскохозяйственной техники, компонентов электроники, с эффективным механизмом регулирования их качества. Резервом снижения затрат на запасные части является автоматизация планирования их запасов.

Ключевые слова: запасные части, затраты на запасные части, износостойкость рабочих органов, качественные характеристики, надёжность машин, отказы машин, причинные факторы надёжности, программное обеспечение, сельскохозяйственная техника, унифицированные составные части, эксплуатационные затраты.

Для цитирования: Никитченко С. Л., Воронов Е. В. Причинные факторы снижения эксплуатационной надёжности сельскохозяйственной техники // Вестник НГИЭИ. 2020. № 2 (105). С. 56–66.

CAUSAL FACTORS OF REDUCTION OF OPERATIONAL RELIABILITY OF AGRICULTURAL MACHINERY

© 2020

Sergey Leonidovich Nikitchenko, Ph. D. (Engineering), associate professor,
head of the chair of «Technical Service in the AIC»
Azov-Black Sea Engineering Institute, Zernograd (Russia)
Evgeny Viktorovich Voronov, Ph. D. (Economics), associate professor,
head of the chair of «Technical Service»
Nizhny Novgorod state of engineering and economic university, Knyaginino (Russia)

Abstract

Introduction: the article is devoted to the study of the causes of failures of agricultural machinery and the costs of machine owners for spare parts and operating materials.

Materials and methods: the research methodology was based on the analysis of reports and protocols of machine testing stations, as well as the use of specially developed software that allows you to maintain a database of spare parts warehouse of the repair shop.

Results: the authors found that the main part of machine failures caused by the low level of reliability of unified parts and assemblies-bearings, belts, hydraulic hoses, sensors and other elements.

Discussion: modern combines, tractors and machines are complex technical objects, and the organization of their uninterrupted operation in agricultural enterprises is an important production task. Machine failures can be caused by poor quality of the factory Assembly, as well as low reliability of components that are either manufactured by the factory itself, or purchased from third-party suppliers. The study of the impact of various unified nodes on the performance of equipment and the possible costs of consumers for spare parts is relevant, since the quality of components is the cause of more than half of the failures of machines. It was found that a fourth of the cost of agricultural enterprises for spare parts is associated with the acquisition of unified elements that are not produced by machine manufacturers, but are produced by third-party organizations. At the same time, machine manufacturers are almost independently responsible to consumers for the performance of their products. Automated controls allow timely detection of elements with low reliability and objects with high consumption of spare parts.

Conclusion: it is possible to significantly raise the level of reliability and competitiveness of domestic agricultural machinery by creating a complete list of unified elements for mechanical and hydraulic drives of agricultural machinery, electronic components, with an effective mechanism for regulating their quality. The reserve for reducing the cost of spare parts is the automation of inventory planning.

Keywords: spare parts, spare parts costs, wear resistance of working bodies, quality characteristics, machine reliability, machine failures, causal factors of reliability, software, agricultural machinery, unified components, operating costs.

For citation: Nikitchenko S. L., Voronov E. V. Causal factors of reduction of operational reliability of agricultural machinery // Bulletin NGIEI. 2020. № 2 (105). P. 56–66.

Введение

Надёжность сельскохозяйственной техники закладывается на этапе проектирования, обеспечивается при изготовлении и реализуется при эксплуатации. Такое многоуровневое формирование качественной характеристики изделий и множество эксплуатационных факторов приводят к преждевременной потере работоспособности машин и снижению их конкурентоспособности [1]. Надёжность сельскохозяйственной техники на этапе эксплуатации во многом зависит от существующей системы инженерного обеспечения производства [2; 3]. Однако возможности данной системы зачастую ограничиваются качеством комплектующих изделий и запасных частей машин. Данный фактор почти неуправляем инженерными службами сельских предприятий и является одной из причин снижения надёжности техники. Низкий уровень надежности технических объектов и их запасных частей вызывает увеличение доли эксплуатационных затрат по сравнению с общими затратами на проектирование, производство и применение этих объектов, а также снижает эффективность ремонта и срок эксплуатации техники [4]. При этом стоимость эксплуатации может быть соизмерима и даже превосходить стоимость разработки и изготовления объектов [5]. Актуальность проблем низкой надёжности сельскохозяйственной техники возрастает ещё и оттого, что помимо увеличения за-

трат на эксплуатацию владельцы машин имеют дополнительный ущерб, вызванный потерями продукции из-за простоев машин в пиковые периоды полевых работ [2; 6; 7].

Цель исследования

Выявить причины потери работоспособности тракторов и комбайнов при различной наработке и установить влияние надёжности типовых деталей и узлов на работоспособность машин. Определить объёмы затрат владельцев машин на запасные части и эксплуатационные материалы в течение продолжительного периода использования машин.

Материалы и методы

Исследование надёжности современной сельскохозяйственной техники в большинстве случаев осуществляется путём разделения отказов по группам сложности [8; 9; 10; 11], а также по отдельным системам машин с выявлением причин возникновения данных отказов [12; 13; 14; 17]. При этом по умолчанию все конструктивные недостатки машин, приводящие к появлению отказов, относят к вине завода-изготовителя. Однако, завод, выпускающий сельскохозяйственную технику, сам является потребителем унифицированных типовых деталей и узлов, от состояния которых во многом зависит работоспособность машин. Особенно здесь следует отметить унифицированные детали и узлы, составляющие основу механических и гидравлических передач – подшипники, ремни, цепи, шкивы, звёздочки, валы, гидравлические рукава, гидрораспределители, резина и др. Ресурс перечисленных комплектующих элементов, в свою очередь, зависит от качества их изготовления, факторов внешней среды и режимов работ [15; 16].

Таким образом, причинами отказов машин могут являться неудовлетворительные характеристики конструкционных материалов, качество заводской сборки, низкая надёжность узлов и деталей, созданных изготовителем машин, а также низкая надёжность унифицированных типовых деталей и узлов, поступающих на конвейер от поставщиков. В данной статье рассматриваются причины потери работоспособности тракторов и комбайнов при различной наработке и влияние унифицированных деталей на надёжность сельскохозяйственной техники. Авторами исследована надёжность сельскохозяйственных тракторов в течение наработки на первый цикл ТО (1 000 моточасов) и далее до наработки 4 000 моточасов, а также комбайнов в течение наработки 600 м-ч. Для этого использовали находящиеся в свободном доступе отчёты по мониторингу потребительских свойств сельскохозяйственной техники Кубанской МИС и протоколы Северо-Кавказской МИС [18]. Была обработана информация по отказам 25 тракторов марок Беларус, Кировец, Агромаш-90ТГ, Versatile, а также 11 комбайнов ACROS и TORUM. Долгосрочный мониторинг затрат на запасные части и эксплуатационные материалы для сельскохозяйственной техники вели с помощью программного продукта «Агрокомплекс – Ресурсы» (свид. о рег. № 2006610499), который является автоматизированным рабочим местом техника склада запасных частей сельхозпредприятия и в течение 10 лет используется в нескольких предприятиях Ростовской области.

Износостойкость рабочих органов сельскохозяйственной техники является существенным фактором, определяющим не только надёжность машин, но и качество выполнения технологических операций. Особенно это относится к почвообрабатывающим машинам [19]. Для оценки химического состава, твёрдости и микроструктуры материалов рабочих органов применяли методы эмиссионного спектрального анализа и микроструктурного анализа. При этом делались контрольные закупки изделий разных производителей.

Результаты и обсуждение

В таблице 1 представлено распределение отказов всех групп сложности по типам деталей и узлов для указанных машин в начальный период эксплуатации. Видно, что в данный период отказы машин вызваны в основном низким уровнем надёжности датчиков и указателей (17,9 %), а также унифицированных типовых деталей – подшипников (8,4 %), ремней (4,2 %), рукавов высокого давления РВД (14,7 %), уплотнений (16,8 %) и т. д. Анализ таблицы 1 показывает, что около 70 % неисправностей машин вызваны отказами деталей и узлов, которые завод-изготовитель не производит, а приобретает у сторонних предприятий.

Распределение причин отказов всех групп сложности в период наработки тракторов от 1000 до 4000 моточасов показано в таблице 2. Здесь следует особо отметить низкий уровень надёжности датчиков и указателей информации, отказы которых в данный период наработки составляют до 32,4 % от общего количества. В целом в данный период наработки более 80 % отказов тракторов связаны с унифицированными и другими деталями и узлами, которые завод-изготовитель потребляет в процессе производства. Конечно, здесь могут иметь место отказы, вызванные нарушением технологии сборки узлов с унифицированными составными частями. Однако, массовые примеры отказов машин не оставляют сомнений относительно низкого качества унифицированных частей.

Таблица 1**. Распределение отказов машин по типам деталей и узлов при наработке тракторов до 1000 моточасов, комбайнов – до 600 моточасов**
Table 1. **Distribution of machine failures by types of work parts and components when working up to 1000 hours of tractors and up to 600 hours of harvesters**

Типы деталей и узлов / Types of details and knots	Количество отказов, шт. / Number of failures, units			Удельный вес, %/ Total weight, %
	тракторов/tractors	комбайнов/ combines	всех машин| total machines	
Ремни/ belts	1	3	4	4,2
Подшипники/ Bearings	4	4	8	8,4
Цепи/ chains	-	1	1	1,1
Датчики и указатели / Gauges and pointers	15	2	17	17,9
Рукава высокого давления (РВД)/ High pressure hoses (RVD)	14	-	14	14,7
Валы / Shafts	1	3	4	4,2
Редукторы / Reducers	-	3	3	3,16
Втулки / Sleeves	-	1	1	1,1
Трубки / tubes	4	-	4	4,2
Уплотнения / Seals	15	1	16	16,8
Элементы электрооборудования / Electrical equipment elements	10	-	10	10,5
Муфты сцепления / Clutch	2	-	2	2,1
Другое / Other	9	2	11	11,57
Общее количество отказов, шт./ Number of failures, units	75	20	95	100

Таблица 2. **Распределение отказов машин по типам деталей и узлов при наработке тракторов от 1000 до 4000 моточасов**
Table 2. **Distribution of machine failures by types of parts and components when working on tractors from 1000 to 4000 hours**

Типы деталей и узлов / Types of details and knots	Количество отказов, шт. / Number of failures, units	Удельный вес, % / Total weight, %
Ремни / Belts	3	4,5
Подшипники / Bearings	4	5,9
Гидроцилиндры / Hydro cylinders	5	7,3
Датчики и указатели / Gauges and pointers	22	32,4
РВД / High pressure hoses	9	13,2
Шестерни / Gears	3	4,5
Трубки / Tubes	4	5,9
Уплотнения / Seals	7	10,3
Элементы электрооборудования / Electrical equipment elements	9	13,2
Другое / Other	2	2,8
Всего / Total	68	100

В рамках данной работы исследовали качественные характеристики стрельчатых лап шириной 230, 270 мм пяти отечественных производителей, которые реализуются в торгующих организациях Ростовской области. Стоимость выбранных лап составляет от 160 до 400 руб., и они массово приобретаются сельхозтоваропроизводителями. Анализ химического состава материала основы 10 лап показал, что они изготовлены из стали 20Г, 35 и 45. Это относительно низкоуглеродистые сплавы, которые

не рекомендуется применять для изготовления рабочих органов почвообрабатывающей техники. В указанном стоимостном диапазоне нами не обнаружено лап, изготовленных из рекомендуемой стали 65Г. Микроструктурный анализ материала исследуемых лап показывает, что половина изделий имеют «сырой» материал, т. е. после изготовления они не подвергались температурной закалке и отпуску. Твёрдость материала незакалённых лап по шкале Роквелла составляет 10...11 HRC, что не отвечает техническим условиям (35...50 HRC). У лап, которые подвергались закалке, твёрдость материала основы составляет 44...48 HRC. Однако, несмотря на достаточный уровень твёрдости, такие лапы все равно обладают относительно низкой износостойкостью по причине малого содержания углерода и отсутствия в сплаве легирующих элементов. Для сравнения мы исследовали химический состав долот глубокорыхлителей немецкой фирмы. Материал импортных изделий по содержанию углерода, марганца и кремния аналогичен отечественным сплавам 60Г2С и 70Г2. Но при этом сплав содержит порядка 10...15 легирующих элементов, включая металлы лантаноидной группы, которые повышают сопротивление износу. Твёрдость материала импортного рабочего органа составляет 56...58 HRC.

В течение наработки до 30 га культиваторная лапа должна сохранять ширину крыльев и иметь износ по этому параметру не более 9 мм. При этом толщина режущей кромки лезвий должна составлять до 0,3 мм. Исследуемые отечественные лапы из закалённой стали 45 при наработке до 25 га на лапку имеют средний относительный износ по ширине крыльев 73 %, а значения абсолютного износа значительно превышают 9 мм (требования ТУ). Толщина режущей кромки лезвий от 0,5 до 1 мм, что выше требований ТУ. Для незакалённых лап из стали 20Г и стали 45 при наработке до 20 га толщина режущей кромки почти равна толщине крыла, т. е. кромка отсутствует и подрезания сорняков не происходит. При этом носовая часть всех лап затуплена и имеет угол раствора почти 90^0, что существенно повышает сопротивление почвы. У всех новых отечественных лап на тыльной стороне режущей кромки нанесён слой упрочняющего материала сормайт с твёрдостью более 60 HRC. Однако после наработки 12...15 га на лапку упрочняющий материал полностью отсутствует в зоне режущих кромок, что не допустимо. Причиной потери сормайтной наплавки является ее небольшая толщина – 1,5...2 мм, а также ширина 14...16 мм. Для сравнения, импортные культиваторные лапы имеют ширину упрочняющей полоски до 25...30 мм.

Недостаточная надёжность типовых деталей, узлов и рабочих органов приводит к существенным дополнительным затратам владельцев на поддержание работоспособности машин в течение всего срока эксплуатации. Для определения абсолютных значений и удельного веса этих затрат в общей структуре необходимо использовать современные информационные технологии. На рисунке 1 представлено окно программы для ЭВМ «Агрокомплекс-«Ресурсы» с отчётом о потреблении сельскохозяйственным предприятием подшипников за год. Программа позволяет получить подобные отчёты по всем типам деталей и эксплуатационным материалам.

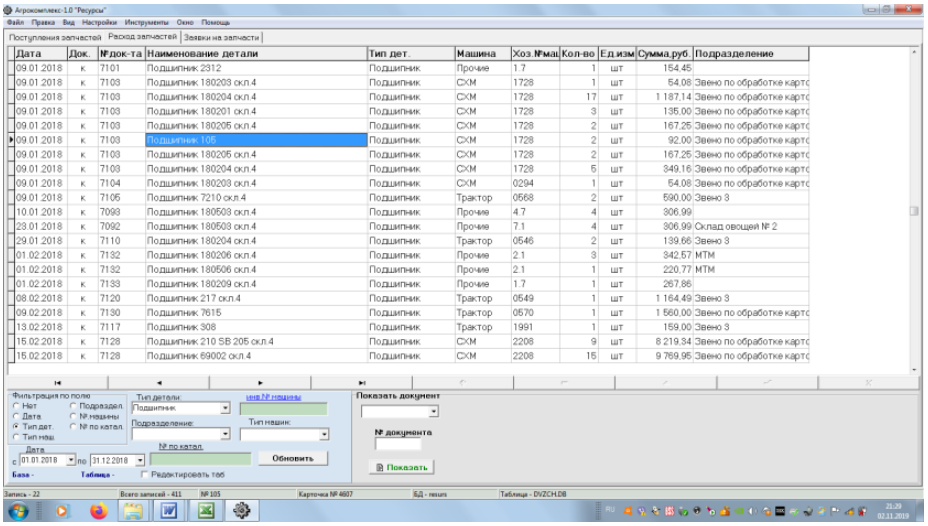


Рис. 1. Форма окна программы «Агрокомплекс-Ресурсы»

Fig. 1. The form of the window of the program «Agrocomplex-Resources»

С помощью программы «Агрокомплекс-«Ресурсы» можно определять абсолютные значения фактических годовых затрат на запасные части и эксплуатационные материалы для сельскохозяйственной техники предприятия, а также вести прогноз этих затрат и количественное обоснование складских резервов на период работ. На диаграмме рисунка 2 представлены средние по предприятию значения затрат на запасные части и материалы для одного трактора марки К-701, Беларус 1221 или 1523, John Deere, а также для одного комбайна Дон-1500Б за период девять лет. Данные значения затрат были получены с помощью программы путём обработки результатов хозяйственного учёта.

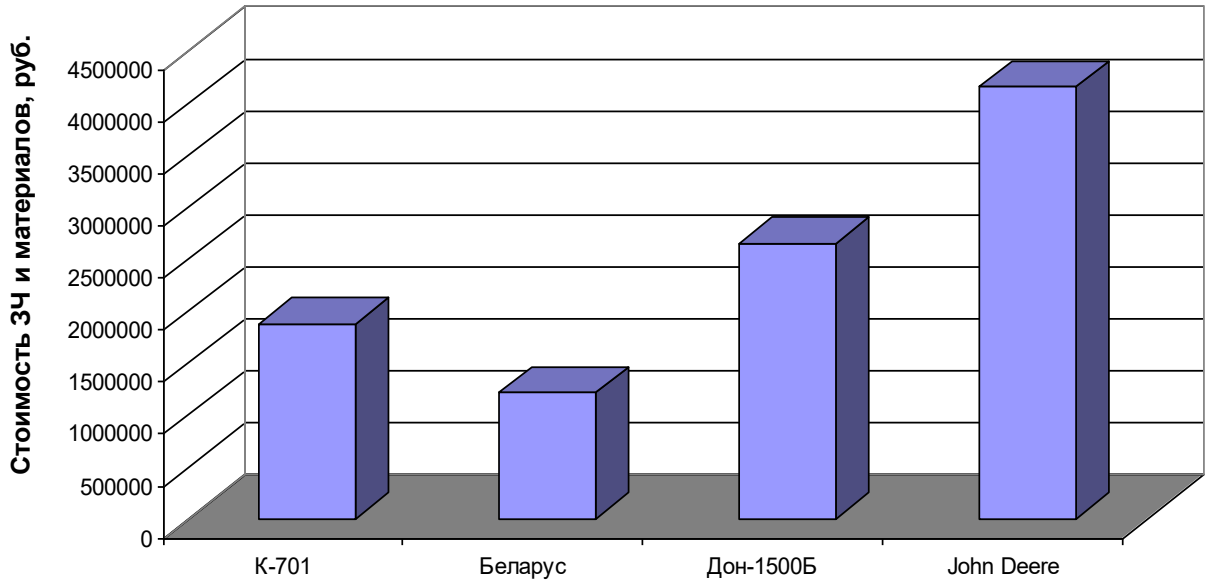


Рис. 2. Значения средних затрат на запасные части
и эксплуатационные материалы тракторов и комбайна за 9 лет
Fig. 2. Average cost of spare parts and operational materials of tractors and combine harvesters for 9 years

В целом сельскохозяйственное предприятие, имеющее около 40 тракторов отечественных марок Беларус, Кировец, ДТ-75М, два импортных трактора, 10 комбайнов производства завода «Ростсельмаш», шлейф сельскохозяйственных машин, три импортных картофелеуборочных комбайна, а также различное оборудование для хранения сельскохозяйственной продукции, имеет полные годовые затраты на запасные части и эксплуатационные материалы, показанные в таблице 3.

Таблица 3. **Стоимость запасных частей и эксплуатационных материалов для машин и оборудования по годам эксплуатации**
Table 3. **Cost of spare parts and operating materials for machines and equipment by years of operation**

Типы деталей и узлов / Types of details and knots	Стоимость запасных частей по годам, тыс. руб. / Cost of spare parts by years, thous rub									Итого/ Total
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Подшипники / Bearings	241,7	263,76	242,33	163,93	306,79	545,51	482,42	383,6	385,84	3 015,84
Ремни / Belts	54,81	223,26	266,53	245,46	466,81	558,62	830,61	447,38	281,69	3 375,17
Цепи / Chains	88,79	45,92	124,61	43,85	47,69	74,24	124,0	147,0	57,49	753,59
Гидроцилиндры / Hydro cylinders	127,44	183,44	125,08	136,44	103,87	147,0	216,85	146,9	137,61	1 324,63
Рукава гидравлические / High pressure hoses	148,74	174,76	213,61	156,18	176,18	174,91	245,49	234,44	179,63	1 703,94

Окончание таблицы 3 / End of table 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Электрооборудование / Electrical equipment	239,5	371,54	258,1	193,26	252,78	234,32	247,1	312,78	437,13	2 546,56
Резина / Rubber	341,7	911,65	1125,1	936,41	1055,4	957,42	994,56	1 120,7	2 515,4	9 958,38
Транспортёры и ленты / Transporters and tapes	1032,6	559,55	421,64	772,71	567,86	1574,0	1472,5	963,1	1 236,8	8 600,84
Шнеки / Screw	184,18	9,24	68,975	32,02	156,21	224,84	298,98	111,23	85,86	1 171,53
Ножи / Knives	243,48	69,59	83,64	92,07	74,86	113,31	85,88	113,88	190,95	1 067,66
Полные затраты / Total cost	9 196,4	15 615,8	10 376	9 039,3	9 945,5	14 836	14 518,2	12 276,2	15 360	11 1163,7

Анализ данных таблицы 3 показывает, что ежегодно наибольший удельный вес имеют затраты на резину – до 9 % и на транспортирующие системы комбайнов и оборудования – до 7,75 % (рис. 3). При этом суммарная доля годовых затрат на унифицированные типовые детали для поддержания работоспособности машин составляет до 23,5 %. Это почти четвёртая часть полных затрат предприятия на все запасные части и эксплуатационные материалы.

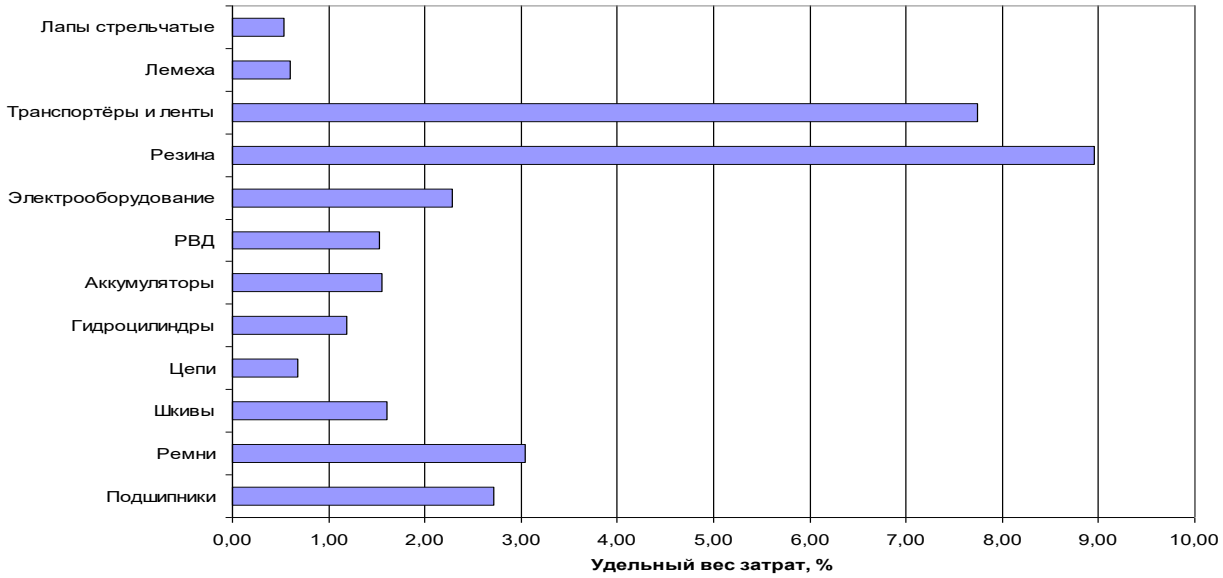


Рис. 3. Удельный вес затрат на комплектующие элементы машин в общей стоимости запасных частей и эксплуатационных материалов

Fig. 3. The share of costs for machine components in the total cost of spare parts and operating materials

Выводы

Представленный в статье материал позволяет сделать следующие общие выводы.

1. Унифицированные детали и узлы играют ключевую роль в формировании уровня эксплуатационной надёжности сложной сельскохозяйственной техники. В гарантийный период эксплуатации до 70 % неисправностей тракторов и комбайнов связаны с отказами унифицированных составных частей, а также других узлов, которые завод-изготовитель приобретает у сторонних предприятий. При этом наработки на отказ указанных деталей и узлов зачастую меньше значений, регламентируемых техническими условиями. В последующий период эксплуатации доля отказов, связанных с перечисленными составными частями, возрастает до 80 %. Это говорит об их низком уровне надёжности.

2. При поддержании работоспособности сельскохозяйственной техники в эксплуатирующих

предприятиях ежегодно доля затрат на унифицированные детали и узлы машин составляет 20...25 % от полных годовых затрат на запасные части и эксплуатационные материалы.

3. На примере рабочих органов культиваторов показано, что большинство имеющихся в продаже отечественных изделий изготовлены с нарушением технических требований относительно применяемых конструкционных материалов, термообработки и упрочнения. Рынок насыщен бракованными стрельчатыми лапами, лемехами и дисками, имеющими относительно малую долговечность. При этом их использование снижает качество обработки почвы и подрезания сорняков, а также увеличивает удельный расход топлива агрегатами. Сам факт массового присутствия на рынке такой низкосортной продукции говорит о неэффективности существующей национальной системы сертификации и управления качеством промышленных изделий. Основным регулятором здесь являются внутрифирменные отделы технического контроля торгующих организаций, что недостаточно для нормализации ситуации.

4. Производители сельскохозяйственной техники вынуждены отвечать перед потребителями за низкое качество продукции предприятий-партнёров, обеспечивающих сборочный конвейер унифицированными составными частями. Например, большая часть ремней и подшипников, применяемых в конструкциях отечественных комбайнов и сельскохозяйственных машин, производится в странах центральной и восточной Европы либо изготавливается по лицензии на отечественных предприятиях. Также встречаются китайские аналоги. Возрождение отечественной системы производства полного перечня унифицированных деталей и узлов для механических и гидравлических приводов сельскохозяйственной техники, датчиков и информационных указателей, а также совершенствование системы регулирования их качества является стратегической задачей. Её решение позволит существенно поднять уровень надёжности и конкурентоспособности отечественной сельскохозяйственной техники.

5. Применение автоматизированных методов планирования запасов, учёта и контроля за расходованием запасных частей индивидуально каждой единицей техники в сельскохозяйственном предприятии является существенным резервом управления надёжностью машин и эксплуатационными затратами [20; 21]. Специализированное программное обеспечение позволяет обосновывать лимиты затрат на ремонт машин и своевременно выявлять и выводить из эксплуатации технические объекты с низким уровнем наработки и относительно высоким потреблением запасных частей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кушнарев Л. И. Чепурина Е. Л, Чепурин А. В., Кушнарев С. Л.* Качество и надежность отечественной техники – основа ее конкурентоспособности // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 11. С. 35–37.

2. *Мишина З. Н., Черноиванов В. И.* Решение экономических и социальных задач в АПК инженерно-техническими службами // Технический сервис машин. 2019. № 3 (136) С. 12–20.

3. *Кушнарев С. Л. Чепурина Е. Л, Кушнарев С. Л., Чепурин А. В.* О создании инженерно-технической системы АПК РФ // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2015. № 10. С. 3–8.

4. *Бабицкий Л. Ф. Соболевский И. В.* Обоснование эффективности технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники в процессе длительной эксплуатации // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. Вып. 29. Технические науки. Симферополь : НИЦ КИПУ, 2011. С. 77–82.

5. *Ананьин А. Д., Михлин В. М., Габитов И. И. и др*. Диагностика и техническое обслуживание машин: учебник для студ. высших учебных заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 432 с.

6. *Ерохин Г. Н., Сазонов С. Н*. Результаты мониторинга затрат на техническое обслуживание и ремонт зерноуборочных комбайнов «ACROS 530» и «ПАЛЕССЕ GS12» // АПК России. 2016. Том 23. № 2. С. 379–382.

7. *Ерохин Г. Н. Коновский В. В.* Оценка надежности зерноуборочных комбайнов в условиях Тамбовской области // Наука в центральной России. 2013. № 1. С. 36–40.

8. *Ерохин Г. Н.*, Коновский *В. В.* Надежность зерноуборочных комбайнов в реальных условиях эксплуатации // Труды ГОСНИТИ. 2013. Т. 113. С. 86–89.

9. *Халфин М. А., Табаков П. А.* Эффективность эксплуатации тракторов «Беларусь» // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2005. № 4. С. 44–46.

10. *Халфин М. А., Александровский И. А., Хисметов Н. З,* и др. Состояние и перспективы повышения надёжности зерноуборочных комбайнов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2003. № 1. С. 27–33.

11. *Царёв Ю. А., Симон Д. В.* Алгоритм управления запасами, как метод управления эксплуатационной надежностью зерноуборочных комбайнов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 115(01). С. 263–283.

12. *Комаров В. А., Курашкин М. И.* Исследование отказов комбайнов ACROS 595 в гарантийный период // Сельский механизатор. 2018. № 6. С. 38–39.

13. *Лебедев А. Т., Павлюк Р. В., Захарин А. В., Лебедев П. А.* Исследования надежности зерноуборочных комбайнов в рядовых условиях эксплуатации на примере ставропольского края // Инновации в сельском хозяйстве. 2018. № 3 (28). С. 409–415.

14. *Lebedev A. T., Valuev N. V., Pavlyuk R. V., Zakharin A. V., Lebedev P. A.* Modern ways of reliability and safety increase of connections in combine harvesters // Вестник АПК Ставрополья. 2016. № 2. С. 133–136.

15. *Курочкин В. Н., Кущева Е. Н.* Результаты исследования факторов отказов деталей и узлов зерноперерабатывающего оборудования // Вестник АПК Ставрополья. 2014. № 2 (14). С. 52–56.

16. *Курочкин В. Н., Кущева Е. Н.* Теоретические аспекты исследования процесса возникновения отказов зерноперерабатывающего оборудования // Техника и оборудование для села. 2012. № 4. С. 35–37.

17. *Крохта Г. М., Лившиц В. М., Усатых Н. А.* Эффективность динамического режима прогрева двигателя 4Ч 11,0/12,5 (Д-240) в межсменный период // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 5. С. 74–77.

18. ФГБУ «Северо-Кавказская государственная зональная машиноиспытательная станция». Официальный сайт [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://skmis.ru (дата обращения 5 ноября 2019).

19. *Михальченков А. М., Новиков С. А., Соловьев А. А.* Об одной причине низкого ресурса деталей рабочих органов отечественных почвообрабатывающих орудий, Труды ГОСНИТИ. 2014. Т.117. С. 127–132.

20. *Царев Ю. А., Рыбалкин М. Г.* Информационно-аналитическая система прогнозирования потребности в запчастях // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2007. № 1. С. 50–52.

21. *Стребков Д. С., Кузнецов И. М., Макеев М. В.* Совершенствование оперативного управления сельскохозяйственным производством Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2011. № 6. С. 3–7.

Дата поступления статьи в редакцию 23.10.2019, принята к публикации 18.11.2019.

Информация об авторах:

Никитченко Сергей Леонидович, кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Технический сервис в АПК»
Адрес: Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный аграрный университет» в г. Зернограде, 347740, Россия, Зерноград, ул. Ленина, дом 21
E-mail: binom_a@rambler.ru
Spin-код: 3384-0973

Воронов Евгений Викторович, кандидат экономических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Технический сервис»
Адрес: Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, 606340, Россия, Княгинино, ул. Октябрьская, 22А
E-mail: e_voronov@list.ru
Spin-код: 8963-4080

Заявленный вклад авторов:

Никитченко Сергей Леонидович: сбор и обработка материалов, подготовка первоначального варианта текста.
Воронов Евгений Викторович: общее руководство проектом, анализ и дополнение текста.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

REFERENCES

1. Kushnarev L. I., Chepurina E. L., Chepurin A. V., Kushnarev S. L. Kachestvo i nadezhnost' otechestvennoj tehniki – osnova ee konkurentosposobnosti [The quality and reliability of domestic equipment is the basis of its competitiveness], *Traktory i sel'hozmashiny* [*Tractors and agricultural machinery*], 2015. No. 11. pp. 35–37.

2. Mishina Z. N., Chernoivanov V. I. Reshenie ekonomicheskih i social'nyh zadach v APK inzhenerno-tehnicheskimi sluzhbami [The decision of the economic and social challenges in agriculture engineering and technical services], *Tehnicheskij servis mashin* [*Technical service of machines*]. 2019. No. 3 (136). pp. 12–20.

3. Kushnarev S. L., Chepurina E. L., Kushnarev S. L. Chepurin A. V. O sozdanii inzhenerno-tehnicheskoj sistemy APK RF [Creation of Engineering and Technical System of the Agro-Industrial Complex of the RF], *Remont. Vosstanovlenie. Modernizaciya* [*Repair. Recovery. Modernization*]. 2015. No. 10. pp. 3–8.

4. Babitskij L. F., Sobolevskij I. V. Obosnovanie effektivnosti tehnicheskogo obsluzhivanija i remonta sel'skohozjajstvennoj tehniki v protsesse dlitel'noj ekspluatatsii [Justification of the effectiveness of maintenance and repair of agricultural machinery during long-term operation], *Uchenye zapiski Krymskogo inzhenerno-pedagogicheskogo universiteta* [*Scientific notes of the Crimean engineering and pedagogical University*]. Vol. 29. Tehnicheskie nauki. Simferopol' : NIC KIPU. 2011. pp. 77–82.

5. Anan'in A. D., Mihlin V. M., Gabitov I. I. i dr. Diagnostika i tehnicheskoe obsluzhivanie mashin: uchebnik dlja stud. vysshih uchebnyh zavedenij.[Diagnostics and technical service for cars: textbook for students of high school]. M. Izdatel'skij tsentr «Akademija». 2008. 432 p. (In Russian).

6. Erokhin G. N., Sazonov S. N. Rezul'taty monitoringa zatrat na tehnicheskoe obsluzhivanie i remont zernouborochnyh kombajnov «ACROS 530» i «PALESSE GS12» [Results of monitoring costs for maintenance and repair of «ACROS 530» and «PALESSE GS12» combine harvesters]. APK Rossii. 2016. Vol. 23. No. 2. pp. 379–382.

7. Erokhin G. N., Konovskij V. V. Otsenka nadezhnosti zernouborochnyh kombajnov v uslovijah Tambovskoj oblasti [Assessment of the reliability of combine harvestersin theconditions of the tambov region], *Nauka v tsentral'noj Rossii*. 2013. No.1. pp. 36–40.

8. Erokhin G. N., Konovskij V. V. Nadezhnost' zernouborochnyh kombajnov v real'nyh uslovijah ekspluatatsii [Reliability of combine harvesters in real operating conditions], *Trudy GOSNITI.* 2013. Vol. 113. pp. 86–89.

9. Halfin M. A., Tabakov P. A. Effektivnost' ekspluatatsii traktorov «Belarus'» [Efficiency of operation of tractors «Belarus»], Traktory i sel'skohozjajstvennye mashiny. 2005. No. 4. pp. 44–46.

10. Halfin M. A., Aleksandrovskij I. A., Hismetov N. Z. i dr. Sostojanie i perspektivy povyshenija nadjozhnosti zernouborochnyh kombajnov [State and prospects of increasing the reliability of combine harvesters]. Traktory i sel'skohozjajstvennye mashiny. 2003. No. 1. pp. 27–33.

11. Carjov Ju. A., Simon D. V. Algoritm upravlenija zapasami, kak metod upravlenija ekspluatatsionnoj nadezhnost'ju zernouborochnyh kombajnov [Algorithm of inventory management as a control method of operational reliability of combine harvesters], *Politematicheskij setevoj elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [*Polythematic online electronic scientific journal of the Kuban state agrarian University*] 2016. No. 115 (01). pp. 263–283.

12. Komarov V. A., Kurashkin M. I. Issledovanie otkazov kombajnov ACROS 595 v garantijnyj period [Research of failures of combines ACROS 595 in the warranty period]. *Sel'skij mehanizator* [*Rural machine operator*] 2018. No. 6. pp. 38–39.

13. Lebedev A. T., Pavljuk R. V., Zaharin A. V., Lebedev P. A. Issledovanija nadezhnosti zernouborochnyh kombajnov v rjadovyh uslovijah ekspluatacii na primere stavropol'skogo kraja [Investigations of the reliability of grain collection combines in the series of operating conditions on the example of the stavropol territory], *Innovatsii v sel'skom hozjajstve* [*Innovations in agriculture*]. 2018. No. 3 (28). pp. 409–415.

14. Lebedev A. T., Valuev N. V., Pavlyuk R. V., Zakharin A. V., Lebedev P. A. Modern ways of reliability and safety increase of connections in combine harvesters.[Modern ways of reliability and safety increase of connections in combine harvesters], *Vestnik APK Stavropol'ja.* 2016. No. 2. pp. 133–136

15. Kurochkin V. N., Kushheva E. N. Rezul'taty issledovanija faktorov otkazov detalej i uzlov zernopererabatyvajushhego oborudovanija [Results of a study of factors failure of parts and units of grain-processing equipment]. *Vestnik APK Stavropol'ja.* 2014. No. 2(14). pp. 52–56

16. Kurochkin V. N., Kushheva E. N. Teoreticheskie aspekty issledovanija processa vozniknovenija otkazov zernopererabatyvajushhego oborudovanija [Theoretical Aspects of the Process Research of Grain Processing Equipment Failure]. *Tehnika i oborudovanie dlja sela.* 2012. No. 4. pp. 35–37

17. Krohta G. M., Livshic V. M., Usatyh N. A. Effektivnost' dinamicheskogo rezhima progreva dvigatelya 4CH 11,0/12,5 (D-240) v mezhsmennyj period [Efficiency of the dynamic engine warm-up mode 4H 11.0/12.5 (D-240) in the inter-shift period], *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [*Achievements of science and technology of agriculture*], 2018. Vol. 32. No. 5. pp. 74–77.

18. FGBU «Severo-Kavkazskaja gosudarstvennaja zonal'naja mashinoispytatel'naja stantsija». Oficial'nyj sajt [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: https://skmis.ru (data obrashhenija 5 nojabrja 2019).

19. Mihal'chenkov A. M., Solov'ev S. A., Novikov A. A. Ob odnoj prichine nizkogo resursa detalej rabochih organov otechestvennyh pochvoobrabatyvajushhih orudij [One reason for the low resource details the working bodies of the national tillage machinery,. Trudy GOSNITI. 2014. Vol. 117. pp. 127–132.

20. Carev Ju. A. Rybalkin M. G.. Informatsionno-analiticheskaja sistema prognozirovanija potrebnosti v zapchastjah [Information and analytical system for predicting the need for spare parts*], Traktory i sel'skohozjajstvennye mashiny*. 2007. No. 1. pp. 50–52 (In Russian).

21. Strebkov D. S. Kuznetsov I. M., Makeev M. V. Sovershenstvovanie operativnogo upravlenija sel'skohozjajstvennym proizvodstvom [Improving operational management of agricultural production]. *Mehanizacija i elektrifikatsija sel'skogo hozjajstva.* 2011. No. 6, pp. 3–7.

Submitted 23.11.2019; revised 18.12.2019.

About the authors:

Sergey L. Nikitchenko, candidate of technical sciences, associate professor,
head of the department «Technical service in the agro-industrial complex»
Address: Azov-Black Sea Engineering Institute - a branch of the Don State Agrarian University, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education in Zernograd, 347740, Russia, Zernograd, ul. Lenin, building 21
E-mail: binom_a@rambler.ru
Spin-code: 3384-0973

Evgeny V. Voronov, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Technical Service
Address: Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics, 606340,
Russia, Knyaginino, ul. October 22A
E-mail: e_voronov@list.ru
Spin-code: 8963-4080

Contribution of the authors:

Nikitchenko Sergey Leonidovich: collection and processing of materials, preparation of the original version of the text.

Voronov Evgeny Viktorovich: general project management, analysis and addition of the text.

All authors have read and approved the final manuscript.