

УДК 629.114

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ  
АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ**

**Эйдзен Никита Александрович**

магистрант

**Абросимов Александр Геннадьевич**

кандидат технических наук, доцент

[AlexAbr84@bk.ru](mailto:AlexAbr84@bk.ru)

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

**Аннотация.** Предложена методика расчета инструментального оснащения возимых комплектов запасных частей, инструмента и принадлежностей (ЗИП) автотракторной техники. Полученные результаты могут быть использованы для повышения показателей её ремонтпригодности.

**Ключевые слова:** ремонтпригодность, количество инструмента, комплект ЗИП, эффективность эксплуатации, автотракторная техника.

В настоящее время ежегодные затраты на содержание автотракторной техники составляют более 20% ее балансовой стоимости. При этом 70% средств идет на техническое обслуживание и устранение последствий отказов. Снижение этих затрат является важным направлением повышения её ремонтпригодности.

Известно, что трудоёмкость, а следовательно и затраты на техническое обслуживание рассматриваемой техники и устранение последствий отказов в эксплуатации в определенной степени зависят от количества и полноты применения инструмента. Поэтому исследования влияния ЗИП на показатели ремонтпригодности техники являются актуальными

В настоящее время для нормирования ремонтпригодности используется около 70 показателей. Из них 35 показателей [2–4] прямо или косвенно обеспечиваются точностью нормирования количества инструмента.

Основной подход к решению этой задачи заключается в разработке методики на основе статистической информации о количественной оценке показателей надежности, продолжительности обслуживания и количестве применяемого инструмента [1–3].

Целью исследования является разработка методики расчёта количества инструмента в комплекте ЗИП автотракторной техники.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи исследования: – провести анализ существующих методик расчета количества инструмента;

– разработать методику расчета рационального количества инструмента в комплектах ЗИП.

Разработка методики расчета необходимого количества инструмента

Рассмотрим цикл работы машины равный 1000 часов. Надёжность будем оценивать комплексным показателем – коэффициентом готовности  $K_r$ , который, в соответствии с [3], можно представить зависимостью

$$K_r = 1 - e^{-\mu \cdot t} \cdot (1 - e^{-\lambda \cdot T}), \quad (1)$$

где  $\mu = \frac{n}{T_{\text{ТО}}}$  интенсивность обслуживания за  $T$  цикл, 1/ч;  $n$  – количество

операций обслуживания за цикл;  $T^{TO}$  – суммарная оперативная продолжительность обслуживания, ч;  $t$  – предельное время обслуживания, ч;  $\lambda$  – интенсивность отказов, 1/м.-ч;  $T$  – время работы, ч.

Воспользуемся зависимостью для определения оперативной трудоемкости [1, 5]. При условии выполнения всех работ одним исполнителем, оперативная трудоемкость численно будет равна оперативной продолжительности обслуживания машины.

В случае соблюдения всех требований инструкции по эксплуатации, применения необходимого комплекса инструментов и т.д. можно записать зависимость для нормативной оперативной продолжительности

$$T_H^{TO} = \sum x_i^{\alpha} + x_H^{\alpha_H} \quad (2)$$

где  $\sum x_i^{\alpha}$  – нормативная оперативная продолжительность цикла обслуживания, зависящая от различных факторов, кроме количества применяемого инструмента;  $x_H^{\alpha_H}$  – часть нормативной оперативной продолжительности цикла обслуживания, зависящая от количества применяемого инструмента;  $\alpha_H$  – показатель степени влияния количества инструмента на нормативную оперативную продолжительность цикла обслуживания.

Аналогичную зависимость получим для оперативной фактической продолжительности цикла обслуживания  $T_H^{TO}$  в реальных условиях эксплуатации

$$T_{\Phi}^{TO} = \sum x_i^{\alpha} + x_{\Phi}^{\alpha_{\Phi}} \quad (3)$$

Приняв, что влияние всех факторов, кроме наличия инструмента в комплекте ЗИП, оказывают в

обоих случаях одинаковое влияние, получим

$$\frac{T_H^{TO}}{T_{\Phi}^{TO}} = \frac{x_H^{\alpha_H}}{x_{\Phi}^{\alpha_{\Phi}}} \quad (4)$$

При  $\alpha_H = \alpha_{\Phi} = \alpha$  получим

$$T_{\Phi}^{TO} = T_H^{TO} \cdot \left( \frac{x_{\Phi}^{\alpha_{\Phi}}}{x_H^{\alpha_H}} \right)^{\alpha} \quad (5)$$

Выполним расчёты на примере колесных тракторов класса 30 кН. Значение показателя степени равно  $\alpha = 0,664$  [1].

Перепишем зависимость (5) в следующем виде:

$$T_H^{TO} = T_\Phi^{TO} \cdot \left(\frac{1}{K_H}\right)^{0,664} \quad (6)$$

где  $K_H$  – коэффициент полноты применения инструмента при обслуживании.

Перепишем формулу (1) с учетом зависимости (6)

$$K_r = 1 - e^{-\mu \cdot K_H^{0,664} \cdot t} \cdot (1 - e^{-\lambda \cdot T}) \quad (7)$$

Необходимое количество инструмента в комплекте ЗИП можно рассчитать по зависимости

$$K_H = \sqrt{\frac{-\ln\left(\frac{1 - K_r}{e^{-\lambda T} - 1}\right)}{\mu \cdot t}}$$

Таким образом, для определения необходимого количества инструмента в комплекте ЗИП трактора и оценки его влияния на эффективность эксплуатации нужно выполнить следующую последовательность действий [7-9]:

- определить надежность характеристики трактора в условиях реальной эксплуатации; – определить характеристики процесса восстановления работоспособности трактора в условиях реальной эксплуатации;
- задаться необходимым временем безотказной работы трактора;
- задаться требуемым  $K_r$ ;
- провести вычисления по зависимостям (7) и (8).

Для оценки влияния полноты применения инструмента при обслуживании на эффективность эксплуатации техники в реальных условиях и расчета количества, необходимого для обеспечения заданной эффективности эксплуатации инструмента, нужно провести предварительные расчеты всех входящих в зависимости (7) и (8) величин.

Выполним расчеты в соответствии с предложенной методикой на примере шасси трактора ХТЗ17221. Оперативные продолжительности устранения отказов шасси трактора ХТЗ-17221 в условиях реальной эксплуатации рассчитаем в соответствии с информацией [5]. Для этого определим средние продолжительности устранения отказов для каждой системы и агрегата шасси и количество отказов по этим системам в соответствии с [5–8]. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Используя данные табл. 1, рассчитаем интенсивность обслуживания шасси трактора за цикл  $\mu = \frac{139}{223,274} = 0,6226$  1/ч. Предельное время обслуживания  $t$  примем в диапазоне 0,05 – 12,5 ч в соответствии с [5].

В результате обработки статистической информации определены показатели безотказности шасси тракторов ХТЗ-17221. Установлено, что распределение наработки на отказ шасси тракторов подчиняется экспоненциальному закону. Примем время работы шасси трактора  $T = 1350$  м.-ч, что соответствует средней годовой наработке тракторов типа Т-150К в условиях Украины.

Таблица 1

Продолжительности устранения отказов шасси тракторов ХТЗ-17221 в реальной эксплуатации

Система, агрегат шасси	Количество отказов	Средняя оперативная продолжительность устранения 1 отказа, ч	Суммарная оперативная продолжительность обслуживания, ч
Трансмиссия	35	3,946	138,114
Муфта сцепления	3	7,417	22,251
Ходовая система	2	0,866	1,733
Несущая система	0	1,575	0,000
Гидронавесная система	68	0,815	55,434
Электрооборудование	31	0,185	5,742
По шасси трактора	139		223,274

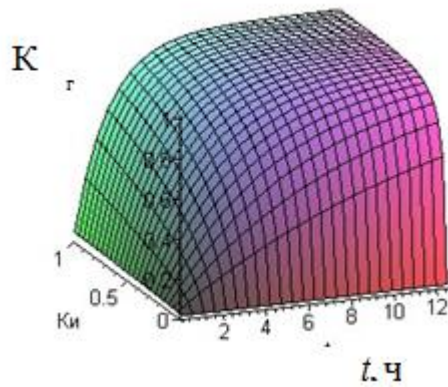


Рисунок 1 - Зависимость  $K_r$  от  $K_n$  и  $t$

Построим зависимости  $K_r$  от коэффициента полноты применения инструмента при обслуживании  $K_n$  и предельного времени обслуживания  $t$  за время работы тракторов  $T$  при определенных значениях  $K_n$  (рис. 2).

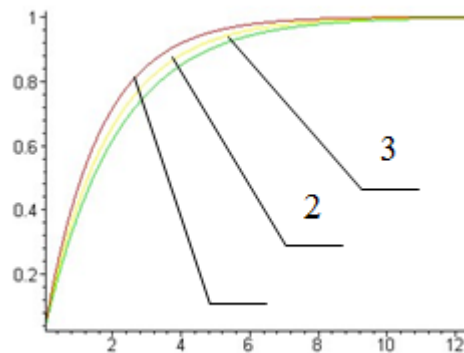


Рисунок 2 - Зависимость  $K_r$  от  $K_n$  и  $t$  : 1 – при  $K_n = 1$ , 2 – при  $K_n = 0,78$ , 3 – при  $K_n = 0,65$

Анализ рис. 2 показывает, что при существующей системе обслуживания и уровне надежности шасси тракторов ХТЗ-17221 в условиях реальной эксплуатации для обеспечения  $K_r$  в пределах 0,85 – 0,95 наличие инструмента в комплекте ЗИП оказывает существенное влияние.

При увеличении количества инструмента в комплекте ЗИП до уровня, регламентированного заводской документацией 10–15-летней давности, при сохранении всех остальных параметров, возможно увеличение коэффициента готовности в реальной эксплуатации  $K_r$  с 0,84 до 0,92 при  $t = 4$  ч (рис. 2).

В соответствии с (8) построим зависимость коэффициента полноты

применения инструмента при обслуживании  $K_i$  от предельного времени обслуживания  $t$  за время работы тракторов  $T$  при  $K_{\Gamma} = 0,92$  (рис. 3). При этом необходимо учесть, что средние оперативные продолжительности устранения отказов 2 и 3 групп сложности в условиях реальной эксплуатации, равны соответственно 1,82 ч и 7,79 ч [5]

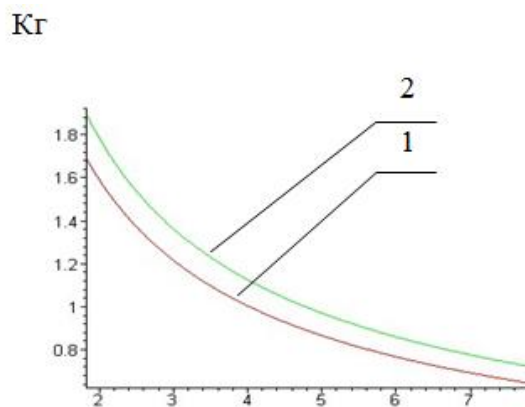


Рисунок 3 Зависимость  $K_i$  от  $K_{\Gamma}$  и  $t$  : 1 –  $K_{\Gamma} = 0,92$ , 2 –  $K_{\Gamma} = 0,95$

Анализ зависимости показывает, что для оперативного устранения последствий отказов шасси тракторов ХТЗ-17221 необходимо иметь полный комплект инструмента в наборе ЗИП, предусмотренный инструкцией по эксплуатации [10-14]. В противном случае оперативное время устранения неисправностей увеличивается, что приводит к необоснованным простоям техники и увеличению затрат у потребителей, особенно в периоды сельскохозяйственных работ.

Таким образом, для обеспечения готовности техники в реальной эксплуатации, уменьшения времени простоя по причине отсутствия необходимого инструмента, уменьшения эксплуатационных затрат необходимо наличие комплектов ЗИП. Они должны учитывать потребность в инструменте для выполнения всех необходимых операций по оперативному восстановлению работоспособности шасси тракторов как в полевых условиях, так и в условиях МТС.

Наличие инструмента в ЗИП оказывает влияние на эффективность использования техники в условиях реальной эксплуатации.

Кроме наличия инструмента на  $K_2$  существенное влияние оказывает

интенсивность обслуживания, которая может быть повышена уменьшением времени обслуживания. Например, за счет конструктивного совершенствования трактора или привлечения дополнительного обслуживающего персонала.

Полученная зависимость коэффициента полноты применения инструмента  $K_u$  от  $K_z$  и  $t$  позволяет рационально подобрать комплект инструмента ЗИП для обеспечения заданного коэффициента готовности в условиях реальной эксплуатации.

#### Список литературы:

1. Топилин Г.Е., Забродский В.М. Управление технической эксплуатацией тракторов. – К.: Урожай, 1991. – 256 с.
2. Ремонтпригодность машин / Под ред. Волкова П.Н. – М.: Машиностроение, 1975. – 368 с.
3. Калабро С.Р. Принципы и практические вопросы надежности / Пер. с англ. под ред. Д.Ю. Панова. – М.: Машиностроение, 1966. – 376 с.
4. ГОСТ 21623-76. Система технического обслуживания и ремонта техники. Показатели для оценки ремонтпригодности. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 56 с.
5. Классификатор отказов трактора Т-150К. – М.:НПО НАТИ, 1988. – 43 с.
6. Кузнецов, П.Н. Повышение надежности техники путем автоматизированного проектирования деталей и узлов / П.Н. Кузнецов, Л.В. Брижанский, А.П. Кузнецова // Наука и Образование. – 2019. – Т. 2. – № 4. – С. 264.
7. Мишин, М.М. Технический сервис и школа / М.М. Мишин, М.Н. Мишина, В.В. Хатунцев // Сборник научных трудов, посвященный 85-летию Мичуринского государственного аграрного университета. в 4 т. – Мичуринск: Мичуринский государственный аграрный университет, 2016. – С. 59-62.
8. The technique of automated applying of polymer coatings used for repair of tractor parts / D. Psarev, V. Khatuntsev, M. Mishin, S. Astapov, A. Rozhnov // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 12th



International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry, INTERAGROMASH 2019. 2019. С. 012011.

9. Фирсов, П.В. Современные системы управления механизмами газораспределения двигателя внутреннего сгорания / П.В. Фирсов, Н.А. Эйдзен, А.В. Алехин // Наука и Образование. – 2019. – Т. 2. – № 4. – С. 121.

10. Analysis of the characteristics of natural gas as fuel for vehicles and agricultural tractors / Al-Maidi A.A.H., Rodionov Y.V., Nikitin D.V., Chernetsov D.A., Vdovina E.S., Mikheev N.V. // Plant Archives. - 2019. - Т. 19. - С. 1213-1218.

11. Каданцев, С.Н. Пути снижения экономических показателей автомобильного транспорта / С.Н. Каданцев, А.Г. Абросимов // Наука и Образование. – 2020. – Т. 3. – № 2. С. 11.

12. Аналитическая оценка свойств дисперсно-упрочненных гальванических композитных многослойных покрытий / С.Ю. Жачкин, Н.А. Пеньков, А.И. Краснов, К.А. Манаенков // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. - 2015. - № 1. - С. 142-149.

13. Манаенков, К.А. Вклад инженерного института Мичуринского ГАУ в научно-технологическое развитие сельского хозяйства Тамбовской области / К.А. Манаенков, И.П. Криволапов // Наука и Образование. – 2019. – Т. 2. – № 1. – С. 37.

14. Консервация машин для разбрасывания пескосоляной смеси / В.И. Горшенин, В.Ю. Ланцев, С.В. Соловьёв, [ и др.] //Наука и Образование. – 2019. – Т. 2. – № 1. – С. 45.

**UDC 629.114**

**METHODOLOGY FOR CALCULATING THE  
MAINTAINABILITY OF AUTOMOTIVE EQUIPMENT**

**Eidzen Nikita Aleksandrovich**

master's student

**Abrosimov Alexander Gennadievich**

Candidate of technical sciences, Associate Professor

[AlexAbr84@bk.ru](mailto:AlexAbr84@bk.ru)

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

**Annotation.** A method is proposed for calculating the instrumental equipment of the transportable sets of spare parts, tools and accessories (spare parts) for automotive vehicles. The results obtained can be used to improve the indicators of its maintainability.

**Key words:** maintainability, number of tools, set of spare parts, operational efficiency, automotive equipment.