

Методика определения показателей долговечности деталей форвардеров Timberjack

А. В. Саливоник¹

Петрозаводский государственный университет

АННОТАЦИЯ

Представлена методика определения показателей долговечности деталей форвардеров Timberjack по результатам фактического расхода запасных частей на эксплуатацию.

Ключевые слова: *запасные части, лесозаготовительные машины, показатели долговечности, фактический расход запасных частей.*

SUMMARY

The article represents the methods of determination of the indices of the durability of forwarders Timberjack details by the results of the actual operating costs of spare parts.

Keywords: *spare parts, logging machines, parameters of durability, actual charge of spare parts.*

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Определение показателей долговечности полностью зависит от объема и состава информации о надежности деталей лесозаготовительных машин (ЛЗМ). Получение достоверных данных по надежности предполагает проведение масштабных и достаточно дорогих наблюдений, в которых должно быть задействовано множество людей.

В качестве альтернативного решения предлагается способ определения показателей долговечности деталей на основе их фактического расхода и последующей математической обработки [1–3]. Большим преимуществом предлагаемого варианта определения показателей долговечности является условие сбора исходных данных. При этом большая часть информации (поступление и расходования запасных частей во время эксплуатации техники) отражается в бухгалтерских и складских документах на всех без исключения предприятиях. В соответствии с имеющимися условиями, вышеупомянутыми ограниченными возможностями и поставленной задачей (определение показателей долговечности деталей) была разработана специальная методика сбора информации по фактическому расходу запасных частей (ЗПЧ) и расчету показателей долговечности деталей форвардеров Timberjack.

На основании анализа работ предшественников, посвященных рассматриваемой проблеме, была разра-

ботана методика определения долговечности деталей форвардеров Timberjack, состоящая из нескольких этапов:

- сбор экспериментального материала фактического расхода запасных частей по специально разработанной форме;
- определение первоначальных исходных данных, полученных из экспериментального материала;
- определение необходимого объема экспериментального материала по фактическому расходу запасных частей;
- выявление показателей долговечности деталей машин.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В основе методики получения исходных данных лежит подход, основывающийся на изучении документации по списанию каждого типоминнала ЗПЧ (объектов наблюдения) на каждую машину за весь период ее эксплуатации.

В качестве объекта наблюдения рассмотрим деталь технологического оборудования (манипулятора) форвардера Timberjack серии 1010 – серию манипулятора (F058748). Причиной выбора именно этой детали технологического оборудования в качестве объектов наблюдения послужила ее унификация на всех моделях форвардера серии 1010. Для сбора данных по фактическому расходу запасных частей была предложена методика, включающая специально разработанную форму учета данных в виде таблиц, содержащих общую информацию по каждой ЛЗМ в таблице 1 и фактическому расходу запасных частей каждой машиной в таблице 2. Данные, представленные в таблице 1 и таблице 2, собраны по двум лесозаготовительным предприятиям Республики Карелия (РК). Форму сбора информации по фактическому расходу обуславливает наличие учетной документации по каждой машине. При отсутствии конкретной информации по расходу ЗПЧ каждой машиной можно воспользоваться методикой, основанной на суммарном фактическом расходе всеми ЛЗМ одного предприятия с учетом их общей наработки за рассматриваемый период эксплуатации. К примеру, эти данные могут быть получены на основе изучения документации по поставкам ЗПЧ дилером и общих сведений по парку ЛЗМ предприятий.

Из таблицы 2 согласно [4] определим среднюю наработку на отказ каждого форвардера за период с начала эксплуатации до даты отчета:

$$T_j^h = \frac{T_j^h}{n_j}, \quad (1)$$

где T_j^h – наработка j -го форвардера с начала эксплуатации, моточас;

¹ Автор – аспирант кафедры технологии металлов и ремонта

n_j – расход j -го форвардера ЗПЧ за весь период эксплуатации, шт.

При определении средней наработки на отказ T_j за весь период эксплуатации ЛЗМ принимается допущение, что списание (расход), проходящее по документам, приравнивается к отказу.

Определив среднюю наработку до ресурсного отказа (до замен) серьги манипулятора у каждого форвардера, получаем вариационный ряд (табл. 3).

Полученный таким образом вариационный ряд можно оценить на точность или надежность и, кроме того, на достаточность числа вариант. Для определения необходимого числа наблюдений (вариант) или получения необходимой точности и надежности точечных характеристик параметров надежности исследуемых деталей воспользуемся обращенной функцией Стьюдента [5].

Применение обращенной функции Стьюдента для нахождения необходимого числа наблюдений объясняется тем, что по результатам определения средней наработки до ресурсного отказа (до замен) серьги манипулятора на основе первоначальных данных общее количество вариант составило менее 30 при допущении, что доверительный интервал разброса средней наработки до ресурсного отказа (до замен) серьги манипулятора у всех форвардеров представляет собой симметричный отрезок.

Расчет необходимого числа вариант проведем при условии надежности оценки (доверительной вероятности) $P_D = 90\%$ и точности среднего результата (оценки статистического математического ожидания средней наработки до ресурсного отказа) $M[x]$ не более 10% [5].

Тогда необходимое число наблюдений (отказов), при котором обеспечиваются заданные условия, определяется по формуле:

$$n = \frac{\sigma_x^2}{\delta_m^2} \cdot [S^{-1}(P_D)]^2, \quad (2)$$

где σ_x^2 – несмещенная оценка статистической дисперсии средней наработки до ресурсного отказа (до замены) серьги;

$\delta_m = 0,1 \cdot M[x]$ – требуемая (задаваемая) точность для среднего результата наработки до отказа серьги;

$S^{-1}(90\%) = 1,895$ – значение обращенной функции Стьюдента при условии надежности оценки в 90%.

$$\delta_x^2 = \frac{n_1}{n_1 - 1} \cdot \left[\frac{1}{n_1} \cdot \sum_{i=1}^{n_1} (x_i - M[x])^2 \right], \quad (3)$$

где $n_1 = 7$ – число вариант в первоначальном вариационном ряду;

x_i – значения средней наработки на отказ, моточас.

$$M[x] = \frac{1}{n_1} \cdot \sum_{i=1}^{n_1} x_i. \quad (4)$$

В результате расчетов были получены следующие значения:

- оценка статистического математического ожидания средней наработки до ресурсного отказа серьги $M[x] = 2467$ моточас;

- несмещенная оценка статистической дисперсии средней наработки до ресурсного отказа (до замены) серьги $\sigma_x^2 = 2791$ моточас;

- требуемая точность для среднего результата наработки до отказа серьги $\delta_m = 247$ моточас;

- необходимое число наблюдений $n = 16,46$.

Из результатов расчетов следует, что при назначенной надежности оценки в 90% и требуемой точности для среднего результата в 10% необходимое число вариант составило 17, то есть для выполнения заданных условий расчетов необходимы данные по средним наработкам серьги до ресурсного отказа еще по 10 машинам.

При изменении условия задачи, то есть при принятии, что $n = n_1 = 7$, что соответствует имеющемуся вариационному ряду, можно определить точность при фиксированной надежности или надежность при фиксированной точности. Для решения этой задачи используются выражения (3) и (4), а также преобразованное выражение (2).

К примеру, при числе наблюдений $n = 7$ и надежности оценки $P_D = 90\%$ рассчитанная точность среднего результата составляет 15,34% ($\delta_m = 379$ моточасов).

Для определения показателей долговечности серьги манипулятора можно воспользоваться аналитической расчетной методикой, приведенной в [6]. По результатам расчетов выявлено, что оценка коэффициента корреляции имеет наибольшее значение при логнормальном распределении. Поэтому принимаем гипотезу о соответствии распределения наработок отказавших деталей к данному виду закона. Точечные и ин-

тервальные оценки показателей долговечности имеют следующие значения:

- оценка среднего ресурса $L_{cp} = 2999$ моточас;
- оценка среднего квадратического отклонения ресурса $\sigma_L = 1420$ моточас;
- оценка коэффициента вариации $V = 0,474$;
- оценка 80%-го ресурса $L_{80\%} = 2229$ моточас;
- оценка 90%-го ресурса $L_{90\%} = 1911$ моточас;
- верхняя граница доверительного интервала разброса ресурса $L_B = 4011$ моточас;
- нижняя граница доверительного интервала разброса ресурса $L_H = 1977$ моточас.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шиловский В. Н. Теоретические основы и стратегии организации маркетинга и менеджмента технического сервиса территориально распределенных машин и оборудования: Монография / В. Н. Шиловский. Петрозаводск, 2001. 324 с.
2. Шиловский В. Н. Нормирование расхода запасных частей лесозаготовительной техники / В. Н. Шиловский // Сб. науч. Трудов / ЦНИИМЭ. Химки, 1988. С. 17-19.
3. Шиловский В. Н. Совершенствование системы заявок на запасные части для тракторов ОТЗ и машин на их базе / В. Н. Шиловский, В. А. Анасьев // Лесозэксплуатация и лесосплав. 1989. № 5. С. 7-8.
4. Питухин А. В. Сбор и обработка информации о надежности лесных машин: Учебное пособие / А. В. Питухин, В. Н. Шиловский, Н. И. Серебрянский. Петрозаводск, 1995. 84 с.
5. Завадский Ю. В. Статистическая обработка эксперимента в задачах автомобильного транспорта / Ю. В. Завадский. М., 1982. 136 с.
6. Питухин А. В. Применение вероятностно-статистических методов для решения задач по надежности и ремонту машин и оборудования: Учебное пособие / А. В. Питухин, В. Н. Шиловский, Н. И. Серебрянский. Петрозаводск, 1999. 148 с.

Таблица 1
Общие сведения о наблюдаемых форвардерах Timberjack серии 1010

Номер машины	Марка машины	Заводской номер	Год выпуска	Дата ввода в эксплуатацию
1	1010D	WJ1010D003595	2003	26.11.03
2	1010D	WJ1010D003523	2003	11.02.03
3	1010B	WJ1010B003371	2002	15.08.02
4	1010D	WJ1010D003649	2004	28.04.04
5	1010D	WJ1010D003503	2002	15.01.03
6	1010A	WJ10101902	1998	11.12.98
7	1010B	WJ1010B3147	1999	30.08.99

Таблица 2
Сведения по фактическому расходу запчастей

Номер машины	Дата отчета	Количество деталей на ЛЗМ	Наработка ЛЗМ с начала эксплуатации до даты отчета, моточас	Расход ЗПЧ за весь период эксплуатации, шт.
1	02.08.04	1	3531	1
2	04.08.04	1	6662	3
3	13.08.04	1	9483	4
4	08.08.04	1	1980	1
5	22.07.03	1	2766	1
6	05.08.03	1	23687	11
7	04.08.03	1	20237	9

Таблица 3
Вариационный ряд средних наработок на отказ

Номер отказа, i	1	2	3	4	5	6	7
Номер машины	4	6	2	7	3	5	1
Средняя наработка на отказ, моточас	1980	2153	2221	2249	2371	2766	3531