

## Теоретические основы обоснования периодичности диагностики гидроагрегатов технологического оборудования лесных машин

В. Н. Шиловский<sup>1</sup>,  
Г. Ю. Гольштейн

*Петрозаводский государственный университет*

### АННОТАЦИЯ

Приводятся методические положения, аналитические зависимости по обоснованию способа организации и периодичности проверок технического состояния гидроагрегатов технологического оборудования лесных машин.

**Ключевые слова:** работоспособное состояние, параметрический отказ, предельное состояние, экономический критерий, диагностика, периодичность диагностики, организация диагностики.

### SUMMARY

Happen to methodical positions, analytical dependencies on motivation of the way to organizations and periodicity of the checking the technical condition гидроагрегатов technological equipping the timber machines.

**Keywords:** *runnable condition, parametric refusal, limiting condition, economic criterion, diagnostics, periodicity of the diagnostics, organization of the diagnostics.*

Организация проверок технического состояния гидрооборудования (гидронасосов, гидроцилиндров и т. п.) приобретает важное значение, когда гидроагрегаты гидросистемы, длительное время находясь в работе, с какого-то момента могут не обеспечивать необходимой производительности как технологического оборудования, так и машины в целом.

Проверка фактического технического состояния объекта, как правило, сопряжена с затратами и с тем, что проверяемая система или какая-то ее часть должны быть выведены из эксплуатации на некоторое время для осуществления процедуры проверки.

Это обстоятельство означает, что более частые проверки приводят к увеличению затрат на их проведение и, самое главное, к уменьшению коэффициентов технической готовности и использования лесозаготовительной машины, а с другой стороны, более редкие проверки создают определенную вероятность эксплуатации оборудования и машины за пределами допустимого уровня снижения производительности. Таким образом, имеют место факторы, противоречи-

во воздействующие на эффективность эксплуатации лесозаготовительной машины (ЛЗМ).

Эти факторы в значительной степени и определяют стратегии и способы проверки технического состояния рассматриваемых объектов.

Рассмотрим стратегию планирования проверок на основе баланса стоимости проверок и потерь от обнаружения неисправности системы. Будем считать, что каждая проверка имеет фиксированную стоимость  $C_1$ , а пребывание системы неисправном состоянии в течение одного часа обходится в  $C_2$  руб/час. Тогда отказ (снижение технических показателей ниже допустимых), возникающий в любой момент между некоторой  $k$ -й и  $(k+1)$ -й по счету проверкой, вызывает эксплуатационные потери, в среднем равные следующей величине:

$$\int_{t_k}^{t_{k+1}} \{(k+1)C_1 + C_2(t_{k+1} - x)\} dF(x), \quad (1)$$

где  $F(x)$  – распределение времени до первого параметрического отказа системы.

Параметрический отказ может возникнуть после любой по счету проверки, поэтому для получения полных ожидаемых потерь от эксплуатации машины после возникновения параметрического отказа ( $M[\Pi_p]$ ) нужно просуммировать выражение (1) по всем возможным  $k$  от 0 до  $\infty$ . В связи с этим имеем:

$$M[\Pi_p] = \sum_{k=0}^{\infty} \int_{t_k}^{t_{k+1}} \{(k+1)C_1 + C_2(t_{k+1} - x)\} dF(x). \quad (2)$$

Организация проверок через постоянный период времени определяет так называемую периодическую стратегию проверок. Проведение проверок с переменным интервалом определяет последовательные стратегии [1].

В начале эксплуатации может быть выбрана периодическая стратегия проверок. С течением времени эксплуатации, когда состояние сопряжений приближается к предельному состоянию по экономическому критерию, периодичность проверок должна изменяться, т. е. сокращаться периоды времени между очередными проверками, чтобы не пропустить момент наступления параметрического или аварийного отказа.

На конечном интервале времени длительностью  $T$  нужно спланировать число проверок и величины интервалов между ними так, чтобы достигался минимум максимально возможных потерь вида (2) при любом, даже неизвестном, распределении  $F(t)$ .

<sup>1</sup> Авторы – соответственно профессор и аспирант кафедры технологии металлов и ремонта  
© Шиловский В. Н., Гольштейн Г. Ю., 2008

При организации проверок через постоянный интервал  $\tau$  величина полных ожидаемых эксплуатационных потерь приобретает вид:

$$M[\Pi_0] = \sum_{k=0}^{\infty} \int_{k\tau}^{(k+1)\tau} \{(k+1)C_1 + C_2[(k+1)\tau - x]\} dF(x). \quad (3)$$

При неизвестном законе распределения  $F(t)$  могут быть предложены последовательно – периодические стратегии проверок с периодом  $T$ , имеющим конечное значение. В этом случае нетрудно представить эксплуатационные потери, обусловленные неисправностью, возникающей между  $k$ -й и  $(k+1)$ -й проверкой ( $k = 0, 1, 2, \dots, n-1$ ). Если обозначить через  $\omega$  случайный момент возникновения параметрического отказа системы, то при различных условиях его возникновения во времени потери будут равны:

$$Q(\omega) = \begin{cases} (k+1)C_1 + C_2(t_{k+1} - \omega)^*, \\ nC_1 + C_2(T - \omega)^{**}, \\ nC_1^{***}, \end{cases} \quad (4)$$

\* если  $t_k < \omega \leq t_{k+1}$  ( $k = 0, 1, \dots, n-1$ );

\*\* если  $t_n < \omega \leq T$ ;

\*\*\* если  $\omega > T$ .

Ввиду того, что параметрический отказ системы может возникнуть в любой момент времени в заданном интервале или не возникнуть вообще за время  $(0, T]$ , то полные ожидаемые потери  $(M[\Pi_0(T)])$  за это время будут равны:

$$M[\Pi_0(T)] = \sum_{k=0}^{n-1} \int_{t_k}^{t_{k+1}} \{(k+1)C_1 + C_2(t_{k+1} - x)\} dF(x) + \int_{t_n}^T \{nC_1 + C_2(T - x)\} dF(x) + nC_1 \int_T^{\infty} dF(x). \quad (5)$$

При неизвестном распределении момента появления неисправности  $F(t)$  планирование проверок можно формулировать на основе минимаксного критерия [2]:

$$\min_{\{t_k\}} \max_{F(t)} M[\Pi_0(T)] \quad (k = 0, 1, 2, \dots, n) \quad (6)$$

Значение  $M[\Pi_0(T)]$  вычисляется по выражению (5), а максимум берется по всем возможным распределениям  $F(t)$ .

Минимаксная стратегия проверок сводится к выводу числа проверок  $n$  как наибольшего целого числа, удовлетворяющего неравенству:

$$C_1 n^2 + C_1 \cdot n + 2(C_1 - C_2 T) \leq 0. \quad (7)$$

Моменты последовательных проверок  $t_k$  определяются согласно работе [3] по выражению:

$$t_k = k \left[ \frac{T}{n+1} + \frac{C_1}{2C_2} \left( \frac{n(n+3)}{n+1} - (k+1) \right) \right]. \quad (8)$$

Диагностику гидроагрегатов гидросистемы привода технологического оборудования ЛЗМ целесообразно проводить передвижными средствами технического сервиса. Эффективность организации работы передвижных мастерских (ПМ) согласно работе [3] оценивается величиной коэффициента  $K$ , определяющего долю суммарного времени работы  $\sum t_{pi}$  и времени в движении  $\sum_{i=1}^{n+1} t_{Di}$  от всего рабочего времени смены  $T_{cm}$ .

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{n+1} t_{Di} + \sum_{i=1}^n t_{pi}}{T_{cm}} \rightarrow 1, \quad (9)$$

где  $n$  – число обслуживаемых объектов.

Подбором маршрутов согласно территориальному распределению потребителей и планируемому объему проверок следует добиваться величины коэффициента  $K$ , близкой к единице.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Перроте А. И. О режиме оптимальной профилактики систем длительного пользования / А. И. Перроте // Автоматика. 1961. № 3.
2. Жожикашвили В. А. Определение целесообразного режима работы резервного блока системы / В. А. Жожикашвили, А. Л. Райкин // Структурная теория линейных устройств: Сборник научных трудов. М., 1963. С. 77-79.
3. Райкин А. Л. Элементы теории надежности для проектирования технических систем / А. Л. Райкин. М.: Советское радио, 1967. 265 с.
4. 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.