

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ УПРАВЛЕНИЯ СОСТОЯНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Яковлев К. А.

*ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия», Воронеж, Россия (394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8), e-mail: [rivelenasoul@mail.ru](mailto:rivelenasoul@mail.ru)*

Задача корректировки нормативных допустимых значений управляющих параметров состояния огромна по своим масштабам и может показаться вообще трудновыполнимой в обозримые сроки. Есть, однако, одно облегчающее обстоятельство. Это обстоятельство связано с приблизительной локальной линейностью зависимости оптимальных допускаемых значений контролируемого параметра состояния от относительной величины потерь при простое. Используя указанную особенность, выполнен пропорциональный пересчет некоторой части имеющихся нормативных данных. А именно таких, для которых в действующей документации предусмотрен упреждающий допуск на предельное значение контролируемого параметра. Представлены результаты корректировки. Целесообразность корректировки допускаемых значений контролируемых параметров состояния основывается исключительно на соображениях экономической оптимальности и не затрагивает ограничений, связанных с конструктивными особенностями тех или иных сопряжений или требованиями безопасности.

Ключевые слова: параметры управления, технические средства, простой, допуск, нормативная документация.

## OPTIMIZATION OF STATE MANAGEMENT OPTIONS ELEMENTS FOREST MACHINES

Yakovlev K. A.

*Voronezh State Forestry Academy, Voronezh, Russia (394087, Voronezh, street Timiryazeva, 8), e-mail: [rivelenasoul@mail.ru](mailto:rivelenasoul@mail.ru)*

The problem of regulatory adjustments allowable values of control parameters of the state is enormous in scope and may seem exacting even in the foreseeable future. There are, however, one facilitating factor. This is due to the approximate linear dependence of the local optimal control parameter values allowed by the state of the relative magnitude of losses from idle. Using the above feature is made proportional to the conversion of some of the available normative data. Namely, those for which documentation is provided in the existing pre-emptive admission to the limiting value of the controlled parameter. The results of the adjustment. Feasibility of adjusting the values of monitored parameters allowed by the state based solely on economic optimality and does not affect the limitations associated with the design features of various interfaces and security requirements.

Keywords: management options, facilities, downtime tolerance, regulatory documents.

Введение. Проблема улучшения использования годности технических средств имеет многоплановый характер. Эта многоплановость является прямым следствием тесной связи достоинств и недостатков машин как объектов управления их техническим состоянием и надёжностью с экономическими процессами использования их по назначению.

Подразумевается, что безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость полностью определяются в процессе проектирования и изготовления изделия. За эксплуатацией, в том числе и технической, признаётся способность содействовать реализации свойств, заложенных в изделие изначально в процессе его создания. Однако почти на все технические характеристики надёжности оказывают существенное влияние процессы использования и обслуживания, причем уже на уровне первичной системной связи: машина – среда.

Лесозаготовительная отрасль лесопромышленного комплекса представляет собой сложную организационно-технологическую структуру, имеющую достаточно четко выраженную отраслевую специфику. Это касается организации лесосечных работ, разнообразия применяемых систем машин и оборудования, специфики их работы, применяемых технологий обслуживания и ремонта, территориальной разобщенности мест дислокации и обслуживания машин от района выполнения основных лесозаготовительных работ, удаленности лесозаготовительных предприятий от объектов социальной сферы, специфического кадрового состава и др. особенностей [1,2].

Изучение и анализ источников по рассматриваемой проблеме позволяет сделать следующие выводы:

1. Характеристики безотказности и долговечности машин и их элементов анализируются многими авторами на количественном уровне, как правило, независимо друг от друга. Особенно явственна эта граница при оптимизации параметров управления надежностью элементов машин.

2. Во всех моделях технического обслуживания и ремонта машин присутствуют экономические характеристики эксплуатации машин, которые собственно и определяют целесообразность превентивных замен еще работоспособных элементов. Но, чаще всего, эти характеристики рассматриваются как стационарные фоновые параметры среды, а не как переменные.

3. При оптимизации сроков службы машин по экономическому критерию не учитывается обратная реакция на эти определяемые сроки:

- самих характеристик надежности элементов (в части возможного изменения предельных значений параметров состояния);
- параметров стратегии их технического обслуживания и ремонта (в части учета изменения потерь от простоя);
- удельной загруженности парка как функции его количественного состава.

Задача корректировки нормативных допустимых значений управляющих параметров состояния огромна по своим масштабам и может показаться вообще трудновыполнимой в обозримые сроки. Есть, однако, одно облегчающее обстоятельство. Это обстоятельство связано с приблизительной локальной линейностью зависимости оптимальных допускаемых значений контролируемого параметра состояния от относительной величины потерь при простое

$$\Delta \Gamma^* = \Delta Y_n^{o*} = 0,13 + 0,11 C_{np}^0 \quad (1)$$

Очевидно, что этой линейностью можно воспользоваться в области следующих

значений нормированных потерь  $C_{np}^o$ , связанных с простым отказавшей машины

$$0,3 \leq C_{np}^0 \leq 1,5 \quad (2)$$

При этом дисперсия процесса, а значит и тип закона распределения  $V_c$  для этого интервала  $C_{np}^o$ , не очень сильно сказывается на линейном характере интересующей нас зависимости

$$Y_{\partial}^n = f(C_{np}^o)$$

Используя указанную особенность, можно прибегнуть к пропорциональным пересчетам некоторой части имеющихся нормативных данных. А именно таких, для которых в действующей документации предусмотрен упреждающий допуск на предельное значение контролируемого параметра

$$0,2 \leq \Delta Y_n^0 = \Delta \Gamma \leq 0,35 \quad (3)$$

Алгоритм пересчета таков:

1. Определяется действующий упреждающий допуск

$$\Delta Y_n^0 = 1,0 - Y_{\partial}^0,$$

где  $Y_{\partial}^{0\bullet}$  – действующее допустимое при ремонте значение контролируемого параметра в долях предельного.

2. Определяется среднее значение потерь от  $\bar{C}_{np}^o$  простоя, связанного с отказом элемента при действующем упреждающем допуске  $\Delta Y_n^0$  с учётом уравнения (1), т.е.

$$\bar{C}_{np}^0 = \frac{\Delta Y_n^0 - 0,13}{0,11}$$

3. Вычисляется скорректированное значение нормированных потерь при отказе элемента  $\tilde{C}_{np}^o$ . В рассмотренном нами случае

$$\tilde{C}_{np}^0 = \bar{C}_{np}^0 \times 0,46$$

4. Вычисляется скорректированная величина упреждающего допуска на предельное значение параметра состояния

$$\Delta \tilde{Y}_n^0 = 0,13 + 0,11 \tilde{C}_{np}^0$$

5. Вычисляется рекомендуемое относительное допускаемое значение

контролируемого параметра

$$\tilde{Y}_\partial^0 = 1,0 - \Delta\tilde{Y}_n$$

6. Вычисляется скорректированное значение управляющего параметра в абсолютных величинах

$$\tilde{Y}_\partial = \tilde{Y}_\partial^0 \cdot Y_n$$

Данный алгоритм эквивалентен пересчету нормированных допускаемых значений параметра состояния по следующей формуле

$$\tilde{Y}_\partial^0 = Y_n \left[ 0,87 - (0,87 - Y_\partial^0) \frac{\tilde{C}_{np}^0}{C_{np}^0} \right] \quad (4)$$

Для рассмотренного варианта скорректированное допустимое значение контролируемого параметра

$$\tilde{Y}_\partial = Y_n \left[ 0,47(1 + \tilde{Y}_\partial^0) \right] \quad (5)$$

Подсчитать уменьшение потерь при превентивной замене элемента можно в долях общей годности элемента ( $\Delta\Gamma^o$ ) или в долях технического ресурса ( $\Delta R^o$ ).

$$\eta = Y_\partial^0 - \tilde{Y}_\partial^0 = \Delta\Gamma - \Delta\tilde{\Gamma}^0 = \Delta R^0 - \Delta\tilde{R}^0 \quad (6)$$

Эти разности определяют экономический эффект более полного использования запаса годности элемента в складывающихся экономических условиях по сравнению с базовыми, отраженными в действующей технической документации [3].

В таблице 1 приведены результаты корректировки  $Y_\partial^o$  для нескольких вариантов, различающихся значениями  $a$  и  $v$ , описывающих случайный процесс изменения параметра состояния и их среднее значение  $\bar{Y}_\partial^o$ . В этой же таблице приведены средние значения допустимых изменений параметров деталей по первым четырем примерам, в которых  $Y_\partial^o \pm 1$ , до корректировки  $Y_\partial^o$  и после корректировки  $\tilde{Y}_\partial^o$ .

Таблица 1. Результаты корректировки допускаемых изменений параметров элемента при их превентивной замене

V	$Y_\partial^o$			$\bar{Y}_\partial^{o*}$	$\bar{Y}_\partial^o$	$\tilde{Y}_\partial^o$
	$a = 1$	$a = 1.3$	$a = 1.6$			
0,3	0,7	0,7	0,8	0,77	0,63	0,8
0,6	0,7	0,7	0,8			

0,9	0,75	0,65	0,8			
-----	------	------	-----	--	--	--

Однако отличие от оптимального варианта на 3 процентных пунктов сохраняется. Но на этот раз это приводит не к перерасходу запаса годности, а к некоторым дополнительным потерям из-за отказов.

Пока речь шла о разовой корректировке управляющих параметров процесса старения машин с ориентиром на средние значения экономических характеристик отрасли, претерпевших существенные изменения в переходный к рыночной экономике период. Такой усредненный подход соответствует используемой выше схеме оптимизации управляющего параметра  $Y_d$  по средним характеристикам случайного процесса выхода его реализаций за заданный уровень.

Известно [1,2], что в принципе такой метод управления надежностью менее эффективен, чем управление на основе учета поведения конкретного элемента в заданных условиях, т.е. на основе анализа конкретной реализации рассматриваемого случайного процесса старения.

Выше мы, однако, уже упоминали, что эта потенциальная эффективность в нынешних условиях не может быть реализована из-за существенной приблизительности описания самого процесса изменения параметра  $Y$ .

Но дело не только в этом. Использование варианта стратегии технического обслуживания и ремонта «по реализации» побуждает к ситуационной оценке не только технических характеристик состояния элемента, к которым относят износы деталей, нарушения регулировок сопряжений, старение и загрязнение смазочных материалов, нагарообразование и т.п. явления, но и экономических параметров самого процесса использования машины по назначению [4].

Поскольку такие характеристики эксплуатационной среды, как производительность техники, прибыльность производства, в котором она используется, паритет цен на лесоматериалы и машины, степень зарезервированности парка сказываются на целесообразности превентивной замены элементов технических устройств с не меньшей силой, чем технические параметры состояния, то не только уместен, но даже необходим их индивидуальный мониторинг при каждом принятии управленческого решения.

Другое дело, что индивидуальная оценка технического состояния уже вошла в обиходные процедуры диагностирования, в то время как влияние на управленческие решения экономических факторов не всегда осознается даже на среднестатистическом уровне. Поэтому требование ситуационной оценки экономических параметров перед принятием решения о замене или ремонте тех или иных элементов технических устройств может вызвать определенный скепсис. Тем более, что нормативная документация на

допустимые при ремонте размеры готовилась всегда на среднеотраслевые условия и ни по форме, ни по существу не пригодна к использованию с индивидуальными оценками экономической среды эксплуатации машин.

И все же коренное противоречие стратегии ТОР «по состоянию», с ее изощренной индивидуальной оценкой технических параметров и приблизительной, усредненной – экономических, должно быть постепенно снято.

Первым шагом в этом направлении являются варианты технические условия на допускаемые значения некоторых диагностических параметров без технического вмешательства (замен, регулировок и т. п.) [5,6].

Варианты допускаемых значений  $\tilde{Y}_D^o$  определяются вариантами значений  $\tilde{C}_{np}^o$ , нормированных по отношению к базовым условиям  $C_{np}^o$ .

За базовые могут быть приняты те значения  $\tilde{Y}_D^o$ , которые получаются после усредненной корректировки, предложенной выше.

Индивидуальный подход к экономической оценке ситуации сводится к вычислению в каждом конкретном случае  $k$ -частных значений  $\mu_n, \pi_k, \rho_k, V_k$ , определению с их учетом  $\tilde{C}_{npk}^o$ , а затем либо к индивидуальной корректировке  $\tilde{Y}_D$  для  $k$ -го варианта по формуле 4.

Вывод. Заметим еще раз, что целесообразность корректировки допускаемых значений контролируемых параметров состояния основывается исключительно на соображениях экономической оптимальности и не затрагивает ограничений, связанных с конструктивными особенностями тех или иных сопряжений или требованиями безопасности.

#### Список литературы

1. Решетов, Д. Н. Надежность машин [Текст] / Д. Н. Решетов, А. С. Иванов, В. З. Фадеев. – М.: Высшая школа, 1988. – 238 с.
2. Раськин, Л. Н. Исследование некоторых факторов, влияющих на надежность и работоспособность отремонтированных коробок передач колесных тракторов (на примере трактора МТЗ-50) [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Л. Н. Раськин. – М., 1973.
3. Решетов, Д. Н. Надежность машин [Текст] / Д. Н. Решетов, А. С. Иванов, В. З. Фадеев. – М.: Высшая школа, 1988. – 238 с.
4. Селиванов, А. И. Основы теории старения машин [Текст] / А. И. Селиванов. – М.: Машиностроение, 1971. – 408 с.
5. Ушанов, В. А. Автоматизированные методы оптимизации в задачах по

эксплуатации машин [Текст] / В. А. Ушанов. – Красноярск, 1996. – 200 с.

6. Шейнин, В. А. Некоторые системы замены деталей машин (стратегия замен) [Текст] / В. А. Шейнин // Надежность и контроль качества. – 1970. – № 4.

Рецензенты:

Подольский Владислав Петрович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой строительства и эксплуатации автомобильных дорог ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный архитектурно-строительный университет», г. Воронеж.

Устинов Юрий Фёдорович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры инженерной механики и строительной техники ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный архитектурно-строительный университет», г. Воронеж.