

Обоснование стратегий диагностики сопряжений лесозаготовительных машин

Substantiation of strategy of diagnostics of interfaces of forest machines

В. Н. Шиловский (V. Shilovskiy)¹,
Н. И. Серебрянский (N. Serebrianskiy),
Е. В. Кутырев (E. Kutyrev)
e-mail: vek1@onego.ru

Петрозаводский государственный университет

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена задача обоснования стратегий диагностики сопряжений лесозаготовительных машин. Решение данной задачи реализуется путем построения стратегии, базирующейся на построении экономически эффективной гибкой структуры ремонтного цикла лесозаготовительных машин.

Ключевые слова: диагностика, техническое обслуживание, отказ, износ, ресурс.

SUMMARY

In the article the problem of rationale for the strategy of diagnostics of coupling of logging machines is considered. Solution for the given problem is realized by building up a strategy which is based on building up a cost-effective flexible structure of the repair cycle for logging machines.

Keywords: diagnostics, maintenance, refusal, depreciation, resource.

В последние годы в лесозаготовительную отрасль Республики Карелия все более широко внедряются иностранные лесозаготовительные машины (ЛЗМ). Совершенствование уровня их технической эксплуатации является актуальным вопросом.

Диагностические работы принято считать частью работ по техническому обслуживанию (ТО) машин и оборудования. Диагностические работы по лесозаготовительным машинам, приурочиваемые к очередному ТО, могут проводиться отдельно на отдельном участке диагностики или совмещенным способом на том же посту, где проводится ТО.

Привязка диагностики к периодам проведения ТО не отвечает наиболее эффективной организации проведения ТО и ремонта машин по их фактическому тех-

ническому состоянию. Не периодичность и объем ТО ЛЗМ, узаконенные их заводами-изготовителями, должны определять периодичность и объем диагностических работ, а наоборот, результаты диагностики должны быть определяющими при назначении объемов и сроков ТО и ремонта машин и оборудования. Особенно это является актуальным для иностранной техники.

Возникают вопросы – с какой периодичностью, какие объекты, в каком количестве, какие параметры и где необходимо диагностировать, чтобы организация технической эксплуатации ЛЗМ была максимально выгодна.

В связи с этим можно рассмотреть несколько стратегий организации диагностических работ как основу системы проведения технических воздействий по техническому состоянию машины, агрегата, сопряжения детали.

Для организации диагностики, по своим результатам определяющей все другие технические воздействия, необходимо знание законов распределения всех, в том числе и ресурсных, отказов отдельных деталей ЛЗМ, знание критериев их предельного состояния, законов изнашивания сопряжений и, наконец, знание экономической оценки (экономического критерия предельного состояния) величины износа, после наступления которого эксплуатация ЛЗМ будет экономически невыгодна. На закон, выражающий зависимость величины износа от времени работы сопряжения, в каждом отдельном случае влияет множество факторов, которые можно разделить на три основные группы, характеризующие: а) уровень изготовления объекта, б) уровень его технической эксплуатации, в) состояние природно-климатических условий работы.

Для оптимизации диагностических работ могут быть проанализированы две основные стратегии их организации: проведение работ по принципу «от общего к частному» или, наоборот, по принципу «от частного к общему».

При организации диагностики по принципу «от общего к частному» необходимо рассмотреть три уровня понятия «общего». Первый уровень – весь парк ЛЗМ предприятия, цеха (ЛЗП), мастерского участка (МУ). Второй – системы, входящие в конструкцию конкретной марки ЛЗМ (технологическое оборудование, гидросистема, трансмиссия и т. д.) Третий уровень – агрегаты систем ЛЗМ (коробка передач, задний мост, двигатель и т. д.) Частным являются отдельные детали, сопряжения узлы, механизмы (цилиндро-поршневая группа двигателя внутреннего сгорания, включающая сопряжение поршень – гильза цилиндра; гидронасос шестеренный: сопряжение шестерни – корпус гидронасоса; гидроцилиндр: сопряжение поршень (поршневые уплотнительные манжеты) – гильза гидроцилиндра и т. д.).

¹ Авторы – соответственно профессора и аспирант кафедры технологии металлов и ремонта
© Шиловский В. Н., Серебрянский Н. И., Кутырев Е. В., 2005

Предельный по экономическому критерию износ цилиндрично-поршневой группы выражается конкретной экономически обоснованной величиной падения мощности двигателя, после которой ЛМЗ эксплуатировать невыгодно, несмотря на то, что по техническому критерию (поломка кольца поршневого и т. п.) цилиндрично-поршневая группа не достигла своего предельного состояния. По рекомендациям теории надежности предельный процент падения мощности двигателя внутреннего сгорания равен 15, но в каждом конкретном случае, в каждом конкретном экономическом условиях и условиях рядовой эксплуатации он должен определяться отдельным специальным экономическим расчетом. То же относится к падению производительности шестеренного гидронасоса, питающего систему привода гидрофицированного технологического оборудования ЛМЗ и другим сопряжениям.

Реализация организации диагностических работ по принципу «от общего к частному» предполагает организацию диагностики всего парка ЛМЗ с вероятностью отказа системы машин как восстанавливаемых объектов, что предполагает обращение к каждой ЛМЗ по полному перечню диагностическим параметрам с вероятностью «q», обоснованной в работе [1].

Учитывая, что вероятность «q» – тоже статистическая величина, имеющая свой доверительный интервал и свои верхнюю и нижнюю границы доверительного интервала, можно предположить, что часть проверяемых машин будет остановлена напрасно, т. е. конкретное ее техническое состояние, конкретное ее значение «q» будет значительно отличаться, образно говоря, «от средней температуры по больнице», т. е. от величины «q», характерной для всего парка. Подтверждением этому может служить простой иллюстрированный пример.

Допустим, что гамма-восьмидесятипроцентный ресурс цилиндрично-поршневой группы двигателя внутреннего сгорания равен 6000 мото-ч. Распределение ресурса соответствует закону Вейбулла. При данном законе соотношение среднего и гамма-восьмидесятипроцентного ресурса равно 2. Таким образом, средний ресурс равен 12000 мото-ч. Из примера видно, что в принятой для анализа выборке значений ресурсов как случайных величин, характерных для конкретных цилиндрично-поршневых групп конкретных двигателей, 20% имеют значения меньше 6000 мото-ч, какой-то процент исследуемых сопряжений будут иметь ресурсы более 12000 мото-ч. Поэтому 12000 мото-ч – средний ресурс соответствует термину «средняя температура по больнице», когда отдельные пациенты имеют значительно отличающееся здоровье при общей благополучной «средней температуре».

Поэтому наиболее приемлемой является стратегия диагностики «от частного к общему». Согласно данной стратегии, диагностика агрегатов, систем в виде гидросистемы или трансмиссии, а также парка всех ЛМЗ начинается и формируется из номенклатуры

отдельных сопряжений, отдельных деталей машин. Состояние каждого сопряжения согласно, в первую очередь, списку проверок, разработанному заводом-изготовителем в виде инструкции по эксплуатации, периодичности и объемам ТО, проверяется в начале эксплуатации и потом, в период рядовой эксплуатации, и заносится в базу данных персональной ЭВМ (компьютера) по каждой ЛМЗ, по каждому конкретному сопряжению конкретной ЛМЗ с привязкой ко времени и пространству.

Разработка теоретических основ построения гибкой (адаптивной) структуры планово-предупредительной системы технических воздействий на ЛМЗ проводится с учетом результатов диагностики отдельных элементов, техническое состояние которых во времени и пространстве зависит от конкретных условий их эксплуатации и конкретных производственно-технологических условий их изготовления в условиях заводов-изготовителей ЛМЗ и ее составляющих элементов.

Таким образом, востребованы разработка моделей рядовой эксплуатации и эксплуатационной надежности конкретного сопряжения конкретной ЛМЗ, раскрытие взаимных связей между производительностью, надежностью и экономичностью на основе моделирования (исследования) соответствующей целевой функции, отражающей процесс рядовой эксплуатации конкретной ЛМЗ.

Целевую функцию эффективности ЛМЗ (конкретного сопряжения) можно представить в виде следующего выражения:

$$F(t) = \frac{\Pi(t)}{V(t)} \cdot k_s = \frac{\Pi(t)}{V(t)} \cdot \frac{1}{k_z(t) \cdot k_u(t) \cdot k_{mz}(t)}, \quad (1)$$

где $\Pi(t)$ – прибыль, получаемая при эксплуатации ЛМЗ (сопряжения) за время t ;

$V(t)$ – объем продукции, произведенной за время t ;

$k_s(t)$ – коэффициент эксплуатационной эффективности ЛМЗ;

$k_z(t)$ – коэффициент, учитывающий степень реализации современной технологии производства;

$k_u(t)$ – коэффициент эффективности использования ЛМЗ;

$k_{mz}(t)$ – коэффициент технической готовности ЛМЗ.

Как видно из ранее сказанного, после определенной величины износа сопряжения, объем производимой продукции в единицу времени машиной снижается, относительная величина прибыли недопустимо уменьшается. Требуется техническое воздействие в рамках ТО или ремонтное воздействие с целью восстановления необходимой величины относительной прибыли.

Факторы, определяющие скорость изменения относительной прибыли, включают характеристики производственно-технологических условий (средний объем хлыста, состав древостоя по породам, технология разработок, рельеф местности, зона и сезон эксплуатации, квалификация рабочих, сменность работы, среднее расстояние трелёвки или вывозки, категория дороги и т. п.); состояние ремонтно-обслуживающей базы (РОБ); состояния контролепригодности; наличия зависимости диагностических признаков и параметров технического состояния элементов; среднюю удельную трудоемкость и стоимость технических воздействий и другие показатели, такие как продолжительность работоспособного и неработоспособного состояния за анализируемый период.

Планирование проверок (диагностики) технического состояния сопряжений осуществляется на основе баланса стоимости проверок и потерь от обнаружения неисправности системы с использованием следующей целевой функции [2]:

$$M[\Pi_j] = \sum_{k=0}^{\infty} \int_{t_k}^{t_{k+1}} \{c_1(k+1) + c_2(t_{k+1} - x)\} dF(x), (2)$$

где $M[\Pi_j]$ – полное ожидание потерь, руб.,

$F(x)$ – распределение времени до предельного состояния сопряжения;

c_1 – стоимость диагностической проверки сопряжения, руб.,

c_2 – стоимость пребывания ЛЗМ в неисправном состоянии и ремонте в течении часа, руб./час;

$k, k+1$ – номер проверки;

$(t_{k+1} - x)$ – время между $k+1$ -й проверкой и возникновением аварийного отказа, час;

t_k – время k -й проверки, час.

Оптимальная периодичность диагностики позволит вовремя определить наступление предельного состояния объекта – сопряжения, предотвратит эксплуатацию объекта после достижения предельного состояния по экономическому критерию одного из множества сопряжений ЛЗМ.

Учитывая, что лесозаготовительная машина включает в свой состав более пяти тысяч деталей, имеет сотни сопряжений, проверка технического состояния десятка из которых предусмотрена при проведении ТО инструкцией завода-изготовителя, выбор номенклатуры диагностируемых параметров, планируемых с использованием формулы (2), должен быть экономически обоснован.

Например, такой проверке может подвергаться мощность двигателя ЛЗМ, замеряемая, согласно инструкции завода-изготовителя, например, через 900 мото-ч, т. е. практически через год, без учета величины этого параметра во время предыдущего замера, а также конкретных условий рядовой эксплуатации, скорости и конкретной закономерности изменения параметра

во времени для данной машины. Величина износа меньшая, например, на 1 % допустимой, позволяет эксплуатировать объект в течение года, тогда как при определенных обстоятельствах сопряжение может достичь своего предельного состояния по экономическому критерию уже после первого квартала или ближайшего месяца после проведения соответствующего предусмотренного заводской инструкцией ТО.

ВЫВОДЫ

1. Техническое обслуживание и ремонт сопряжений ЛЗМ должны проводиться при условии необходимости таких воздействий.

2. Для определения необходимости ТО или ремонта сопряжения или агрегата ЛЗМ должна быть организована предварительная диагностика, определяющая экономически обоснованную техническую эксплуатацию ЛЗМ по их фактическому состоянию.

3. Стратегия организации диагностики ЛЗМ, как основного воздействия, определяющего все остальные технические воздействия, должна базироваться на построении экономически эффективной гибкой структуры ремонтного цикла машин, учитывающей оценку уровня первоначальной, заложенной заводом надежности, состояния уровня технологической и технической эксплуатации машин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шиловский В. Н. Теоретические основы и стратегии организации маркетинга и менеджмента технического сервиса территориально распределенных машин и оборудования: Монография / ПетрГУ / В. Н. Шиловский. Петрозаводск, 2001. 324 с.
2. Перроте А. И. О режиме оптимальной профилактики систем длительного пользования / А. И. Перроте // Автоматика. 1961. № 3.