

ВЕНИАМИН НИКОЛАЕВИЧ ШИЛОВСКИЙ
доктор технических наук, профессор кафедры технологии металлов и ремонта лесоинженерного факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
tmir@psu.karelia.ru

ГРИГОРИЙ ЮРЬЕВИЧ ГОЛЬШТЕЙН
кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологии металлов и ремонта лесоинженерного факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
grigory@psu.karelia.ru

ВЕЙККО АРМАСОВИЧ КЯЛЬВИЙНЕН
аспирант кафедры технологии металлов и ремонта лесоинженерного факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
vek-1987@mail.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ МАШИН

В статье предложены методические подходы оценки плановой и фактической периодичности и эффективности технических обслуживаний и фактически выполняемых ремонтов лесозаготовительных машин.

Ключевые слова: параметрический отказ, средняя наработка до параметрического отказа, доверительный интервал, границы доверительного интервала, периодичность технического обслуживания, виды и способы ремонта, корректировка периодичности технического обслуживания

Техническое обслуживание (ТО) лесозаготовительных машин (ЛЗМ), проводимое через определенную наработку и требующее особых условий, во многом определяет эксплуатационную технологичность техники. Операции ТО могут проводиться по фактическому техническому состоянию агрегатов и систем ЛЗМ или согласно инструкциям завода-изготовителя через установленные периоды наработки с выполнением определенной номенклатуры работ.

Периодичность и трудоемкость выполняемых работ, во-первых, зависят от сложности (номера) ТО, во-вторых, могут быть оценены и откорректированы по результатам наблюдений за машинами в условиях их рядовой эксплуатации. Наиболее ответственным и трудоемким для отечественных ЛЗМ является техническое обслуживание № 3 (ТО-3), выполняемое через 900 моточасов, что равноценно среднестатистической годовой наработке трелевочных тракторов ОТЗ и машин на их базе.

Сложные виды ТО зарубежных ЛЗМ, например John Deere, предусмотрены через 2000 моточасов и являются не третьим, а четвертым номером обслуживания. Выполнение сложных видов ТО зарубежных ЛЗМ возможно с использованием стационарных или специальных передвижных ремонтно-профилактических мастерских. Выполнение ТО-3 отечественных ЛЗМ предусмотрено в ремонтно-механических мастерских (РММ) с доставкой машин на трейлере.

При проведении ТО-3 с ЛЗМ снимаются элементы топливной и гидравлической систем, в первую очередь гидронасосы и топливные на-

сосы высокого давления (ТНВД). На ремонтно-диагностических стендах проверяется наличие параметрических отказов, осуществляются необходимые регулировочные работы, сопутствующий текущий ремонт.

Согласно требованиям ГОСТ и нормативно-технических документов (НТД) к эксплуатационной надежности машин, падение мощности, производительности или развиваемого давления более чем на 15 % считается наступлением параметрического отказа проверяемого узла или агрегата [1]. В условиях рыночных отношений процент падения уровня номинальной величины установленных заводом параметров определяется величиной доходной ставки в конкретных условиях производства [5].

При внедрении системы технического обслуживания и ремонта «по потребности», то есть исходя из фактического технического состояния того или иного агрегата, периодичность проверок контролируемых сопряжений может быть определена на основе минимаксного метода, изложенного в работе [5], обеспечивающего полное использование ресурса детали без получения аварийных отказов [2]. При планово-предупредительной системе, когда все виды ТО проводятся строго по плану в соответствии с инструкциями заводов-изготовителей, обоснование данных инструкций и их корректировка возможны, а порой необходимы на основе материалов эксплуатационных наблюдений (испытаний) машин в конкретных условиях рядовой эксплуатации. Проанализируем нормативные и фактические данные по ТО и ремонту отде-

льных марок отечественных и зарубежных ЛЗМ в условиях рядовой эксплуатации на лесозаготовительных предприятиях Карелии.

При проведении ТО-3 проверяются величина фактической производительности гидронасосов, значения усилий, развиваемых гидроцилиндрами. Восстановление до номинальных величин, сниженных в результате эксплуатации, показателей работоспособности гидроагрегатов может осуществляться в условиях эксплуатирующего ЛЗМ предприятия путем замены отдельных изношенных элементов агрегатов.

Однако замена отдельных деталей изношенных сопряжений не всегда способствует достижению первоначальных заводских параметров, что ограничивает последующий межремонтный период эксплуатации агрегатов. Например, заменой уплотнений и шестерен гидронасоса можно снизить падение его производительности с 35–40 до 15 %, что может являться допустимым для эксплуатации, но недостаточным для восстановления первоначального ресурса гидронасоса, которое возможно при одновременном восстановлении корпуса насоса. Аналогичная ситуация имеет место с восстановлением развивающего гидроцилиндром усилия путем замены поршневых манжет и уплотнительных колец штоков. Для полного восстановления первоначального ресурса сопряжений с течением времени эксплуатации требуются ремонтные воздействия на все элементы сопряжений, влияющих на параметрический отказ узла. В частности, необходимо восстановление первоначальных размеров не только шестерен и уплотнений, но и корпуса шестеренного насоса и внутренних поверхностей гильз гидроцилиндров. Восстановление первоначальных размеров (например, путем обжатия корпуса гидронасоса или гальванического наращивания внутренней поверхности гильзы) возможно только в условиях специализированного ремонтного предприятия.

Таким образом, восстановление ресурса сопряжений в пределах допустимых, экономически обоснованных величин может быть осуществлено в рамках текущего ремонта; восстановление же первоначальных размеров сопряжения при износе обеих сопрягаемых деталей может быть осуществлено путем капитального ремонта с полной разборкой узла, дефектовкой всех деталей и последующего восстановления их номинальных размеров в условиях специализированного предприятия. То есть периодичность проверок технического состояния агрегатов зависит от способа и вида предыдущего ремонта.

Рассмотрим данные о наработке до возникновения первого параметрического отказа шестеренных насосов и гидроцилиндров гидропривода трелевочных тракторов ОТЗ и ЛЗМ на их базе. Гидронасосы типа НШ используются и на современных отечественных машинах.

Наблюдения проводились за тракторами ОТЗ (ТДТ-55А, ТБ-1, ТБ-1М) и машинами на их базе

(ЛП-30Г, ПЛ-1В, ЛП-17А) в условиях леспромхозов Карелии. Наблюдались 23 ЛЗМ по плану испытаний [NUN]. Техническое обслуживание согласно инструкции завода-изготовителя проводилось со следующей периодичностью в моточасах наработки: ТО-1 – 100 моточасов, ТО-2 – 300 моточасов, ТО-3 – 900 моточасов; сезонное обслуживание (СО) – два раза в год. Проверка производительности, развивающего давления и усилий с использованием, например, манометров и дроссель-расходомера предусмотрена при сезонном обслуживании, то есть два раза в год.

Насосы по факту снимались с машины для последующего ремонта при снижении их производительности до 50 %. Первым шагом к восстановлению необходимой производительности насосов была замена их уплотнений на новые. Если производительность не восстанавливалась хотя бы до 70 % от номинальной, то у насоса заменялись шестерни. Если и замена шестерен не давала желаемого результата, агрегат отправлялся на капитальный ремонт на специализированное предприятие.

Результаты экспериментальной оценки фактического наступления параметрических отказов в условиях рядовой эксплуатации на лесозаготовительных предприятиях Карелии приведены в таблице. С использованием источников [3], [4] были проанализированы результаты наблюдений за работой нескольких десятков машин в условиях следующих лесозаготовительных предприятий: Суккозерского, Муезерского, Пяозерского, Ледмозерского, Шуялес.

Верхняя и нижняя границы интервала разброса наработок до первого параметрического отказа для насосов RE518088 составили соответственно 4096 и 1847 моточасов. При оценке вариационного ряда отказов насоса RE518088 установлено, что при доверительной вероятности (надежности) $P_D = 90\%$ точность оценки математического ожидания $\Delta\sigma_m = 82,8\%$. Сбор экспериментальных материалов осуществлялся в ОАО «Ледмозерское ЛЗХ» и ЗАО «Шуялес».

Верхняя и нижняя границы доверительного интервала для насосов НШ-50 составили соответственно 1919 и 1679 моточасов при доверительной вероятности (надежности) $P_D = 80\%$. Эмпирическое распределение наработок до первого параметрического отказа насосов НШ-50 соответствует нормальному теоретическому распределению при значении критерия $\chi^2 = 5,06$, которое меньше стандартного значения $\chi^2 = 7,8$ для уровня значимости 0,05.

При оценке вариационного ряда наработок ЛЗМ John Deere серии 1010 между техническими обслуживаниями, состоящего из 46 вариантов, установлено, что при доверительной вероятности (надежности) $P_D = 95\%$ точность оценки математического ожидания $\Delta\sigma_m = 96,7\%$. Средняя фактическая наработка между ТО – 249 моточасов, закон распределения между очередными техническими обслуживаниями логнормальный

Оценка наработки до первого параметрического отказа отдельных элементов гидросистем ЛЗМ

Наименование узла, детали	Оценка средней наработки до отказа (T_p), моточас	Оценка гамма-восьмидесятипроцентной наработки до отказа (T_{p7}), моточас	Оценка среднего квадратического отклонения (σ), моточас	Оценка коэффициента вариации (V)	Закон распределения
Насос НШ-50	1784	1373	489	0,27	нормальный
Насос НШ-10	2326	1667	782	0,33	нормальный
Манжета 55 × 80 × 120	1668	1153	612	0,37	нормальный
Манжета 1-125 × 105	1356	1018	402	0,29	нормальный
Топливный насос высокого давления форвардера John Deere серии 1410 RE518088	2972	2466	1248	0,420	Вейбулла

с параметром масштаба $\mu = 5,514$ и формы $\sigma = 0,066$. При устранении отказов узлов гидросистемы ЛЗМ применялся агрегатный метод ремонта.

Анализируя способы устранения параметрических отказов гидронасосов НШ-50, необходимо отметить, что при наработке до 2000 моточасов отказы устраивались заменой уплотнения объекта на новые. До устранения отказа падение производительности насоса достигало 50 %, после устранения восстанавливалось на величину не менее 70 % от номинального значения.

При дальнейшей наработке наряду с заменой уплотнений требовалась замена шестерен. После 4000–4500 моточасов наработка было необходимо устранение износа самого корпуса, то есть капитальный ремонт гидронасоса с полной разборкой и дефектовкой всех деталей. В связи с отсутствием такой возможности на лесозаготовительных предприятиях гидронасосы браковались или эксплуатировались с потерей производительности до 50 % и более. Отсутствие на лесозаготовительных предприятиях специализированных участков по ремонту гидрооборудования, оснащенных ремонтно-диагностическими стендами, оборудованием для восстановления корпусов гидронасосов, изношенных гильз гидроцилиндров, связано с повышенным расходом гидроагрегатов в качестве запасных частей.

Создание региональных дилерских пунктов по обслуживанию и ремонту ЛЗМ с передвижными оснащенными необходимым диагностическим оборудованием средствами техничес-

кого сервиса позволяет своевременно выявлять параметрические отказы без доставки техники в центральные стационарные пункты технического сервиса. Примером подобной достаточно эффективной системы может служить дилерская деятельность фирмы «John Deere».

ВЫВОДЫ

1. Экспериментальная оценка реальной технической эксплуатации ЛЗМ в конкретных производственных условиях позволяет определить фактическое изменение технического состояния сопряжений ЛЗМ во времени, определить и скорректировать периодичность необходимых технических воздействий в виде ТО и ремонта различных уровней.
2. Соответствующая организация технического обслуживания, диагностики, методов и способов эффективного восстановления работоспособности узлов в рамках как текущего, так и капитального ремонта может быть достигнута независимыми дилерскими организациями, примером которых могут быть дилеры фирмы «John Deere».
3. Согласно данным таблицы, наработка до наступления параметрического отказа на примере гидронасоса НШ-50 и топливного насоса RE518088 отечественных и зарубежных ЛЗМ примерно одного порядка. Поэтому и для отечественных ЛЗМ может быть принята унифицированная с зарубежными системой ТО, обеспеченная специальными передвижными пунктами технического сервиса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Питухин А. В. Качество и надежность деталей лесных тракторов // Лесная промышленность. 1987. № 1. С. 24.
2. Питухин А. В. Методы теории катастроф при проектировании элементов конструкций машин и оборудования лесного комплекса // Лесной журнал. 2007. № 2. С. 58–65.
3. Саливоник А. В. К вопросу повышения эффективности эксплуатации зарубежных лесозаготовительных машин // Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ. Вып. 6 (спец.). Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2005. С. 56–58.
4. Шиловский В. Н. Теоретические основы и стратегии организации маркетинга и менеджмента технического сервиса территориально распределенных машин и оборудования. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2001. 324 с.
5. Шиловский В. Н., Гольштейн Г. Ю. Об исследовании параметрического отказа гидросистемы манипулятора бесчокерного трактора // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2009. № 4. С. 89–94.