

УДК 630\*.36

*А.И. Павлов, Ю.А. Ширнин*

Ширнин Юрий Александрович родился в 1946 г., окончил в 1973 г. Марийский политехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии и оборудования лесопромышленных производств Марийского государственного технического университета. Имеет 220 печатных работ в области технологии и оборудования лесопромышленных производств.



### **ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ГИДРОПРИВОДА СУЧКОРЕЗНОЙ МАШИНЫ**

Для обоснования метода контроля технического состояния сучкорезных машин в процессе их эксплуатации выбран диагностический параметр.

*Ключевые слова:* сучкорезная машина, гидропривод, функциональное диагностирование, параметр диагностирования, случайный процесс, спектральная плотность, максимумы.

Наши исследования преследовали следующие цели: определение приспособленности гидропривода сучкорезной машины к диагностированию в режиме обработки предмета труда – дерева; возможность применения перспективных средств диагностирования и дальнейшей автоматизированной обработки результатов; определение рациональных режимов диагностирования и выявление влияния субъективных факторов на его качество.

Исследования проводили на машине ЛП-30Г (год выпуска 1996, наработка 1100 мото-ч) в производственных условиях Максаковского сплавного рейда производственного объединения «Вычегдалесосплав».

В ходе эксперимента измеряли давление рабочей жидкости встроенными тензометрическими датчиками и регистрировали процессы, происходящие в гидроприводах подъема и поворота стрелы, управления сучкорезной и приемной головок с помощью классической аппаратуры. Измерительную аппаратуру размещали в кабине трактора. Функции исследователя выполнял тракторист.

Обрабатывали деревья диаметром 0,10 ... 0,52 м разных пород: береза, ель, сосна.

В результате экспериментов было получено 60 рабочих осциллограмм изменения давления в гидроприводах стрелы, сучкорезной и приемной головок. Некоторые фрагменты осциллограмм приведены на рис. 1.

Как видно из кривых 1 – 6, в гидросистеме сучкорезной машины ЛП-30Г возникает случайный процесс с непрерывным изменением аргумента, причем колебательный процесс возбуждается изменением параметров предмета труда (дерева).

При обработке осциллограмм были использованы числовые характеристики случайного процесса – математическое ожидание, дисперсия и кор-

реляционная функция. Спектральные плотности были получены по корреляционным функциям (1) и аппроксимированы выражением (2).

Результатами исследований установлены следующие рациональные режимы диагностирования гидроприводов: для сучкорезной и приемной головок – протаскивание дерева диаметром 0,25 ... 0,40 м за вершину; для подъема и поворота стрелы – подъем дерева за вершину. При этом в гидросистеме машины ЛП-30Г возникает случайный процесс, который можно привести к стационарному.

Анализ полученных данных показал, что значения числовых характеристик дают количественную оценку исследуемых процессов. Качественную оценку можно получить с помощью корреляционных функций и спектральных плотностей.

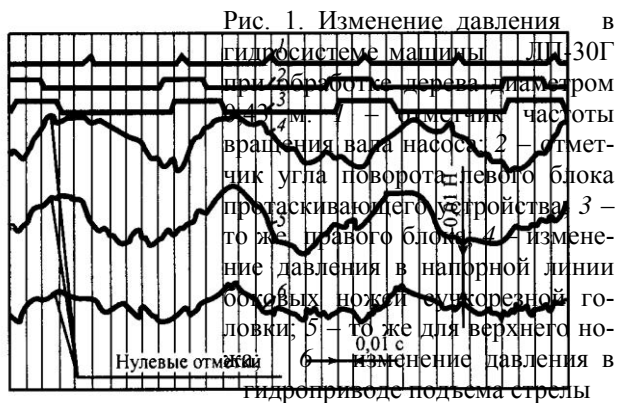
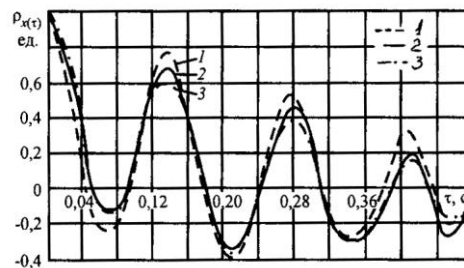


Рис. 2. Нормированные корреляционные функции нагруженности гидропривода при обработке дерева диаметром 0,40 м: 1 – давление в гидроцилиндре бокового ножа; 2 – давление в гидрораспределителе; 3 – давление в гидроцилиндре верхнего ножа



Графики нормированных корреляционных функций изменения давления в гидроприводе (рис. 2), построенные по результатам расчета на ЭВМ, свидетельствуют, что время корреляционной связи динамических процессов  $\tau$  в различных точках гидропривода примерно одинаково и при обработке деревьев разных диаметров составляет:  $0,045 \text{ с}^{-1} - 0,25 \text{ м}$ ;  $0,051 \text{ с}^{-1} - 0,30 \text{ м}$ ;  $0,056 \text{ с}^{-1} - 0,35 \text{ м}$ ;  $0,059 \text{ с}^{-1} - 0,40 \text{ м}$ .

При  $\tau \rightarrow \infty$  значения нормированной корреляционной функции  $\rho_{x(\tau)} \rightarrow 0$ . Это свидетельствует о стационарности динамических процессов и, следовательно, позволяет с достаточной достоверностью по одной реали-

зации определенной длительности вычислять статистические характеристики процесса [1–3].

Графики нормированных корреляционных функций с требуемой точностью аппроксимируют выражением вида

$$\rho_x(\tau) = A_1 e^{-\alpha_1 |\tau|} \tau \cos \beta_1 + A_2 e^{-\alpha_2 |\tau|} \tau \cos \beta_2. \quad (1)$$

Графики корреляционных функций характеризуют изменения исследуемых процессов во временной области. Особую важность представляют характеристики частотного состава – спектральные плотности нагруженности  $S_{(\omega)}$  исследуемого гидропривода, определенные с помощью ЭВМ (рис.3).

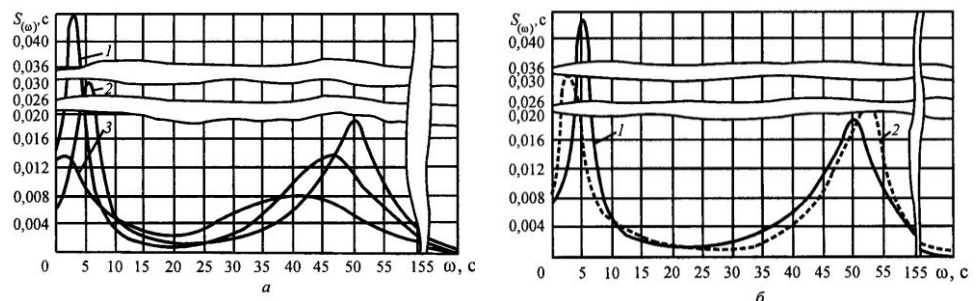


Рис. 3. Нормированные спектральные плотности нагруженности гидропривода машины ЛП-30Г: *а* – при обработке деревьев различной породы (1 – сосна, 2 – ель, 3 – береза); *б* – при различной наработке (1 – 1100, 2 – 4500 мото-ч)

В основу составления программы расчета положено выражение

$$S_{(\omega)} = \frac{2}{\pi} \left[ A_1 \frac{\alpha_1 (\omega^2 + \alpha_1^2 + \beta_1^2)}{(\omega^2 - \alpha_1^2 - \beta_1^2)^2 + 4\alpha_1^2 \omega^2} + A_2 \frac{\alpha_2 (\alpha_2^2 + \beta_2^2 + \omega^2)}{(\omega^2 - \alpha_2^2 - \beta_2^2)^2 + 4\alpha_2^2 \omega^2} \right]. \quad (2)$$

Анализ графиков спектральных плотностей показал, что при обработке деревьев различного объема имеются две ярко выраженные зоны максимальных значений. Максимумы спектральных плотностей смещены в сторону высоких частот при уменьшении объема обрабатываемого дерева. Сравнение осциллографических записей и графиков спектральных плотностей позволило сделать вывод о том, что источником возмущения нагруженности гидропривода являются параметры предмета труда.

Присутствие на графике экстремальных значений спектральных плотностей объясняется наличием резонанса, возникающего в результате совпадения частоты амплитудной характеристики гидропривода с частотой воздействия предмета труда. Это подтверждает гипотезу, что параметры обрабатываемого предмета труда являются основными при диагностировании гидропривода.

Учитывая специфику эксплуатации сучкорезных машин, следует считать, что в процессе исследования наиболее полное представление о ре-

акции системы на различное возмущающее воздействие дают передаточные функции и частотные характеристики.

По результатам расчета спектральных плотностей были построены амплитудно-частотные характеристики (рис. 4), наличие максимумов на которых свидетельствует о том, что колебательная система обладает резонансными свойствами, нарушающими устойчивость гидропривода. Это может быть положено в основу разработки метода функционального диагностирования гидропривода сучкорезных машин.

Для определения приспособленности гидросистемы машины ЛП-30Г к диагностированию была исследована сучкорезная машина с наработкой 4500 мото-ч. При этом установлено, что изменение структурных параметров элементов гидросистемы (зазор в распределителе, податливость РВД, трещины металлических трубопроводов и др.) смещает и видоизменяет максимумы на амплитудно-частотных характеристиках.

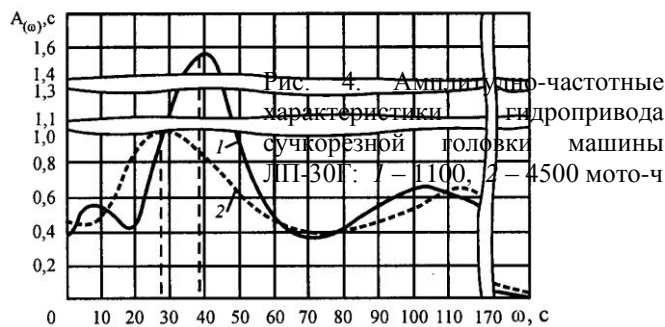


Рис. 4. Амплитудно-частотные характеристики гидропривода сучкорезной головки машины ЛП-30Г: 1 – 1100, 2 – 4500 мото-ч

Анализ полученных спектральных плотностей изменения давления в гидроприводе машины с наработкой 4500 мото-ч показал, что, кроме смещения амплитудно-частотных характеристик, наблюдается смещение максимумов спектральных плотностей в сторону уменьшения частоты возникновения резонансных явлений (рис. 4). Это свидетельствует о приспособленности гидросистемы сучкорезной машины к функциональной диагностике и подтверждает гипотезу о возможности мониторинга технического состояния гидросистем методом диагностирования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жуков, А.В. Основы проектирования специальных лесных машин с учетом колебаний [Текст] / А.В. Жуков, Л.И. Кадолко. – Минск: Наука и техника, 1978. – 264 с.
2. Лурье, А.Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов [Текст] / А.Б. Лурье. – Л.: Колос, 1970. – 371 с.
3. Силаев, А.А. Спектральная теория поддресоривания транспортных машин [Текст] / А.А. Силаев. – М.: Машиностроение, 1972. – 192 с.

Марийский государственный  
технический университет

Поступила 17.02.04

*A.I. Pavlov, Yu.A. Shirnin*

**Investigation of Dynamic Hydraulic Drive of Delimber**

Diagnostic parameter is chosen for justification of inspection method for technical state of delimiters in the operational process.

поезд, магистраль, ветка, ус.