

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 674.05.001.2

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СУБГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ
В СИСТЕМЕ КАРЕТКА — НАПРАВЛЯЮЩИЕ НА СТАДИИ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИНВ. В. АМАЛИЦКИЙ, В. Г. БОНДАРЬ, А. П. ЧУВАШЕВ,
И. Я. НУЛЛЕР

Московский лесотехнический институт

В деревообработке можно выделить значительную группу станков, исполнительным органом которых является каретка или суппорт, совершающие прямолинейное возвратно-поступательное движение по направляющим на опорных катках. Применение направляющих качения перспективно для деревообрабатывающих машин, поскольку они могут обеспечить как быстрые, так и медленные равномерные перемещения рабочих органов на больших длинах хода с малыми энергетическими затратами и высокую точность установочных перемещений. Использование направляющих качения в машинах предъявляет повышенные требования к уровню их проектирования и изготовления. Создание качественных направляющих качения невозможно без целенаправленного исследования на моделях различных конструктивных вариантов с применением теории динамики, контактной прочности, износа и надежности. Рассматривая в данной работе один из аспектов динамики направляющих качения, следует отметить, что жесткость опорных катков, выполненных, как правило, на основе радиальных шарикоподшипников, сравнительно невелика (порядка 10 Н/мм); она существенно зависит от упругих перемещений, что характерно для контактных деформаций. В деревообрабатывающих станках часто имеют место значительные внешние возмущения, обусловленные силами инерции неуравновешенных, вращающихся с большой частотой масс. Инерциальные нагрузки вызывают в подвижных сопряжениях направляющих качения виброперемещения с амплитудами, составляющими десятки микрометров. В этих условиях линеаризация в оценке амплитуд колебаний, как это принято делать в расчетах, может привести к большим ошибкам. Кроме того, известно [1, 2], что вибрации в станках — источники интенсификации износа направляющих, а также режущего инструмента.

Погрешности в оценках амплитуд виброперемещений при создании оборудования могут привести к появлению станков с низкой эксплуатационной надежностью отдельных исполнительных механизмов и режущего инструмента. Особенно опасна, с точки зрения надежности, работа оборудования в зоне субгармонического резонанса.

Обычно при проектировании деревообрабатывающего оборудования отстройку упругой системы станка от резонанса ведут исходя из соотношения частоты вращения инструмента ω_n и основной собственной частоты упругой системы ω_0 , определяемой линейными дифференциальными уравнениями движения. В линейных системах резонанс наступает только при соотношении $\omega_0 = \omega_n$.

В нелинейной системе может возникнуть субгармонический резонанс соотношений $\omega_n = 2\omega_0$ [5], когда упругая система совершает колебания $2\omega_0$ с амплитудами в 1,5—2 раза большими, чем при $\omega_n = \omega_0$.

Нами проведены исследования с целью разработки методики определения резонанса на стадии проектирования деревообрабатывающих станков с направляющими качения.

Явления субгармонического резонанса изучали на каретке одностороннего рамного шипорезного станка. Вибрации возбуждались с помощью нагрузочно имитирующего устройства, созданного на основе центробежного вибратора с регулируемой частотой вращения, который закрепляли на каретке [3].

На рис. 1 приведена схема каретки с установленным на ней центробежным вибратором B и индуктивными датчиками перемещений D_1 и D_2 .

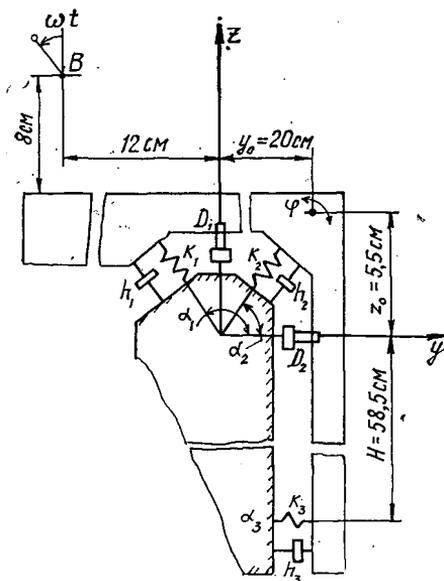


Рис. 1. Расчетная схема упругой системы каретка — направляющие

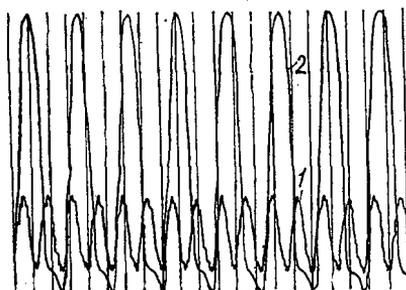


Рис. 2. Осциллограмма относительных колебаний каретки (отклик) 2 в режиме субгармонического резонанса (возмущение) 1

Из осциллограммы (рис. 2) видно, что частота возбуждения в 2 раза выше частоты вибраций каретки и амплитуда имеет характерную для субгармонического резонанса форму.

На стадии проектирования, когда еще нет опытного образца, невозможно проводить физические эксперименты. В этом случае исследование влияния нелинейности на характер колебаний упругой системы и выявление условий возникновения субгармонического резонанса проводят на модели.

Нами предложена методика, базирующаяся на аналоговом моделировании. Экспериментально определенная зависимость жесткости от перемещений аппроксимирована по методу наименьших квадратов кусочно-линейной зависимости типа «зона нечувствительности».

Систему дифференциальных уравнений вида (1)

$$m_i \ddot{q}_i + h_i \dot{q}_i + \sum_{j=1}^n h_{ij} (\dot{q}_i - \dot{q}_j) + \sum_{j=1}^n k_{ij}(q) q_i = f(t) \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

(где q — обобщенная координата; m, k, h — инерционные, упругие и диссипативные коэффициенты; n — число степеней свободы упругой системы; $f(t)$ — возмущение, обычно гармоническое), приведенную к машинной форме, вводили в АВМ.

Коэффициенты системы, обусловленные конструкцией каретки, вычисляли по следующим формулам:

$$k_{yy} = k_1 \cos^2 \alpha_1 + k_2 \cos^2 \alpha_2 + k_3 \cos^2 \alpha_3;$$

$$k_{zz} = k_1 \sin^2 \alpha_1 + k_2 \sin^2 \alpha_2 + k_3 \sin^2 \alpha_3;$$

$$\begin{aligned}
 k_{\varphi\varphi} &= k_1 (y_0 \sin \alpha_1 - z_0 \cos \alpha_1)^2 + k_2 (y_0 \sin \alpha_2 - z_0 \cos \alpha_2)^2 + \\
 &\quad + k_3 [h - (y_0 \sin \alpha_3 - z_0 \cos \alpha_3)]^2; \\
 k_{yz} &= k_{zy} = 0,5 (k_1 \sin 2\alpha_1 + k_2 \sin 2\alpha_2 + k_3 \sin 2\alpha_3); \\
 k_{y\varphi} &= k_{\varphi y} = k_1 (z_0 \cos^2 \alpha_1 - 0,5 y_0 \sin 2\alpha_1) + k_2 (z_0 \cos^2 \alpha_2 - \\
 &\quad - 0,5 y_0 \sin 2\alpha_2) + k_3 \cos \alpha_3 [H - (y_0 \sin \alpha_3 - z_0 \cos \alpha_3)]; \\
 k_{z\varphi} &= k_{\varphi z} = k_1 (0,5 z_0 \sin 2\alpha_1 - y_0 \sin^2 \alpha_1) + k_2 (0,5 z_0 \sin 2\alpha_2 - \\
 &\quad - y_0 \sin^2 \alpha_2) + k_3 \sin \alpha_3 [H - (y_0 \sin \alpha_3 - z_0 \cos \alpha_3)]; \\
 h_{yy} &= \frac{\delta}{2\pi} \sqrt{mk_{yy}}; & h_{zz} &= \frac{\delta}{2\pi} \sqrt{mk_{zz}}; \\
 h_{\varphi\varphi} &= \frac{\delta}{2\pi} \sqrt{I_x k_{\varphi\varphi}}; & h_{ij} &= 0 \text{ при } i = j.
 \end{aligned}$$

Решение системы, которое при наличии нелинейностей особенно просто получают методом аналогового моделирования, определяет поведение каретки под воздействием заданных режимов обработки. В частности, при заданных конструктивных параметрах станка, входящих в коэффициенты уравнений, проверяется возможность попадания системы в зону обычного или субгармонического резонанса с возмущающей силой. При таком совпадении можно, оставаясь в рамках принципиального конструкторского решения, за счет изменения, например, углов α_i , координат y_0, z_0 и за счет перераспределения масс и т. п. эффективно отстроить систему от резонанса. Известно, что при достаточно большом значении логарифмического декремента колебаний δ субгармонический резонанс исключается, а обычный резонанс характеризуется умеренным ростом амплитуд колебаний. Но увеличение δ за счет введения специальных демпфирующих устройств крайне нежелательно. В этом случае резко возрастает сопротивление движению, износ направляющих, погрешности позиционирования. Поэтому такие методы применяют в исключительных случаях.

Моделирование дифференциальных уравнений с помощью диодной схемы [4] показано на рис. 3.

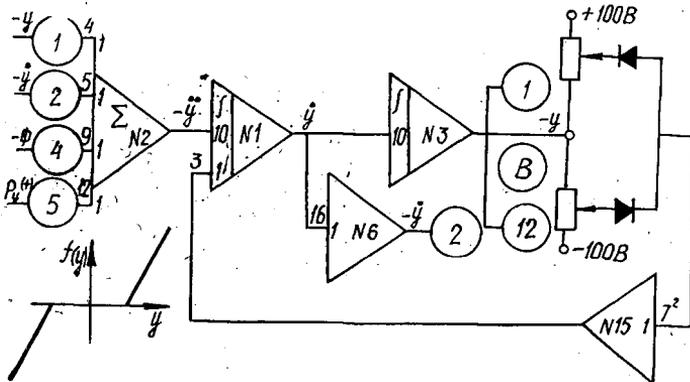
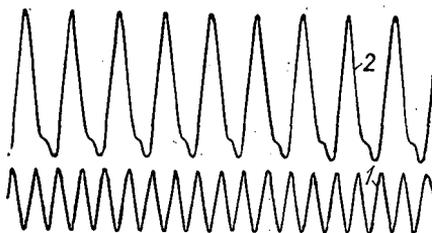


Рис. 3. Диодная схема моделирования упругой системы каретка — направляющие

Гармоническое воздействие создавалось генератором НГПК-3 м. Осциллограммы смоделированных субгармонических колебаний приведены на рис. 4.

Рис. 4. Осциллограмма относительных колебаний каретки в режиме субгармонического резонанса при моделировании системы каретка — направляющие на АВМ: 1 — возбужденные колебания генератора (возмущение); 2 — решение уравнения движения системы (отклик)



Сопоставление форм колебательного процесса, полученных в эксперименте и моделировании, показывает их идентичность.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Амалицкий В. В. Расчет долговечности технологического оборудования с учетом взаимосвязи динамических процессов и процессов изнашивания // Лесн. журн.— 1977.— № 3.— С. 115—118.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Амалицкий В. В. Взаимосвязь динамических процессов и процессов изнашивания в технологическом оборудовании // Надежность технологических комплексов в машиностроительном производстве: Материалы Всесоюз. конф.— М.: ВСНТО, 1979. [3]. А. с. 410278 СССР, М. Кл. G 01m 13/00. Способ имитации условий работы механизма подачи кареткой шипорезного станка в процессе резания / В. В. Амалицкий, И. Я. Нуллер, В. Г. Бондарь (СССР).— № 1751357; Заявлено 24.02.72; Оpubл. 05.01.74, Бюл. № 1 // Открытия. Изобретения.— 1974.— № 1.— С. 56. [4]. Левин Л. Методы решения технических задач с использованием аналоговых вычислительных машин.— М.: Мир, 1966. [5]. Хейл Дж. Колебания в нелинейных системах.— М.: Мир, 1966.

Поступила 30 сентября 1988 г.

УДК 674.21 : 694

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО СООТНОШЕНИЯ ВЫРАБОТКИ ЦЕЛЫХ И КЛЕЕНЫХ ЗАГОТОВОК В ДЕРЕВЯННОМ ДОМОСТРОЕНИИ

А. А. ПИЖУРИН, В. Е. ПЯТКОВ

Московский лесотехнический институт

Важными резервами рационального использования древесины хвойных пород в процессе изготовления деревянных малоэтажных домов являются выбор эффективных технологий изготовления заготовок для конкретных условий производства; использование оптимальных планов раскроя сырья, составленных с применением ЭВМ; включение в производство заготовок из лиственных пород древесины.

Наиболее эффективный путь решения проблемы рационального использования пиломатериалов из древесины хвойных пород — определение соотношения целых и клееных заготовок.

Склеивание короткомерных и неспецификационных пиломатериалов по длине и сечению позволяет домостроительным предприятиям и цехам уменьшить потребность в пиломатериалах больших сечений.

При выработке целых заготовок эксплуатационные затраты и капитальные вложения меньше, чем при выпуске клееных. В первом случае расход пиломатериалов существенно увеличивается; во втором выход спецификационных заготовок из пиломатериалов значительно больше, но при этом возрастают затраты по переработке 1 м³ пиломатериалов. В ряде случаев эффективна смешанная технология, т. е. одновременное производство целых и клееных заготовок, вырабатываемых из отрезков пиломатериалов, образующихся при раскрое на целые заготовки.