

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ

В зависимости от обрабатываемого материала, геометрии инструмента, режимов и иных условий резания стружкообразование при резании может протекать устойчиво с образованием непрерывной сливной стружки или неустойчиво с образованием стружки надлома, элементной, суставчатой. Неустойчивость стружкообразования является выражением неустойчивости напряженного и деформационного состояния объема материала, подвергаемого пластическому деформированию при резании. Неустойчивость стружкообразования вызывает, как правило, неустойчивость динамической системы станка во всем диапазоне режимов обработки. Возникают колебания системы, качество обработанной поверхности резко ухудшается, поверхностный слой металла разрушается и т.д.

Устойчивость стружкообразования и виброустойчивость процесса резания могут быть обеспечены, в том числе соответствующим выбором конструктивных и режимных параметров процесса резания. Эти два параметра необходимо увязывать с динамикой резания, прежде всего, со скоростью резания. Такой подбор может быть осуществлен на основе анализа частотных характеристик и передаточных функций. При этом необходимо учитывать критерии устойчивости системы.

В частности, исследование динамики процесса резания может быть осуществлено на основе построения амплитудно-фазовой частотной характеристики (АФЧХ) процесса резания и АФЧХ упругой системы «заготовка–режущий инструмент». По форме первой АФЧХ делается вывод о необходимости нахождения оптимальных геометрических параметров режущего инструмента с точки зрения обеспечения устойчивости процесса резания, а по форме второй АФЧХ (при использовании известных критериев устойчивости систем) – о необходимости повышения виброустойчивости системы.

Устойчивость процесса стружкообразования рассмотрим для плоской площадки и опишем в виде произведения двух передаточных функций [1]:

$$W_p = W'_p W_{\alpha\gamma},$$

где $W'_p = \frac{K_p}{1 + T_p^2 \omega^2} - i \frac{K_p T_p \omega}{1 + T_p^2 \omega^2}$, K_p – коэффициент резания, T_p – постоянная времени резания (стружкообразования);

$W_{\alpha\gamma} = 1 - T_{\alpha\gamma}^2 \omega^2 + iT_{\alpha\gamma} \omega$,

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» С.И. Пестрецова; д-ра техн. наук, зав. кафедрой ФГБОУ ВПО «ТГТУ» М.В. Соколова.

$T_{\alpha p} = \sqrt{T_{\alpha} T_p}$, $T_{\alpha \gamma} = T_{\alpha} - T_{\gamma}$, T_{α} – постоянная времени заднего угла; T_{γ} – постоянная времени переднего угла; ω – частота колебаний.

Упругую систему (УС) заготовка – режущий инструмент представим как УС в виде колебательного звена, передаточная функция которого имеет вид

$$W_{yc}^* = \operatorname{Re}_{yc}^* + i \operatorname{Im}_{yc}^*,$$

где $\operatorname{Re}_{yc}^* = \frac{K_{yc}^* (1 - T_1^2 \omega^2)}{(1 - T_1^2 \omega^2)^2 + T_2^2 \omega^2}$ – вещественная часть АФЧХ, мм/кг;

$i \operatorname{Im}_{yc}^* = -\frac{K_{yc}^* T_1^2 \omega^2}{(1 - T_1^2 \omega^2)^2 + T_2^2 \omega^2}$ – мнимая часть АФЧХ, мм/кг; K_{yc}^* – при-

веденная статическая характеристика (податливость) системы, мм/кг;

$T_1 = 1/\omega_c$ – инерционная постоянная времени, с; $T_2 = \frac{\lambda}{\pi} T_1$ – постоян-

ная времени демпфирования, с; λ – логарифмический декремент;

$\omega_c = 2\pi f_c$ – собственная круговая частота колебаний, с⁻¹; f_c – число собственных колебаний в секунду или, иначе, собственная частота колебаний в Гц.

Передаточная функция разомкнутой системы с учетом динамической характеристики процесса резания имеет следующий вид [2]:

$$W_{\text{раз}}'' = W_{yc}^* W_p' = \frac{K_{yc}^* K_p}{(T_2^2 p^2 + T_1 p + 1)(T_p p + 1)}.$$

Построив АФЧХ по отрезку Re_{yc}^* , можно судить о виброустойчивости системы. Чем больше отрезок Re_{yc}^* , отсекаемый характеристикой ЭУС на отрицательной ветви вещественной оси, тем меньше предельная ширина срезаемого слоя и ниже виброустойчивость системы. Эта закономерность хорошо согласуется с другой: чем больше отрезок, отсекаемый характеристикой ЭУС на положительной вещественной оси, тем ниже технологическая жесткость системы и тем меньше точность обработки или, иначе, – тем сильнее влияние деформаций системы на точность обработки.

Анализ процесса резания по частотным характеристикам и передаточным функциям является довольно трудоемким. Нами предлагает-

ся программа построения АФЧХ упругой системы «заготовка-режущий инструмент» и анализа устойчивости стружкообразования и виброустойчивости процесса резания на основе методов, описанных в работах [1, 2].

Главная форма приложения содержит панели «Данные для расчета характеристик системы» и «Данные для расчета устойчивости системы», а также графический редактор, в котором осуществляется построение графиков (см. рис. 1).

Рис. 1. Главная форма приложения

На панели «Данные для расчета характеристик системы» отображается информация, необходимая для расчета динамических характеристик резания (W_p , $W_{\alpha\gamma}$, W_p). С целью облегчения заполнения данных полей создана кнопка «Выбор параметров». После нажатия на нее открывается вспомогательная форма (рис. 2), на которой отображаются рекомендации по выбору некоторых параметров для расчета. Расчет динамических характеристик резания осуществляется после нажатия на соответствующие кнопки главной формы приложения (рис. 1). После расчета характеристик в поле графического редактора производится построение графиков.

Панель «Данные для расчета устойчивости системы» предназначена для анализа устойчивости системы по критерию Найквиста.

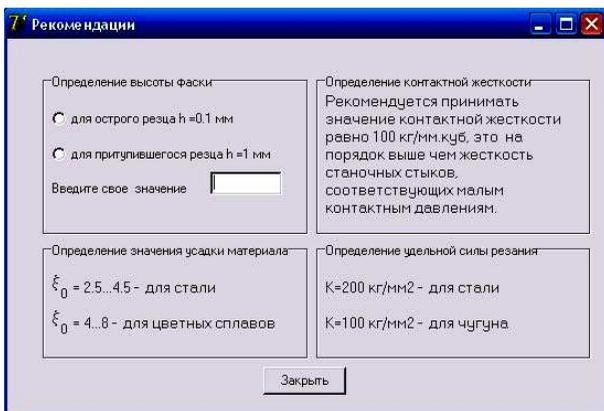


Рис. 2. Вспомогательная форма приложения

После добавления необходимых параметров для вычислений пользователь может приступить к анализу, нажав кнопку «Расчет». Программой будет построена АФЧХ передаточной функции разомкнутой системы, вычислен отрезок, отсекаемый графиком на отрицательной вещественной оси и определена предельная ширина срезаемого слоя после которой система при данной скорости резания потеряет устойчивость.

В конце работы программы, нажав кнопку «Выводы» (рис. 1), можно просмотреть рекомендации по изменению конструктивных и режимных параметров процесса резания, способствующие достижению устойчивости процесса.

Разработанная программа может быть использована в качестве модуля исследования процесса резания, входящего в систему автоматизированного проектирования (САПР) процессов резания [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудинов, В.А. Динамика станков / В.А. Кудинов. – М. : Машиностроение, 1967. – 359 с.
2. Орликов, М.Л. Динамика станков / М.Л. Орликов – 2-е изд., перераб. и доп. – К. : Выща шк. Головное изд-во, 1989. – 272 с.
3. Концепция создания системы автоматизированного проектирования процессов резания в технологии машиностроения / С.И. Пестрецов, К.А. Алтунин, М.В. Соколов, В.Г. Однолько. – М. : Издательский дом «Спектр», 2012. – 221 с.

Кафедра «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»