

М. П. Журавлев, Д. М. Элькинд

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Методические указания к лабораторной работе

Электронный текстовый образовательный ресурс для студентов всех форм обучения направления 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительного производства».

Содержат описание порядка выполнения лабораторной работы, описание отчета по выполненной работе, задания для самостоятельной подготовки по основным разделам курса «Исследование технического состояния технологической системы».

Научный редактор: доц., канд. техн. наук С. С. Кугаевский

Подготовлено в кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты» ИНМТ УрФУ

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Цели работы.....	4
Определение статических характеристик технологической системы.....	4
Методика проведения работы.....	5
Аппаратура для проведения исследований.....	7
Определение жесткости технологической системы	7
Определение приведенной массы.....	7
Определение коэффициента демпфирования.....	8
Определение частоты собственных колебаний.....	8
Последовательность выполнения работы.....	9
Содержание отчета.....	10
Контрольные вопросы.....	11
Библиографический список.....	12

Введение

Одной из проблем механообработки являются возникающие вибрации, ухудшающие качество деталей - точность, шероховатость, снижающие также производительность и стойкость инструмента. Поэтому виброустойчивость, как способность к сопротивлению возникающих вибраций при резании, является одной из важнейших характеристик технологической системы. Задача повышения виброустойчивости, особенно при фрезеровании, приобретает важнейшее значение. Условие виброустойчивости процесса резания позволяет определить необходимые параметры технологической системы, в том числе режим резания при котором колебания в системе наименьшие, а значит условия резания наилучшие. Важнейшими параметрами, определяющими виброустойчивость технологической системы, являются статические характеристики последней.

Цели работы

- ознакомиться с методами определения статических характеристик технологической системы: приведенной массы, коэффициента демпфирования, статической жесткости, частоты собственных колебаний;
- изучить влияние статических характеристик технологической системы на ее виброустойчивость;
- определить экспериментально статические характеристики технологической системы.

Определение статических характеристик технологической системы

Особенностью операций, сопровождающихся резанием металлов, является повышенный уровень вибраций. Таким образом, их возникновение зависит от конкретных условий и состояния технологической системы. Соответственно уменьшение вибраций имеет важнейшее значение для ее надежной работы. В данной лабораторной работе определяются статические характеристики технологической системы. В качестве примера, статические характеристики определяются для фрезерного станка.

Точность обработки на станках определяется, помимо геометрических и кинематических погрешностей, еще и статическими и динамическими усилиями, которые деформируют элементы технологической системы. Статическую жесткость системы можно определить, используя современные методы расчетов. Динамическую жесткость рассчитать трудно, так как необходимо знать поведение системы в стыках системы. В связи с этим для точного описания работы технологической системы необходимы экспериментальные исследования в динамике. В общем случае динамическая система представляет многомассовую систему. Для практического применения необходимо определить фактические параметры, включающие станок, вспомогательный и режущий инструмент, а также заготовку и приспособление. Как правило, инструмент является наиболее слабым звеном технологической системы. В некоторых случаях динамические характеристики можно

приближенно описать с помощью совокупности одномассовых моделей.

Для динамического анализа, прежде всего необходимо определить доминирующую колебательную систему, которую можно представить упругой одномассовой системой заготовки с одной степенью свободы, имеющей приведенную массу $m, \text{нс}^2/\text{м}$; коэффициент трения $\eta_0, \text{нс}/\text{м}$ и коэффициент жесткости $C, \text{н}/\text{м}$. Следовательно необходимо определить важнейшие статические характеристики технологической системы: приведенную массу, обобщенный коэффициент сопротивления (демпфирования), обобщенный коэффициент жесткости. Так же следует учитывать и определять частоту собственных колебаний доминирующей технологической системы для учета явлений резонанса. То есть отклика технологической системы на периодическое внешнее воздействие, которое проявляется в резком увеличении ее амплитуды колебаний при совпадении частоты внешнего воздействия с частотой собственных колебаний. Отношение $\lambda = \ln A_i / A_{i+1}$ называют логарифмическим декрементом затухания колебаний, который является показателем степени виброустойчивости технологической системы.

Методика проведения работы

Для исследования виброустойчивости необходимо, в первую очередь, определить статические характеристики. Для этого необходима специальная аппаратура. Пользуясь данной методикой можно определить статические характеристики любой технологической системы.

Аппаратура для проведения исследований

Для исследований можно выбрать технологическую систему любого станка. В данном случае определяются статические характеристики фрезерного станка. Состояние станка должно соответствовать нормам точности и жесткости, указанным в паспортных данных.

В качестве измерительного средства используется анализатор вибраций. Для

синусоидального колебания на определенной частоте виброперемещение, скорость и ускорение системы определяются как $y(t)$, $\dot{y}(t)$, $\ddot{y}(t)$ -соответственно. Таким образом виброперемещение $y(t)=A \cdot \sin(\omega t+f_1)$, виброскорость $\dot{y}(t)=A \cdot \omega \cdot \sin(\omega t+f_2)$, виброускорение $\ddot{y}(t)=A \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega t+f_3)$, где A – амплитуда колебаний (максимальное отклонение от положения равновесия), ω – круговая частота, f – фаза колебания. Для несинусоидального колебания произвольного вида колебания раскладываются на спектральные составляющие. В лабораторной работе принято, что колебания имеют синусоидальный характер. Кроме этого, необходимо знать режимы резания- скорость резания, подачу и глубину резания, которые указываются преподавателем из нормативных данных.

Определение жесткости технологической системы

Жесткость, как известно, является одной из основных характеристик виброустойчивости оборудования. Повышение жесткости технологической системы является одним из основных средств устранения вибраций. Обычно определяется статическая жесткость технологической системы, которую определяют на стадии проектирования, используя современные методы расчетов. Расчет динамической жесткости представляет сложность, так как она зависит от многих факторов, которые трудно учесть при конструировании. Особенно ненадежны данные о демпфирующих свойствах и жесткости подвижных и неподвижных стыков. В связи с этим, для оценки качества технологической системы, с точки зрения виброустойчивости, проводят экспериментальные исследования и определяют статическую жесткость.

Определение статической жесткости технологической системы осуществляется в соответствии с известными методиками [1].

Определение приведенной массы m

Приведенная масса определяется из выражения

$$m = C/\omega_0^2,$$

где ω_0 - круговая частота свободных колебаний, с^{-1} ,

$$\omega_0 = 2\pi/T.$$

Определение коэффициента демпфирования η_0

Коэффициент демпфирования определяется для доминирующей колебательной системы по кривой затухания переходного процесса. Поэтому коэффициент демпфирования η_0 определяется через логарифмический декремент затухания λ , который экспериментально находится следующим образом.

В статическом состоянии бойком производят удар по технологической системе в рассматриваемом направлении. При этом затухающие колебания фиксируются анализатором вибраций. Далее определяют величину λ по формуле:

$$\lambda = \ln A_i/A_{i+1}$$

где A_i и A_{i+1} полученные из опыта амплитуды колебаний.

Кроме этого следует отметить, что среднее значение логарифмического декремента затухания для токарных станков равен 0,18 для фрезерных 0,27 [2].

Коэффициент демпфирования определяется из выражения

$$\eta_0 = (2m/T) \lambda$$

T- период колебаний ($T=1/nz$ для фрезерования. Z- число зубьев фрезы, n- число оборотов вращения шпинделя)

Определение частоты собственных колебаний

Частота собственных колебаний определяется для доминирующей колебательной системы. Наиболее эффективным и удобным методом нахождения собственных частот колебаний технологической системы является ударное возбуждение с последующим определением виброперемещений и частоты собственных колебаний. От виброустойчивости зависит перемещение, скорость и ускорение технологической системы. В данной лабораторной работе

для определения частотных характеристик применяются элементы спектрального анализа, основу которого составляет преобразование Фурье.

То есть полный спектр колебаний преобразуется на простейшие гармонические составляющие-гармоники. Гармоника- простейшая периодическая функция вида $y(t)=A \cdot \sin(\omega t + f_1)$, характеризует гармоническое колебание, являющееся составляющей сложного колебания с частотой ω кратной основной частоте (первой гармоники). Источником возбуждения служит молоток с медным бойком. Частота вибраций определяется анализатором вибраций. Датчик закрепляется на столе станка с помощью магнитной базы. Молотком производится удар в направлении измеряемой оси.

Таким образом, фиксируется вибрационная картина и обрабатываются полученные данные с помощью элементов спектрального анализа на основе преобразования Фурье для выявления доминирующих частот. Как правило, выявляются несколько частот: основная и несколько гармонических. В результате видим картину, представленную на рис.1.1. Согласно распределению амплитуд частот можно сделать вывод, что частотой собственных колебаний доминирующей колебательной системы является 5300 Гц. Это значение может меняться в зависимости от расположения рабочих органов станка, массы заготовки и приспособлений.

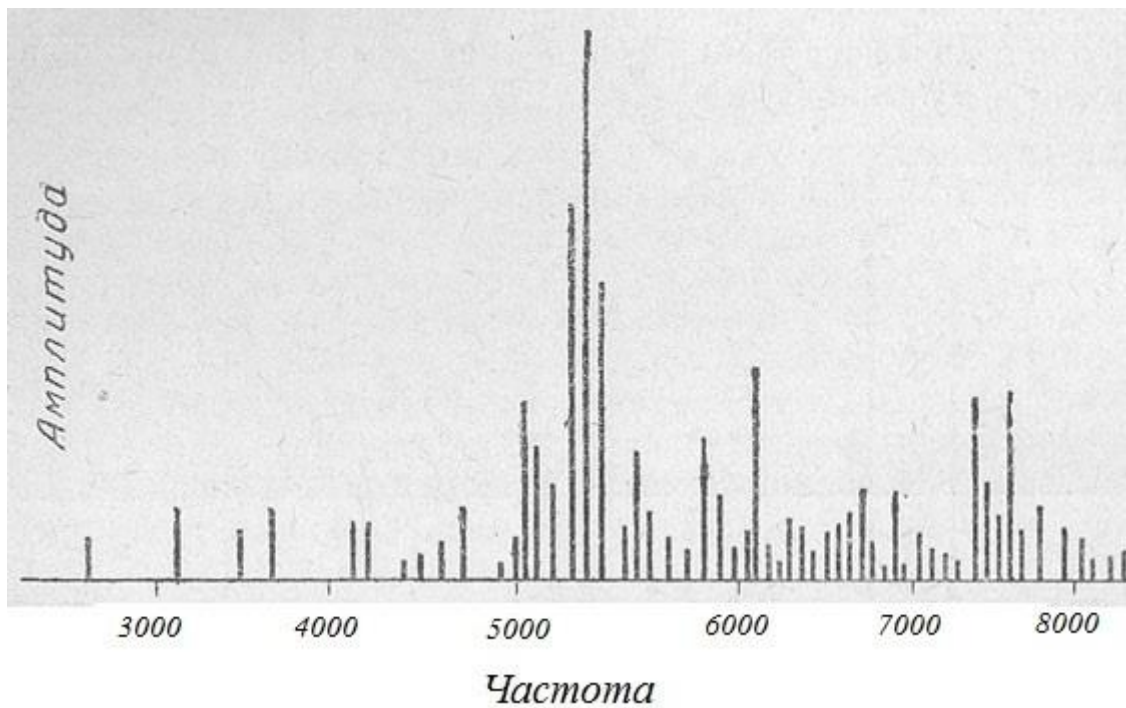


Рис.1.1. Частота собственных колебаний технологической системы

Последовательность выполнения работы

Работу следует выполнять в такой последовательности:

- 1) ознакомиться с методическими указаниями к лабораторной работе;
- 2) ознакомиться с аппаратурой. Подготовить оборудование к работе;
- 3) определить в соответствии с методическими указаниями статические характеристики технологической системы;
- 4) заполнить таблицу с данными в произвольной форме.

Примечание: значения режимов резания, диаметра фрезы D , число зубьев Z и другие технологические составляющие при необходимости задаются преподавателем.

Содержание отчета

Отчет о работе должен содержать:

- 1) фамилию студента и номер академической группы;
- 2) цель работы;
- 3) статические параметры технологической системы;
- 4) таблицу значений параметров системы;
- 5) вывод;
- 6) подпись автора и дату выполнения работы.

Контрольные вопросы

1. Какие статические характеристики определяют виброустойчивость технологической системы?
2. Виды колебаний при фрезеровании.
3. Как определяется уровень вибраций при фрезеровании?
4. Что такое жесткость технологической системы?
5. Для чего необходимо проводить исследования статических упругих деформаций?
6. Как определяется приведенная масса технологической системы?
7. Что такое коэффициент демпфирования?
8. Как определяется частота собственных колебаний технологической системы при фрезеровании?
9. Для какой системы определяются статические характеристики?
10. Режимы резания влияют на уровень вибраций технологической системы?

Библиографический список

1. Журавлев, М. П. Эксплуатация металлорежущих станков : лабораторный практикум / М. П. Журавлев, С. С. Кугаевский, Д. М. Элькинд. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2017. – 68 с. – ISBN 978-5-7996-2160-5.
2. Журавлев, М. П. Исследование и испытание технологических систем : учеб. пособие / М. П. Журавлев. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2017. – 84 с. – ISBN 978-5-7996-2128-5.

Методические указания к лабораторной работе

Журавле Михаил Петрович

Элькинд Дмитрий Михайлович

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

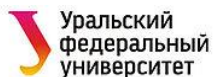
Подготовка к публикации

Рекомендовано Методическим советом УрФУ

Разрешено к публикации ...

Электронный формат – pdf

Объем 0,3 уч.-изд. л.



620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19

Информационный портал УрФУ

ЦНОТ ИТОО