

Совершенствование методики преподавания курса «Теория механизмов и машин» способствует выработке заинтересованного отношения студентов-технологов к механике и оборудованию. Это подтверждается тем фактом, что отдельные студенты успешно выполнили исследовательские дипломные проекты, связанные с разработкой новых видов оборудования прядильного производства под руководством преподавателей кафедры «Теоретическая механика и теория механизмов и машин».

Комплексное сочетание дисциплин, входящих в курс ТММ, а также используемая вышеприведенная методика, должны обеспечить будущим молодым специалистам возможность свободной ориентации в многообразии общетехнических проблем.

УДК 621.9(07)+621.01

## **ОСОБЕННОСТИ ОТРАЖЕНИЯ ВОПРОСОВ РЕЗАНИЯ И ТРЕНИЯ В УЧЕБНОМ КУРСЕ «ДИНАМИКА СТАНКОВ»**

***Э. И. Астахов, В. В. Кудин***

Для улучшения фундаментальной механико-математической подготовки будущих инженеров-механиков по специальности «Металло-режущие станки и инструменты» на 4-ом курсе машиностроительного факультета БГПА с 2000г. введен новый курс «Динамика станков» в объеме 17 часов лекций, 17 часов лабораторных. Чтение этого курса поручено кафедре «Теория механизмов и машин», преподавателями которой в 2000/2001 учебном году разработана базовая учебная программа, подготовлен конспект лекций, поставлены 8 новых лабораторных работ. Цель данного учебного курса — научить студентов применять в инженерной практике методы теоретической механики, ТММ, теории колебаний и теории автоматического регулирования для анализа динамических систем металлорежущих станков и другого технологического оборудования с учетом упругости элементов конструкции станков, диссипативных потерь энергии в узлах, технологических процессов, а также показать пути и методы проектирования кинематических схем и конструкций станков с улучшенными динамическими параметрами (быстродействие, виброустойчивость, точность, запас устойчивости, динамическая жесткость, спектр собственных частот, резонансные амплитуды колебаний, виброакустические характеристики).

При подготовке этого курса, используя предыдущий опыт чтения курсов «ТММ», «Колебания в машинах» в БГПА, «Динамика и виброзащита» в БГТУ

не возникло особых трудностей по изложению вопросов динамических моделей станков, динамических систем и упругих систем СПИД (станок, приспособление, инструмент, деталь). Некоторые сложности возникли при изложении разделов динамики резания в станках и динамики трения в суппортах станков. Для подготовки этих специфических разделов были использованы как немногочисленные учебные пособия [1,2] по этому курсу в других вузах, так и специальная литература по металлорежущим станкам [3].

Резание представляет собой комплекс взаимосвязанных процессов деформирования, трения, теплового и др. Сила резания нелинейно зависит от многих факторов (скорости резания, подачи, параметров детали и инструмента) и их взаимосвязи. Для определения сил резания при различных видах обработки использованы эмпирические формулы из литературы [1,2,3], учитывающие как параметры режима резания (подача и скорость резания), так и физико-механические свойства обрабатываемых деталей и параметры инструмента.

После превышения определенного уровня режимов резания в системе СПИД возникают вибрации — автоколебания инструмента относительно заготовки. Нормальный процесс резания может протекать при небольших колебаниях, образующих на обрабатываемой поверхности волнистость в допустимых пределах. При дальнейшем повышении режимов резания в системе возникают недопустимые автоколебания, и она теряет устойчивость. Основными причинами автоколебаний при резании являются: 1) нелинейность характеристики силы резания, наличие убывающих участков зависимости сила — скорость; 2) инертность самого процесса резания, сдвиг фаз между колебаниями и изменением сил резания; 3) изменение толщины среза и силы резания вследствие относительного движения инструмента и заготовки по сложной замкнутой траектории, обусловленной наличием двух и более степеней свободы упругой системы; 4) сочетанием двух и более вышеназванных факторов.

Для закрепления раздела динамики резания студентами выполняется лабораторная работа «Исследование динамики резания токарной обработки при нелинейной характеристике силы резания», в которой по заданной схеме продольного течения токарного станка составляется упрощенная одномассовая динамическая модель поперечных колебаний этого узла. Выписывается эмпирическая зависимость силы резания, по которой при заданных параметрах режима резания, параметрах узла станка исследуется нелинейная зависимость силы резания и ее крутизна, т.е. производная от силы резания по скорости. Составив и решив дифференциальное уравнение поперечных колебаний резца, производится анализ возможности появления автоколебаний при резании сравнением величины крутизны силы резания и коэффициента сопротивления упругой системы резца.

При изложении вопросов динамики трения в станках подчеркивается нелинейная зависимость силы и коэффициента трения от скорости скольжения, что особенно важно при рассмотрении трения в направляющих суппортов станков. Для учета влияния схемы нагружения суппорта на величину силы трения используют приведенный коэффициент трения, как отношение суммарной силы трения к сумме проекций активных сил на нормаль к направляющей.

Особенно выделяется вопрос о возникновении фрикционных автоколебаний (в направляющих суппортов станков), которые вызываются нелинейной зависимостью силы трения и неоднозначной зависимостью силы трения от перемещения. Такие условия возникают при скачке силы трения от покоя к движению, убывающей характеристике силы трения от скорости, зависимости силы трения от времени неподвижного контакта, инерционности трения, а также особенностей упругой системы СПИД с несколькими степенями свободы. Как известно, автоколебания бывают двух видов: 1) почти гармонические (квазигармонические); 2) релаксационные (резко отличающиеся от гармонических), разрывные — к последним относится скачкообразное перемещение узлов.

Для закрепления раздела динамики трения в станках выполняется лабораторная работа «Исследование фрикционных автоколебаний суппорта станка при ступенчатой характеристике трения», разработанная на основе математических зависимостей в литературе [4, 5]. В ней по заданной схеме привода суппорта станка составляется одностепенная динамическая модель, приводится ступенчатый график силы трения скольжения. Записывается дифференциальное уравнение движения суппорта и его решение на участке срыва, когда сила упругости привода становится более силы трения покоя. По рассчитанным значениям перемещения и скорости строятся их графики и производится анализ движения суппорта.

## Литература

1. Кудинов В.А. Динамика станков. — М.: Машиностроение, 1967. — 359 с.
2. Орликов М.Л. Динамика станков: Учебн. пособие. — Киев: Вища школа, 1980, — 256 с.
3. Металлорежущие станки: Учебник для машиностроит. вузов/Под ред. В.Э. Пуша. — М.: Машиностроение, 1986, — 576 с.
4. Левитский Н.И. Колебания в механизмах: Учебн. пособие для вузов. — М.: Наука, 1988, — 336 с.
5. Астахов Э.И., Кудин В.В. Колебания в машинах и методы их устранения. — Учебн. пособие для студ. машиностроит. спец. — Мн.: БГПА, 1977, — 131 с.