

УДК 621.914:658.5

Н.Л. Василевская (6 курс, каф. ГАК), В.А. Шмаков, к.т.н., доц.

ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ МОДЕРНИЗАЦИИ УНИКАЛЬНОГО МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Обновление парка уникального металлорежущего оборудования является сегодня актуальной проблемой многих промышленных предприятий России. К оборудованию такого типа относятся пятишпиндельные фрезерные станки с ЧПУ французской фирмы «FOREST», поставленные на ОАО «Завод турбинных лопаток» в 80-е годы. Замена существующих станков на новые не представляется возможной, так как требует больших капитальных вложений. Ближайший функциональный аналог – одношпиндельный фрезерный станок фирмы «STARRAG» стоит порядка 1,5 миллионов долларов.

Целью данной работы являлись рекомендации технического и экономического характера по основным направлениям модернизации станков «FOREST». Частными задачами исследования статических и динамических характеристик объектов, анализ возможных изменений конструкции, реализация которых может быть проведена силами самого предприятия или с привлечением российских станкостроительных фирм.

Исследования проводились на двух станках в статике и динамике. В статике измерялись точностные параметры и характеристики жесткости. В динамике определялся спектр собственных частот, амплитуды колебаний при резании и режимы обработки, приводящие к потере устойчивости системы.

Исследование геометрической точности выполнялось по методике, рекомендованной предприятием-изготовителем. Эти исследования выявили рассогласование в угловом положении шпинделей заготовок, превосходящее допустимое более чем в 2 раза. Источником такого рассогласования явилось наличие бокового зазора в зубчатых передачах привода вращения заготовок. Это указывало на недостаточный предварительный натяг в элементах данной цепи или его полное отсутствие.

Дополнительно были проведены измерения жесткости основных узлов станка по методике, изложенной в руководящих материалах ЭНИМСа. Исследования станков на жесткость выявило наличие зазоров в вертикальных направляющих суппорта подвижной стойки и направляющих шпиндельной бабки, что казалось маловероятным, так как конструктивно они представляли собой закаленные планки, работающие в паре с роликовыми направляющими качения типа «танкетка». Детальный анализ выявил существенный недостаток конструкции – отсутствие регулировки зазора в направляющих, вызванного их износом.

Исследования станков «FOREST» в динамике выполнялись впервые. Измерение абсолютных колебаний узлов станка проводилось акселерометрами 1ПА-10. Тарировка трактов для измерения абсолютных колебаний проводилась с помощью вибростолика мод. 1606, эталонного датчика мод. 1291, и усилителя вибрметра мод. 2511 с перенастраиваемым полосовым фильтром (все виброприборы фирмы Briel & Kjer).

Полученная в ходе эксперимента исходная информация об абсолютных колебаниях узлов станка обрабатывалась следующим образом. Сигналы с первичных преобразователей поступали на согласующий усилитель, далее они проходили аналого-цифровой преобразователь и в форме массива данных записывались на жесткий диск компьютера (типа «NOTE BOOK»). Далее расчет статических характеристик производился в диалоговом режиме с использованием специальных программ. В частности, спектральные характеристики получались с помощью быстрого преобразования Фурье, а характеристики смещений – путем двукратного интегрирования. В качестве основной статистической характеристики использовалась характеристика спектральной плотности.

Отсутствие какой-либо информации о диапазоне частот колебаний узлов несущей системы станка потребовало организации экспериментов по их определению. Исследовались собственные колебания узлов по направлениям основных координатных осей (X, Y, Z) при импульсном возбуждении. Установлено, что наибольшей собственной частотой из несущих узлов системы обладает заготовка лопатки (более 500Гц). Обнаружена зависимость частоты изгибных колебаний лопатки от места установки промежуточной опоры. Наиболее низкими частотами обладают стойка изделий и стойка шпиндельной бабки (менее 20Гц). Собственные частоты остальных узлов находятся в диапазоне от 50 до 200Гц.

Экспериментальные исследования при резании на одном из станков осуществлялись во время обработки лопатки из сплава 20Х13 быстрорежущей (Р18) цилиндрической фрезой диаметром 40мм. Режимы резания: $V = 18,7$ м/мин; $S = 0,16$ мм/зуб; $t = 5$ мм. На другом станке – во время обработки лопатки из титанового сплава ВТ6 аналогичной фрезой. Режимы резания: $V = 25,1$ м/мин; $S = 0,25$ мм/зуб; $t = 5$ мм.

Анализ полученной вибрационной информации позволил установить следующее:

1. Основная энергия колебательных процессов сосредоточена в верхних кронштейнах крепления заготовки на частоте 80Гц.
2. Наблюдается возбуждение крутильных колебаний вала шпиндельной бабки, передающего движение на каждый из пяти шпинделей ($f=120$ Гц).
3. Амплитуды колебаний основных узлов станка при обработке лопатки из сплава 20Х13 не превышают 3-5мкм.
4. На станке, обрабатывающем лопатку из сплава ВТ6, при обработке выпуклого профиля картина аналогична предыдущей.
5. При обработке вогнутого профиля спектр возбуждаемых частот и амплитудный уровень существенно меняются по длине строки. Система теряет устойчивость при обработке участка галтели и прилегающего к нему. При этом возбуждается одна из низших собственных частот: колебания стойки заготовки с $f = 18$ Гц и амплитудой 12 мм.

Проведенные исследования позволили существенно уточнить и дополнить техническое задание на модернизацию станков «FOREST». Из наиболее кардинальных конструктивных изменений отметим введение программно управляемого перемещения (поворота) относительно продольной оси шпиндельной бабки и существенного повышения частоты вращения шпинделей (с 1200 до 5000 мин⁻¹).

Экономическая часть исследования касалась определения уровня затрат на модернизацию, при котором экономически целесообразно проводить модернизацию силами самого предприятия, организуя для этого структурное подразделение (ремонтный цех). На первом этапе было принято решение провести тендер на выполнение всего комплекса работ по модернизации среди заинтересованных станкостроительных организаций.