

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УСИЛИЙ ШЛИФОВАНИЯ

И. А. Горобец, Д.С. Илларионов, Н.В. Голубов, И.В. Лапаева

Донецкий национальный технический университет

E-mail: [gorobec@mech.dgtu.donetsk.ua](mailto:gorobec@mech.dgtu.donetsk.ua)

E-mail: [ill\\_dm@mail.ru](mailto:ill_dm@mail.ru)

Любая автоматизация предполагает управление технологическими процессами на основе сбора, обработки и накопления информации. Поэтому неотъемлемую часть автоматических устройств и автоматизированных систем управления (АСУ) составляют средства измерения. Измерения производят с помощью разнообразных датчиков, выполняющих функцию первичного элемента, который воспринимает информацию от объекта и преобразует ее для передачи в канал связи на вычислений. В АСУ датчики являются изначальными поставщиками информации, их погрешность не может быть скорректирована никакими последующими устройствами. Поэтому проектирование датчиков с заданными техническими характеристиками является на сегодняшний день актуальной задачей.

При рассмотрении процесса торцевого шлифования плоских заготовок из хрупких неметаллических материалов ставилась задача проектирования устройства, которое бы позволило осуществить измерение усилий резания, возникающих при шлифовании камня, что необходимо для дальнейшей автоматизации и управления процессом обработки. Данное силоизмерительное устройство будет выполнять функцию источника информации о протекающих в процессе обработки изменениях характера и величины усилий.

Для проведения точных исследований характера и значений усилий резания был спроектирован специальный тензометрический стол,

конструкция которого показана на рисунке 1.

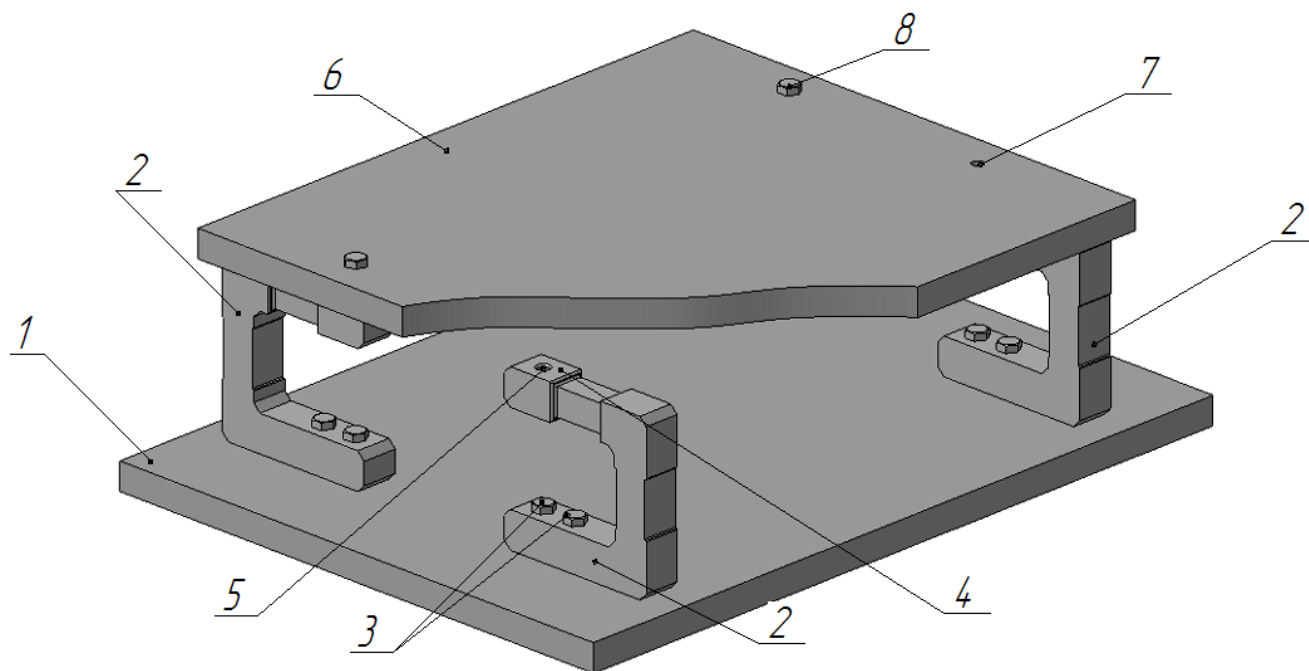


Рисунок 1 – Схема конструкции тензометрического стола

Тензометрический стол состоит из нижней платформы 1, которая жестко крепится к столу станка. На платформу устанавливается комплект из четырех тензометрических датчиков 2, которые имеют С-образную форму. Каждый датчик жестко крепится к нижней платформе с помощью двух болтов 3, которые соединяют платформу и датчики с помощью специально предусмотренных для этого отверстий. Датчики на нижней платформе 1 располагаются один напротив другого таким образом, что с помощью выполненных на их поверхности 4 отверстий 5, сверху устанавливается верхняя платформа 6, с отверстиями 7 и крепится болтами 8. На верхней платформе 6 размещается обрабатываемая заготовка. Верхняя платформа, таким образом, выполняет роль силовоспринимающего элемента. Поверхность 5 датчиков имеет сферическую форму, благодаря чему контакт между датчиками и верхней платформой происходит не по плоскости, а по точке. Такой вид контакта обеспечивает самоустановку силовоспринимающей платформы на датчиках.

С целью предотвращения попадания пыли и влаги (так как процесс шлифования происходит с применением СОЖ), а также для исключения случайных механических воздействий, которые непосредственно не связаны с процессом обработки заготовки, конструкцией тензометрического стола предусматривается специальный защитный кожух.

Электрические соединения тензорезисторов датчиков выполнены на основе суммирования общего изменения сопротивления тензорезисторов по каждой из составляющих сил резания (рис. 2).

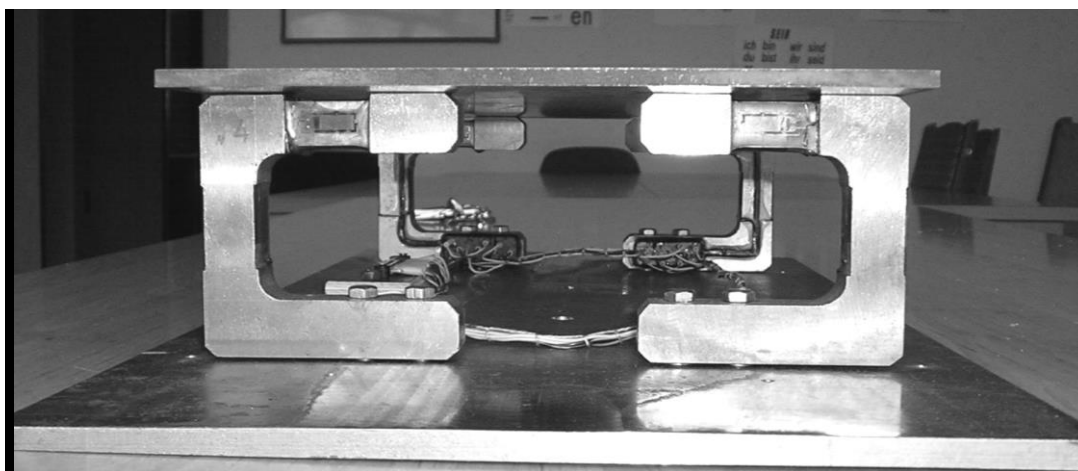


Рисунок 2–Тензометрический стол с С-образными датчиками силы

Сигнал, снимаемый с тензорезисторов С-образных датчиков и устройства для измерения податливости конструкции тензометрического стола 1, подается в усилительно-преобразовательное аналого-цифровое устройство 2, рис. 3. После усиления сигнала и преобразования его в цифровой вид, данные о величине усилий обработки заготовки и податливости тензометрического стола передаются на систему управления 3. Далее производится необходимая статистическая обработка и выработка управляющего сигнала на исполнительные органы и механизмы станка, а также сохранение результатов данных о силах резания в системе при реализации технологического процесса обработки заготовки шлифованием.

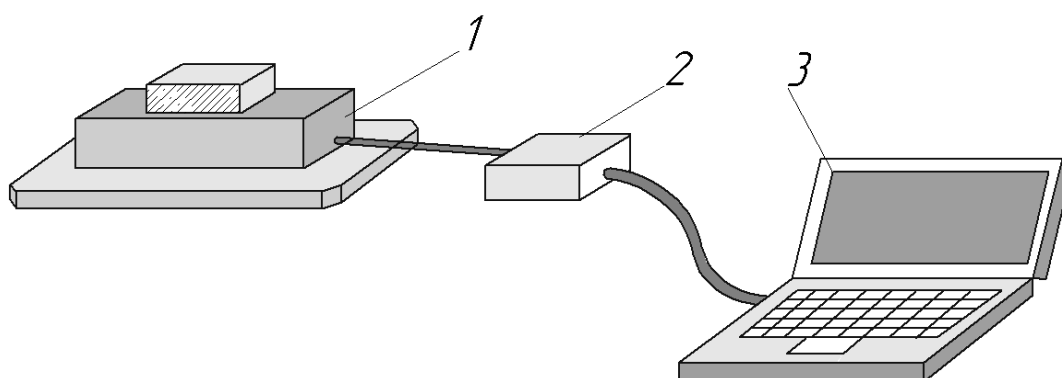


Рисунок 3 – Общая схема измерений

На рисунке 4 показан общий вид датчика. Датчик состоит из упругого элемента 1, имеющего С-образную форму. На горизонтальной и вертикальной площадках датчика выполнены шесть взаимно перпендикулярных участков для наклеивания тензорезисторов, каждая пара которых предназначена для измерения определенной составляющей силы резания.

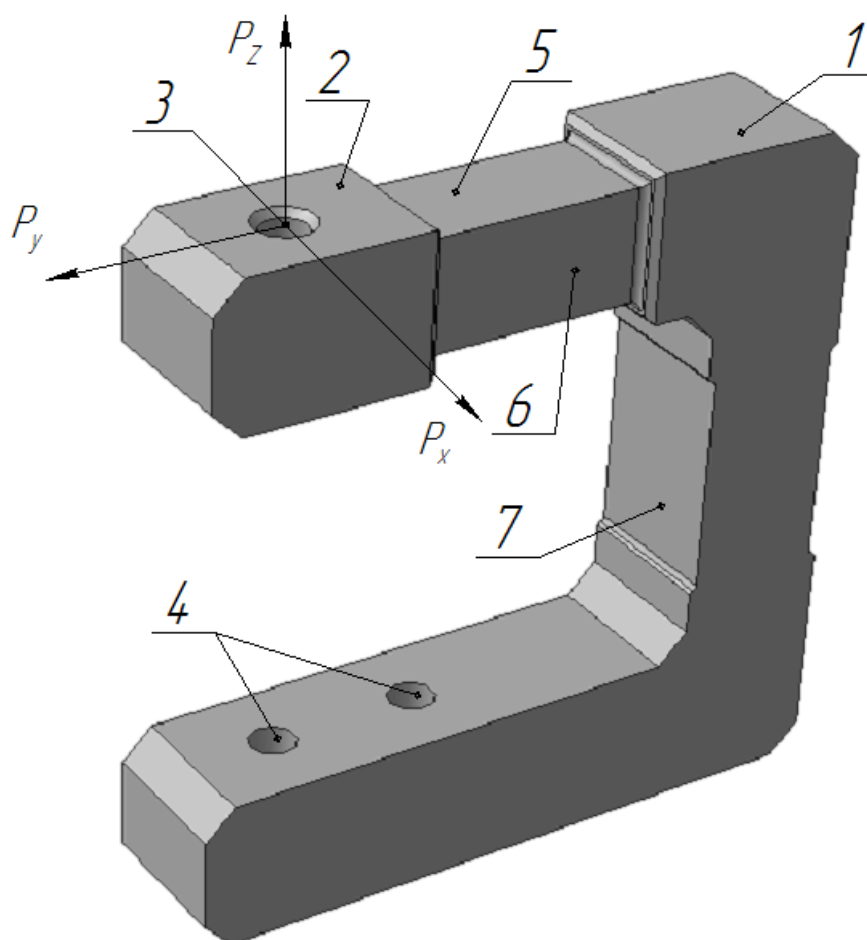


Рисунок 4 – Вид трехкомпонентного датчика силы

Динамические характеристики разработанного датчика определялись с помощью CAE ANSYS. Для этого проводился гармонический анализ для определения диапазона частот, которые без помех могут быть измерены упругим элементом датчика. На рисунке 5 показана амплитудно-частотная характеристика в системе координат с линейными осями.

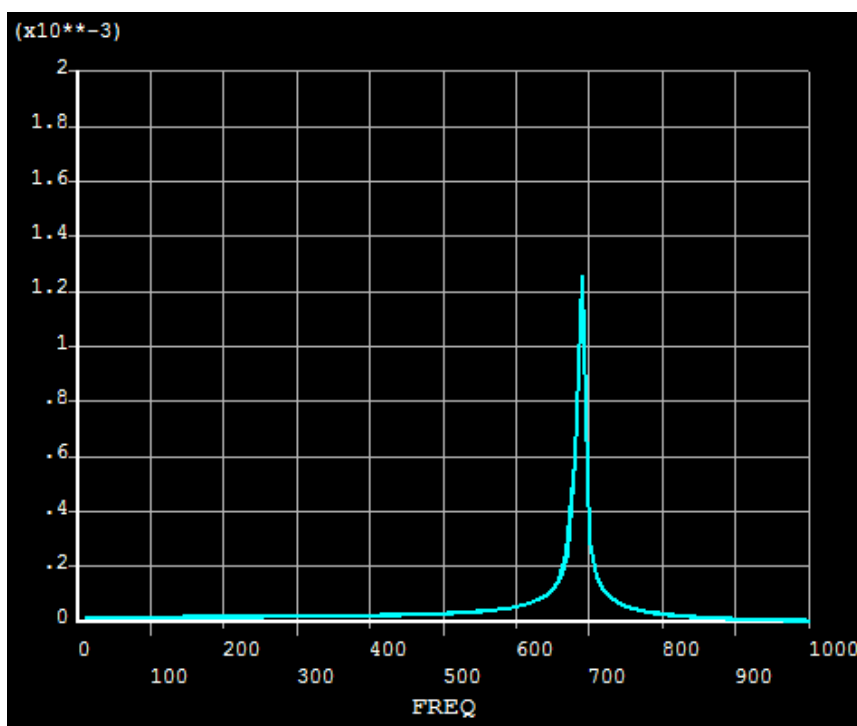


Рисунок 5 – Амплитудно-частотная характеристика датчика

Для уточненного определения собственных частот и форм колебаний конструкции проводился модальный анализ. Знание параметров собственных колебаний становится важным в условиях динамического нагружения и при моделировании вибраций и переходных процессов в конструкциях. Результатом проведения модального анализа является получение собственных частот колебаний упругого элемента датчика. При проведении гармонического анализа было приближенно установлено, что резонанс датчика наступает при частоте 690 Гц. Модальный анализ позволил уточнить значение резонансной частоты, которая одновременно является собственной частотой датчика. Анализ показал, что резонанс возникает на частоте 686,85 Гц. На рисунке 6 показана форма колебаний упругого элемента датчика на резонансной частоте. Как видно, колебания происходят в вертикальной

плоскости, то есть в плоскости действия вертикальной составляющей силы  $P_y$ .

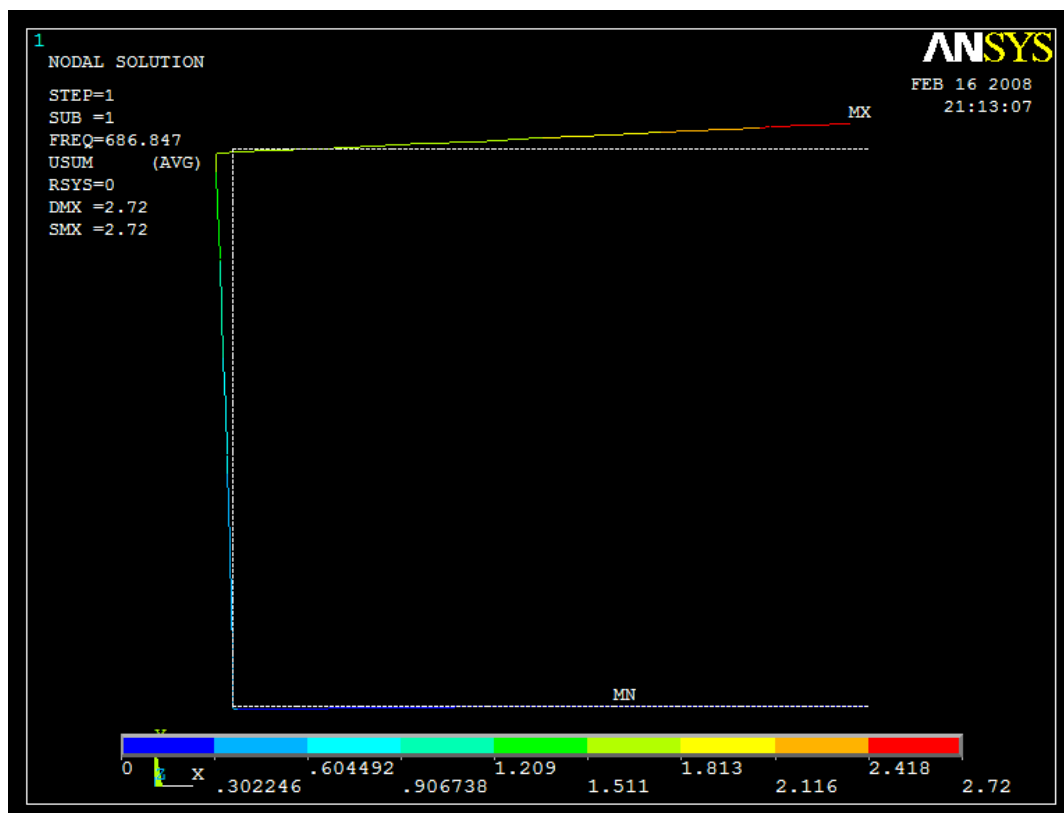


Рисунок 6 – Форма колебаний упругого элемента на собственной частоте

Модальный и гармонический анализы проводились без учета внутренних сил трения в реальном датчике, которому характерны явления упругости и демпфирования, что приводит к возникновению явления колебаний (наличие упругости) и их затуханию (наличие демпфирования). Для того, чтобы установить влияние этих факторов на свойства упругого элемента датчика был проведен динамический анализ переходных процессов. Результаты определения отклика системы на ступенчатое воздействие приведены на рисунке 7.

Из анализа результатов проведенного эксперимента можно сделать вывод о том, что окончание переходных процессов в упругом элементе датчика происходит менее чем за 0,3-0,35 секунды, что свидетельствует о хороших демпфирующих свойствах материала упругого элемента.

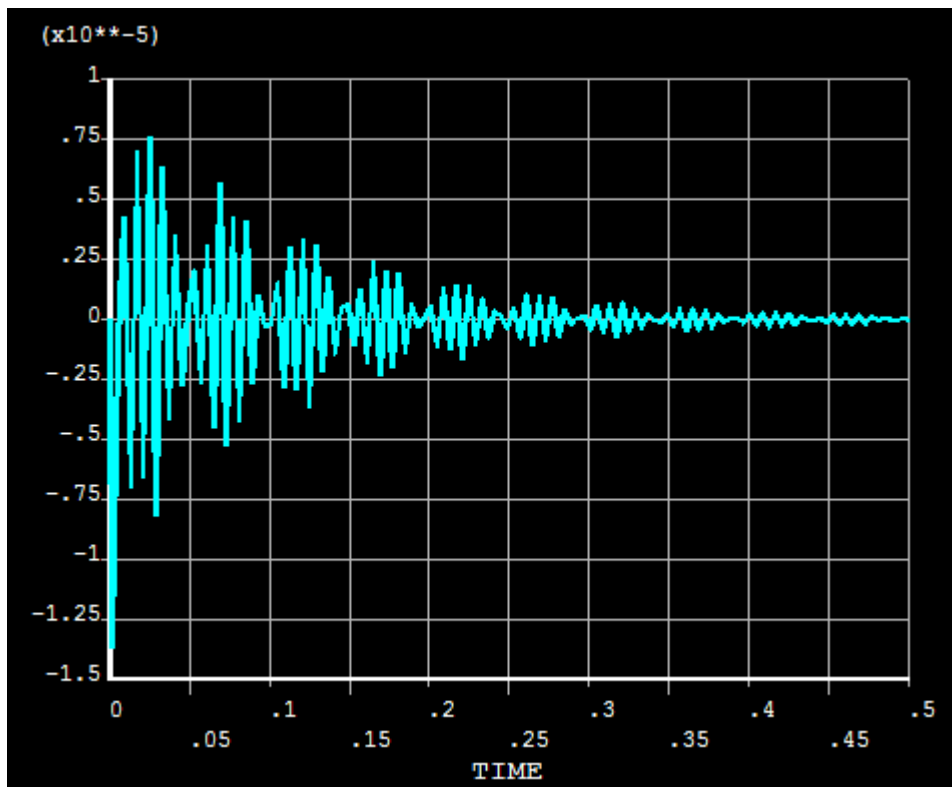


Рисунок 7 – Отклик датчика на ступенчатое воздействие

Анализ проведенных исследований датчиков силы показал, что разработанный тензометрический стол обладает характеристиками, позволяющими использовать его для измерения усилий шлифования, а также в качестве источника входной информации о процессе обработки для системы управления.

1. *Хакимьянов М.И., Штанев С.Л.* Оценка погрешности датчика усилия ДДС-04 при смещении направления и точки приложения нагрузки // МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ: Труды международной научно-технической конференции (Россия, Пенза, 9-10 сентября 2002 г.) / Под ред. М.А. Щербакова.- Пенза: Информационно-издательский центр Пенз. гос. ун-та, 2002.- С. 165-167.