

## ФРЕЗЕРНЫЙ ДИНАМОМЕТР ПЕРЕМЕННОЙ ЖЕСТКОСТИ

Г. Л. КУФАРЕВ, В. В. ОВЧАРЕНКО, В. А. ГОВОРУХИН

(Представлена объединенным научным семинаром кафедр станков и резания металлов и технологии машиностроения)

Целью работы, в которой используется описываемый ниже динамометр, является изучение мгновенных окружной силы и силы подачи при торцовом фрезеровании однозубой фрезой. Необходимо было исследовать непостоянство окружной силы в период резания при непрерывно меняющейся толщине среза. Сила подачи при торцовом фрезеровании однозубой фрезой изменяется не только за счет переменной толщины среза, но и вследствие того, что вектор силы, действующей на зуб, непрерывно поворачивается вместе с фрезой. Поэтому при регистрации сил необходимо было использовать в динамометре малоинерционные и в то же время очень чувствительные датчики.

Наиболее совершенные конструкции фрезерных динамометров, разработанные в Томском политехническом институте [3] и ЭНИМСе [1], имеют ряд недостатков. Во-первых, используемые в них индуктивные датчики обладают определенной инерционностью [5]; во-вторых, элементы, передающие усилия датчикам, имеют значительные массы, также повышающие инерционность приборов; в-третьих, постоянство диаметра фрезы в динамометре ЭНИМСа [1] ограничивает область проведения экспериментов.

Учитывая вышеперечисленные недостатки существующих динамометров, на кафедре станков и резания металлов ТПИ был изготовлен упругоэлектрический динамометр для измерения окружной силы при фрезеровании (рис. 1).

Динамометр представляет одно целое тело, верхняя часть которого с помощью четырех болтов крепится к шпинделю станка 9. Центрирование обеспечивается имеющейся в корпусе динамометра 8 цилиндрической выточкой. Крутящий момент фрезе передается посредством двух, привернутых к шпинделю сухарей, входящих в соответствующий паз динамометра. Резание осуществляется одним резцом, закрепленным в специальной сменной державке. Имеющиеся в корпусе динамометра четыре конических отверстия для крепления державки позволяют изменять в опытах радиус фрезы.

Упругим элементом является перемычка резцовой державки. Наклеенные на ней тензодатчики имеют характеристику: база — 10 мм, сопротивление  $R = 190 \text{ ом}$ , коэффициент тензочувствительности равен 2. Датчики включены по дифференциальной электрической схеме (рис. 2). Сигнал от датчиков при помощи 4-ех канального усилителя УТ4-1 подается на шлейфовый осциллограф МПО-2 и щиток с приборами М-24

(микроамперметры) для визуального контроля. В процессе работы (при нагружении динамометра) меняется сопротивление датчиков. При этом нарушается равновесие в электрической схеме и приборы регистрируют ток разбаланса. Чем больше окружное усилие на фрезе, тем больше ток разбаланса.

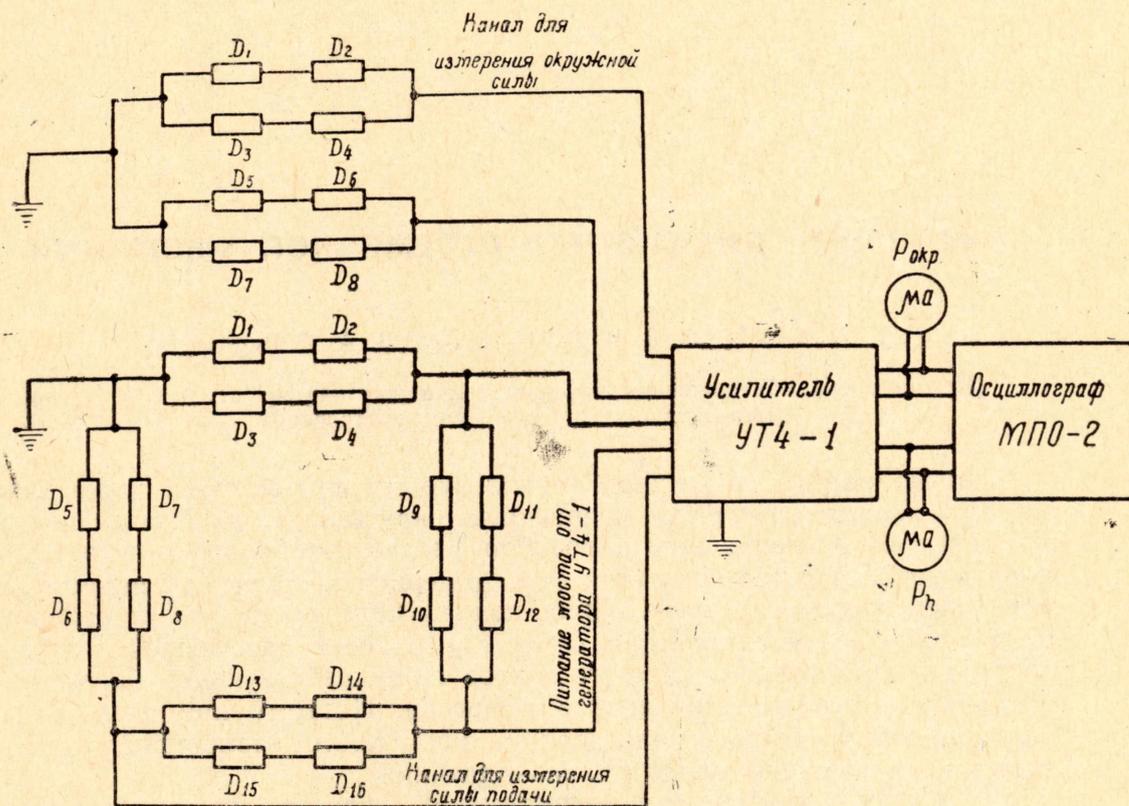


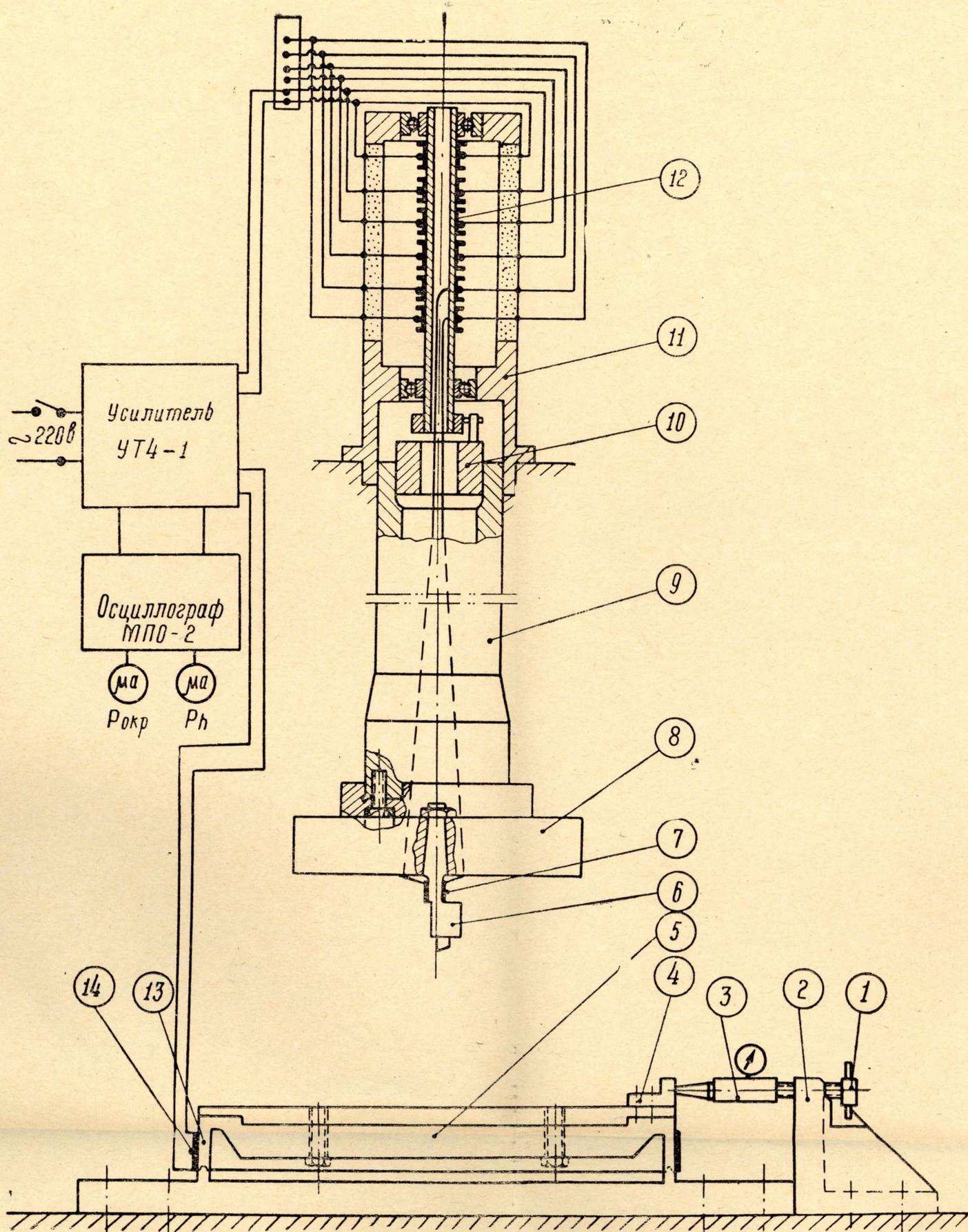
Рис. 2. Электрическая схема измерения окружной силы и силы подачи при фрезеровании

Тензодатчики для измерения окружной силы при фрезеровании расположены вместе с динамометром на вращающемся шпинделе станка. С вращающихся датчиков э.д.с. передается на неподвижно закрепленные измерительные приборы при помощи токосъемника со скользящими контактами.

На рис. 1 показан общий вид токосъемника. Э.д.с. от тензодатчиков передается по изолированным проводам, проходящим внутри шпинделя станка и вращающегося полого валика, посаженного на подшипниках в неподвижном корпусе токосъемника. Валик приводится во вращение от шпинделя станка специальным поводком 10. На валике закреплены шесть колец (два рабочих и четыре запасных), изолированных друг от друга, к которым и припаяны концы проводов, идущих от датчиков. К поверхности каждого кольца подведено по две щетки, от которых э.д.с. передается к измерительным приборам. Щетки, изолированные друг от друга, и кольца токосъемника изготовлены из сплава серебро-константан.

Сила подачи при торцовом фрезеровании замерялась при помощи динамометрического стола (рис. 1), выполненного жестким, малоинерционным и в то же время чувствительным.

Принципиально эта конструкция представляет собой стальную раму 5, верхняя часть которой с закрепленной на ней деталью под действием



Стол станка

Рис. 1. Схема приспособления

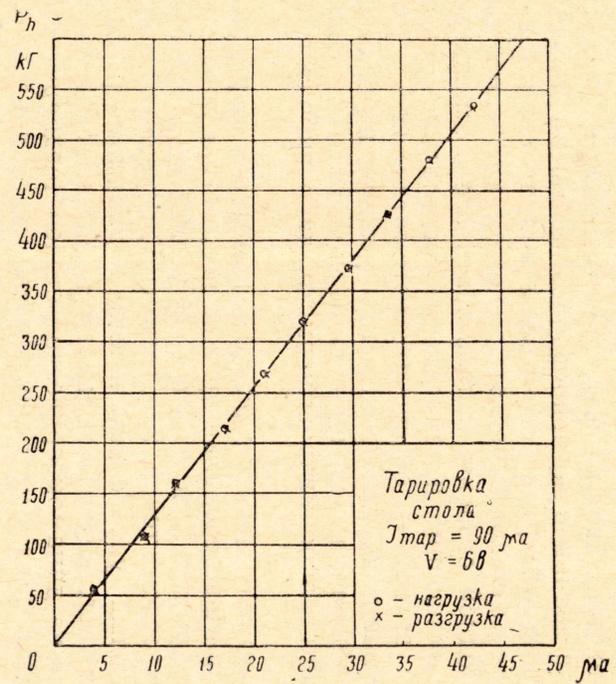
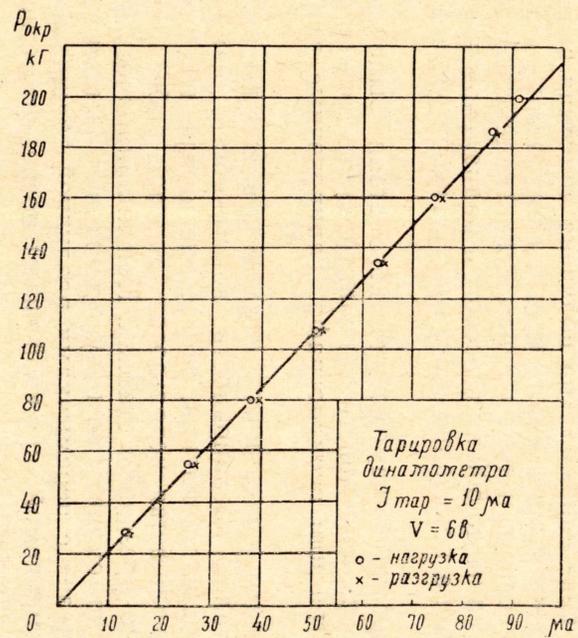


Рис. 3 Тарировочные графики для окружной силы и силы подачи

силы подачи перемещается относительно нижней части за счет упругой деформации стоек, так как основание динамометрического стола при помощи болтов прочно соединяется со столом фрезерного станка.

В данной упругой пространственной системе тензочувствительными элементами являются две боковые стойки 13. На внешней поверхности каждого элемента наклеены датчики 14 (база 25 мм, сопротивление 190 ом, коэффициент тензочувствительности — 2). Нагрузка в направлении силы подачи заставляет изгибаться стойки. При этом датчики, наклеенные на одной стойке, будут растягиваться, а на второй стойке — сжиматься. Сила подачи регистрируется шестнадцатью датчиками, соединенными попарно-параллельно. Необходимость включения столь большого числа датчиков мотивировалась повышенной жесткостью упругой системы динамометрического стола в направлении подачи.

Соединение датчиков в мостовые схемы произведено с таким расчетом, чтобы, с одной стороны, использовать все возможности их дифференциального включения и тем самым максимально повысить чувствительность, а с другой — обеспечить автоматическое устранение (компенсацию) влияния составляющих силы резания на силу подачи.

Для фиксирования величины силы подачи в диагональ мостовой схемы включается либо микроамперметр, либо вибратор осциллографа МПО-2.

При испытаниях аппаратуры для измерения окружного усилия и силы подачи при фрезеровании прежде всего была проведена соответствующая ее тарировка. Для обеспечения усилия на столе станка (рис. 1) жестко закреплялась стойка 2 с винтом 1, осуществляющим давление через контрольный упруго-механический динамометр ДС-1, рыбку и пластину 4, соответственно закрепляемую или в резцовой державке динамометра, или на динамометрическом столе. Предварительно шпиндель и, следовательно, динамометр фиксировались от поворота при помощи специальной оправки.

При тарировке динамометра получена линейная зависимость между величиной окружной силы и показаниями микроамперметра. Специально проведенные исследования доказали, что воздействие на динамометр (через фрезу) силы до 500 кг в осевом и радиальном направлениях оказывает влияние на показания приборов, регистрирующих окружное усилие до 2%.

При тарировке динамометрического стола была получена также линейная зависимость между величиной силы подачи и показаниями микроамперметра или осциллографа. Тарировочные графики представлены на рис. 3.

Достоинствами описанного динамометра являются: высокая чувствительность, малая инерционность, возможность изменения радиуса фрезы, простота изготовления, отсутствие внутренних потерь и универсальность, позволяющая использовать его при работе на вертикально- и горизонтально-фрезерном станках. При цилиндрическом фрезеровании необходимо лишь сменить резцовую державку. Использование сменных резцовых державок с перемычками различной толщины (в зависимости от величины измеряемой окружной силы) позволяет регистрировать усилие с высокой точностью.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В. Я. Рассохин. Окружная сила при торцовом фрезеровании твердосплавными фрезами. ЦБТИ, 1952.
2. А. М. Турчин. Электрические измерения. ГЭИ, 1961.
3. Резание металлов и инструмент, под ред. А. М. Розенберга. Машиностроение. М., 1964.
4. А. М. Розенберг. Динамика фрезерования. Изд. «Советская наука». М., 1945.
5. М. Ф. Полетика. Приборы для измерения сил резания и крутящих моментов. Машгиз, М., 1963.