

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЖЕСТКОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПУТЕМ СОЗДАНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАТЯГА

Мельнов К.В., Гаврилин А.Н., Хайруллин А.Р.  
Томский политехнический университет  
kvm11@tpu.ru

### Введение

Повышение качества и надежности работы технологических систем является актуальной темой в современном машиностроении. Для решения этой задачи можно выделить несколько групп методов, основными из которых являются технологические и конструкционные. К технологическим методам относится изменение режимов механообработки (подача, частота вращения шпинделя, глубина резания). К конструкционным методам относят установку специальных устройств, представляющих собой механизмы для повышения жесткости, снижения уровня вибраций, что позволяет значительно увеличить время стойкости инструмента, долговечности срока эксплуатации технологического оборудования технологической системы (ТС) [1].

### Исследование влияние жесткости

К основным методам повышения жесткости системы относятся: геометрическая правильность стыковых поверхностей и чистота их обработки, уменьшение числа стыков конструкции, состояние и расположение некоторых слабых звеньев узла, центричность приложения нагрузки к стыку, создание предварительного натяга и т.п.

Как известно жесткость несущих элементов технологического оборудования на 70-80 % зависит от наличия стыков, вследствие чего работу ТС можно условно разделить на две зоны: «низкой» и «высокой» жесткости. Для увеличения жесткости ТС прикладывается некоторая сила натяга  $F_H$ , которая приводит к смещению характеристики соотношения деформация-сила (рис.1). При этом достигается значительное повышение точности и качества обработки детали, повышается время стойкости работы инструмента, а также надежность работы ТС.

В зоне «малой» жесткости при работе возникает люфт в соединении, который сказывается на качестве обработки детали. В зоне «высокой» жесткости люфт имеет незначительную величину, в связи с этим жесткость всей системы увеличивается [2].

Из анализа этой зависимости можно сделать вывод о повышении жесткости системы и снижении люфта в исполнительном органе ТС за счет создания предварительного натяга.

Таким образом, для повышения жесткости подвижных элементов, например, винтового или реечного зубчатого зацепления, можно применить метод создания предварительного натяга. Обычно

это реализуется за счет подвеса груза, однако такое решение зачастую увеличивает динамические нагрузки в ТС за счет увеличения инерционности системы. Существуют решения для создания предварительного натяга при помощи пневмопружины, однако из-за ограниченности хода и невозможности оперативно изменять силовые характеристики таких пружин применение таких решений отчасти нивелируется.

Из анализа приведенной зависимости можно сделать вывод, что в зоне «высокой» жесткости, возникающие деформации, имеют меньшую амплитуду и ближе к гармоническому сигналу, по сравнению с деформациями при наличии люфта при работе системы в зоне «малой» жесткости [3].

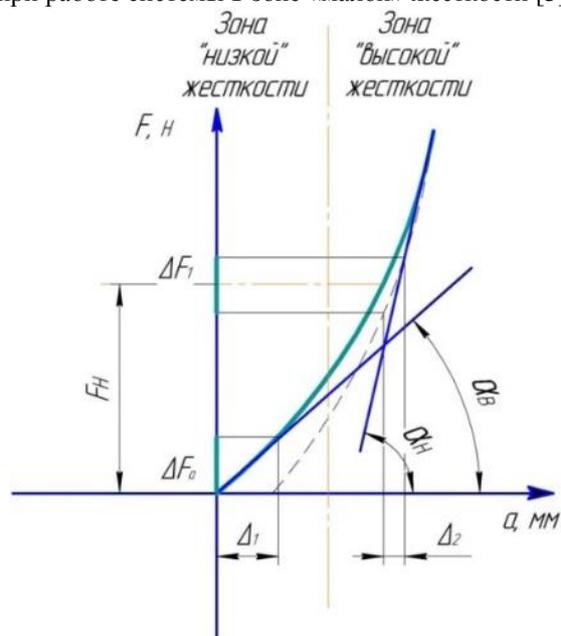


Рис. 1. График, показывающий зависимость между прикладываемой силой и деформацией ТС

### Описание устройства

Разрабатываемое устройство для создания предварительного натяга (рис. 2) предназначено для устранения описанных выше недостатков, при простом конструктивном исполнении и надежности работы. В результате применения данного устройства планируется достижение повышения жесткости и снижения вибрации. Которое должно привести к повышению точности обработки, за счет снижения динамических нагрузок действующих на исполнительный орган.

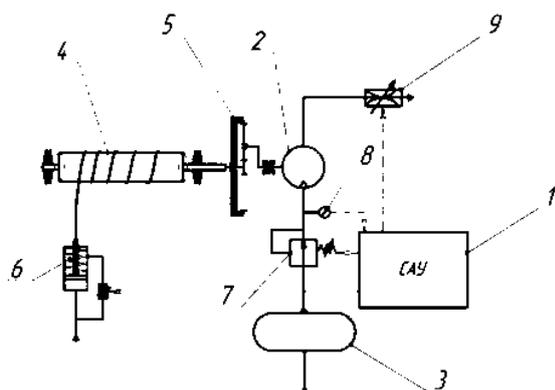


Рис. 2. Принципиальная схема пневматического гасителя:

1 – система автоматического управления; 2 – пневматический мотор; 3 – ресивер; 4 – барабан; 5 – планетарный редуктор; 6 – демпфирующее устройство, состоящее из пневмоцилиндра и дросселя; 7 – редукционный клапан; 8 – манометр; 9 – дроссель

Работа устройства для создания предварительного натяга заключается в следующем. По пневматической линии воздух под требуемым давлением поступает к ресиверу 3. Через редукционный клапан 7 воздух поступает на пневмомотор 2 и через дроссель 9 сбрасывается в атмосферу. Дроссель 9 служит для управления режима работы пневмомотора 2, создавая крутящий момент, передающийся на барабан 4. При наматывании на барабан 4 канат натягивается и вытягивает шток демпфирующего устройства 6. Демпфирующее устройство 6 связано с исполнительным органом технологического оборудования, посредством резьбового соединения, в котором необходимо снизить люфт.

Дифференциальное уравнение, описывающее работу пневматического гасителя, имеет вид

$$m\ddot{x} + \alpha\dot{x} + Cx = F_t$$

где закон изменения  $F_t$  принимает значения от:

где  $m$  – масса подвижных элементов исполнительного элемента (кг);

$C$  – жесткость несущего узла ТС (Н/м);

$\alpha$  – коэффициент демпфирования (Н·с/м);

$F_t$  – сила действующая элементов исполнительного элемента (Н).

$F_t$  может принимать значения:

$$F_t = \begin{cases} F_t = F_a \sin \omega t - & \text{при отсутствии натяга} \\ F_t = F_H + F_a \sin \omega t & \text{в случае наличия натяга} \end{cases}$$

$F_H$  – сила натяга (Н).

Для обоснования эффективности работы устройства для создания предварительного натяга, составлена математическая модель, приведена структурная схема, функция применяемая при расчете имеет вид  $F_t = F_H + F_a \sin \omega t$ , где сила натяга может принимать различные значения,  $F_H = 0$ , в зоне «низкой» жесткости  $F_H = F_{\text{натяга}} > 0$  в зоне «высокой» жесткости.

Структурная схема, по которой проводились расчеты в LabVIEW National Instruments приведена на рис.3

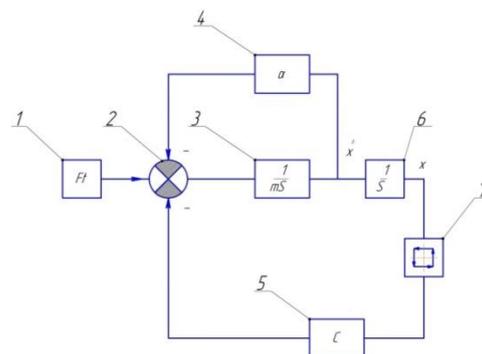


Рис. 3. Структурная схема

1-усилие; 2- сумматор; 3- 1/s Оператор Лапласа; 4-  $\alpha$ - коэффициент трения; 5 –  $C$ - жесткость узла ТС; 6-  $m$ - масса подвижных элементов ТС; 7- звено, описывающее люфт механического узла.

Данная математическая модель позволит провести теоретические исследования работы пневматического гасителя колебаний.

### Заключение

Таким образом, в результате применения рассмотренного в данной работе устройства предварительного натяга, достигается снижение вибрации и шума в ТС и соответственно повышение качества обработки, снижение шероховатости обрабатываемой детали, увеличение времени стойкости инструмента. Повышение энергозатрат, около 10-15 %, связанное с преодолением силы предварительного натяга, компенсируется значительным повышением жесткости ТС. Следует отметить, что одним из преимуществ такого устройства является возможность управления, посредством СЧПУ технологического оборудования.

### Список использованных источников

1. Гаврилин А.Н., Мойзес Б.Б. Метод оперативной диагностики металлорежущего станка для обработки заготовок типа тел вращения // Контроль. Диагностика. – 2013. – №9 – С. 81-84.
2. Метод снижения уровня вибраций при механической обработке Гаврилин А.Н. Контроль. Диагностика. 2013. № 11. С. 23-26.
3. Конструктивные методы повышения виброустойчивости металлорежущего оборудования. Гаврилин А.Н., Мойзес Б.Б., Черкасов А.И. Контроль. Диагностика. 2013. № 13. С. 82-84.