

Л и т е р а т у р а

1. Авт.свидет. № 29594I от 1969г., опубл. в БИ, № 8, 1971.
2. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле. М.: Наука, 1967

УДК 621.9:531.43/46

В.И.Петров, А.Л.Меньшов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СОСТОЯНИЯ ПОКОЯ ЗАГОТОВКИ В ПРИСПОСОБЛЕНИИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ

Станочные фрезерные приспособления относятся к конструкциям, содержащим сдвигостойчивые соединения, находящиеся, как правило, под действием переменных во времени и пространстве внешних сил, в том числе сил резания. При расчете приспособлений обычно используют основные теоремы статики для несвободного твердого тела, а связь нормальных сил с касательными силами трения, возникающими на площадках сопрягаемых деталей, описывают в соответствии с законом Кулона-Амонтона. Это не отражает действительную картину явлений, так как заготовка в приспособлении не находится в предельном состоянии равновесия. В связи с этим устойчивость состояния покоя заготовки в приспособлении при фрезеровании может быть определена с использованием метода оценки состояния покоя твердого тела на опорах с трением [1].

За критерий устойчивости можно принять интегральный критерий

$$K = \frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} k^2(t) dt, \quad (1)$$

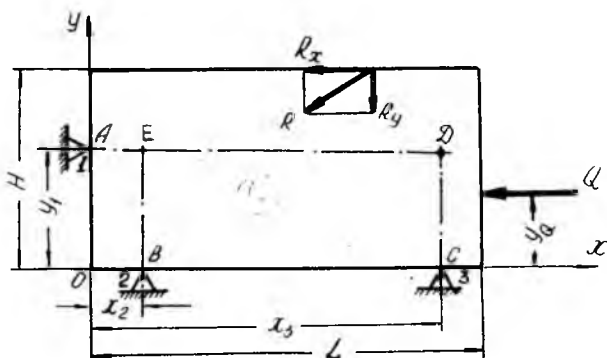
где τ - время действия внешних сил; $k(t)$ - функция устойчивости состояния покоя, причем

$$k(t) = m(t) + q\sigma(t), \quad (2)$$

где $m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n k_i(t)$ - математическое ожидание; i - порядковый номер опоры; n - число опор; $k_i(t) = T_i / F_i$ - коэффициент сопротивления смещению; T_i - сила сопротивления смещению; F_i - сила трения скольжения; $\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [k_i(t) - m(t)]^2}$ - среднее квадратическое отклонение; $q \in [0,1]$ - весовой коэффициент, назначаемый для учета влияния разброса величин k_i .

Используя критерий (1), оценим устойчивость состояния покоя заготовки во фрезерном приспособлении при работе дисковой фрезой.

Расчетная схема представлена на рис. I.



Р и с. I. Расчетная схема для фрезерования дисковой фрезой

Рассмотрим первый этап расчета, когда на заготовку действует сила зажима Q . Пренебрегая величинами второго порядка малости, можно считать, что под действием силы Q заготовка повернется на угол φ относительно точки D , лежащей на пересечении нормальных реакций в опорах A ($i = 1$) и C ($i = 3$). Контакт заготовки с опорой нарушится. Уравнения равновесия будут иметь вид

$$\begin{aligned} N_1 + T_3 - Q &= 0, \\ N_3 - T_1 &= 0, \\ T_1 x_3 + T_3 y_1 - Q(y_1 - y_Q) &= 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Если смещение на опоре меньше предельного предварительного смещения, то касательная реакция в ней может быть представлена зависимостью

$$T_i = \mu_i \sigma_i N_i, \quad (4)$$

где μ_i — эмпирический коэффициент, характеризующий свойства поверхности и материала контактируемых деталей; N_i — номинальные реакции в опорах.

Предварительные смещения на опорах A и C геометрически связаны с углом поворота φ следующим образом:

$$\sigma_1 = x_3 \varphi, \quad \sigma_3 = y_1 \varphi. \quad (5)$$

Решая систему, состоящую из уравнений (3), (4) и (5) при $i = 1; 3$, приходим к интересному выводу, что угол φ не зависит от величины силы зажима Q . Его величина определяется координатой y_Q точки приложения силы зажима Q . Для конкретных исходных данных существует точная нижняя граница ординаты $y_{a \min}$. Если $y_Q \in [y_{a \min}, y_1]$, то заготовка будет поворачиваться вокруг точки D . Предварительные смещения будут меньше предельных. При $y_Q < y_{a \min}$ происходит поворот заготовки со скольжением на опорах, а при $y_Q > y_1$ будет иметь место опрокидывание заготовки вокруг опоры A .

На втором этапе расчета учитываются силы резания R . В зависимости от точки приложения, величины и направления силы могут иметь место несколько качественно различных состояний заготовки. Каждому из этих состояний будет соответствовать своя система уравнений. Например, если линия действия силы R лежит правее точки D , то произойдет поворот заготовки вокруг точки D по часовой стрелке или в области предварительных смещений, либо будет иметь место скольжение заготовки на опорах. Прочность закрепления в этом случае ухудшится. Возможно также опрокидывание заготовки вокруг точки C .

Если линия действия силы R пересекает отрезок прямой ED , то происходит поворот заготовки вокруг точки D против часовой стрелки. В этом случае состояние равновесия заготовки описывается уравнениями (3), (4) и (5) при $i = 1$ и 3 .

$$N_1' - T_3' - R_x = 0,$$

$$N_3' + T_1' - R_y = 0,$$

$$T_1' x_3 + T_3' y_1 - R_x (y_R - y_1) - R_y (x_3 - x_R) = 0,$$

$$T_i' = n_i \sigma_i' (N_i + N_i'), \quad (i = 1, 3),$$

$$\sigma_1' = x_3 \varphi, \quad \sigma_3' = y_1 \varphi.$$

Здесь N_i ($i = 1; 3$) - нормальные реакции, полученные на первом этапе расчета закрепления; σ_i' - дополнительные предварительные смещения; N_i' , T_i' - дополнительные реакции в опорах, возникающие после приложения составляющих силы резания R_x и R_y .

Если в результате решения полученной системы уравнений окажется, что угол поворота заготовки φ больше или равен φ , то это будет означать, что произошла посадка заготовки на опору B и прочность закрепления увеличилась.

Аналогичные уравнения могут быть получены, когда линия действия φ

силы R лежит выше точки E . В этом случае в зависимости от величины, направления и точки приложения силы может происходить дополнительный поворот заготовки вокруг точки D , посадка на опору B , а затем поворот заготовки против часовой стрелки вокруг точки E и отрыв ее от опоры C . Каждое из этих возможных промежуточных состояний будет описываться своими уравнениями и иметь различные функции устойчивости состояния покоя.

По разработанному алгоритму оптимизации параметров приспособления на ЭВМ были проведены расчеты устойчивости закрепления заготовки с размерами $L = 400$ мм; $H = 200$ мм; остальные параметры были следующими: $y_1 = 75$ мм; $f_i = 0,2$; $R_x = 5000$ Н; $R_y = \alpha_j R_x$. График (рис. 2, а) изменения сил резания по координате x имела трапецевидную форму с возрастанием сил резания на входе и уменьшением их на выходе. При детерминированном законе изменения сил резания по предложенному интегральному критерию прочности закрепления (1) для различных вариантов $\alpha_j = 0,2; 0,4; 1$ проводилась оптимизация усилия зажима Q , координаты y_a точки приложения усилия Q и координат x_2, x_3 расположения опор B и C . На рис. 2, а представлен один из примеров, полученных зависимостей нормальных и касательных реакций в опорах и функции устойчивости (2) от координаты точки приложения силы резания.

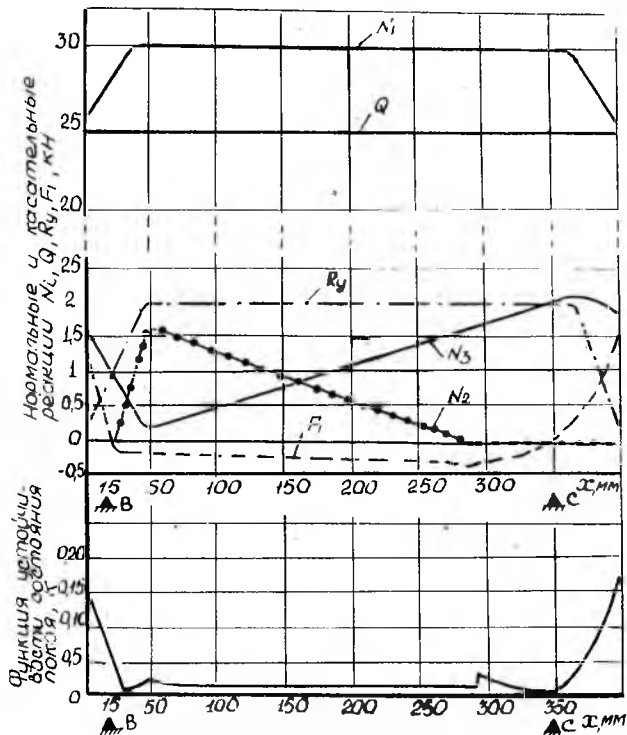
Исследовано влияние изменения силы зажима Q и координаты точки ее приложения y_a на устойчивость закрепления заготовки.

На рис. 3 представлены некоторые из полученных графиков интегрального критерия K в зависимости от усилия Q для различных вариантов сил R_x, R_y и координаты y_a .

По полученным результатам сделаны следующие выводы.

Величина силы Q и координата точки ее приложения y_a являются важнейшими параметрами приспособления, от которых зависит качество базирования заготовки на опорах и устойчивость ее закрепления. Конкретному значению y_a соответствует определенный промежуток допустимых усилий зажима Q , и наоборот. Существуют такие наибольшие (или наименьшие) значения Q , выше (или ниже) которых происходит некачественное базирование заготовки и уменьшение устойчивости ее закрепления.

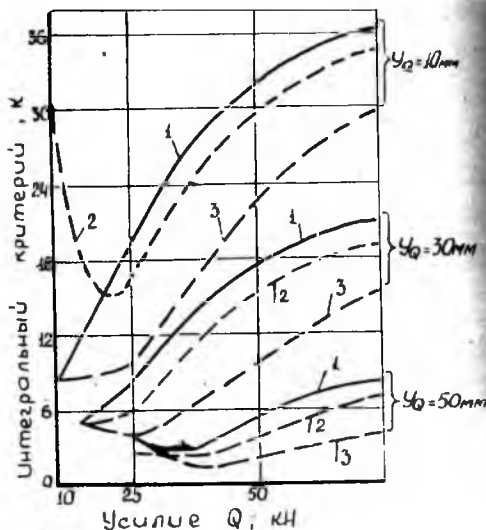
Установлено, что в процессе обработки заготовки могут происходить изменения направления касательных реакций в опорах. Такое явление приводит к возникновению люфта в опорах, а следовательно, к неопределенности базирования заготовки в приспособлении. На основании этого вывода рекомендуется выполнить жесткое беззазорное соединение опор-



Р и с. 2. Нормальные и касательные реакции в опорах и функция устойчивости в зависимости от координаты точки приложения силы резания ($y_0 = 50$ мм; $\alpha = 0,4$; $K = 1,83$)

ных пластин и штырей в тангенциальном направлении с корпусом приспособления.

При расчете и оценке устойчивости закрепления заготовки в приспособлении следует оптимизировать конструктивные и силовые параметры приспособления (x_2, x_3, y_0, Q) для различных габаритов заготовки (L, H), законов изменения силы резания ($R(t)$) и возможного диапазона параметров, характеризующих физико-механические свойства стыков на опорах (n_i, δ_{i0}, f_i).



Р и с. 3. Влияние силы зажима Q и координаты точки ее приложения на устойчивость закрепления заготовки ($x_2 = 15$ мм; $x_3 = 385$ мм; $R_x = 5$ кН): 1 - $R_y = 1$ кН; 2 - $R_y = 2$ кН; 3 - $R_y = 5$ кН

Л и т е р а т у р а

- М е з д р о г и н В.Б., П е т р о в В.И., С п е ц а к о в С.С.
 Метод оценки состояния покоя твердого тела на опорах с трением.-
 Известия вузов. Сер.Машиностроение, 1982, № 6, с.6-10.

УДК 621.91.01

Е.В.Б у р м и с т р о в

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИЙ ПРИ КОНЦЕВОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ ВЫСОКОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Обеспечение высокой виброустойчивости и стойкости инструментов приобретает особое значение при обработке деталей на станках с ЧПУ и агрегатных. Вибрации, возникающие в технологических системах при резании, обуславливают изменение фактических значений скорости резания и подачи и определяют циклический характер нагружения режущей части инструмента. Это приводит к уменьшению стойкости, усталостному разрушению инструментов и, как результат, - к снижению