

УДК 658.512

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТОРЦОВОЙ ФРЕЗЫ НА РАЗМЕРЫ СРЕЗАЕМОГО СЛОЯ И ВИД ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

канд. техн. наук, доц. М.И. МИХАЙЛОВ, О.А. ЛАПКО
(Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого)

Разработана математическая модель траектории результирующего движения зубьев фрезы, позволяющая учитывать погрешность позиционирования сменных многогранных пластин в корпусе фрезы. Определено влияние радиального биения зубьев фрезы на максимальное значение отклонения высоты топографии поверхности от прилегающей плоскости. Установлено, что наибольшее влияние на максимальное значение отклонения высоты топографии поверхности от прилегающей плоскости оказывает случай одиночного радиального биения зуба. Выявлено наиболее рациональное (тангенциальное) расположение сменных многогранных пластин в корпусе фрезы.

Введение. Современное машиностроение характеризуется повышением требований к геометрическим параметрам качества изготовления поверхностей деталей – точности получаемых размеров, отклонений формы, взаимного расположения поверхностей, их волнистости и шероховатости. Именно эти параметры определяют контактные деформации и жесткость стыков, характеризуют трение и износ поверхностей, герметичность соединений, прочность сцепления с покрытием и т.п. При этом необходимо обеспечить не только заданные требования качества поверхности, но и их стабильность, которая определяется характеристиками параметров геометрии поверхности детали, задаваемыми законом их распределения.

Геометрия поверхности детали определяется ее топографией. Математическое описание формирования топографии поверхности при механической обработке затрудняется большим количеством влияющих на нее параметров. Ситуация еще более усложняется тем, что случайные отклонения могут иметь динамический характер. При этом эмпирические рекомендации позволяют разрешить только отдельные из возникающих проблем, для которых эти эмпирические данные существуют.

Математическое моделирование операций механической обработки по сравнению с экспериментальными исследованиями позволяет получать большее количество информации и сократить время на исследования. Эти преимущества приводят к широкому внедрению моделирования в технологические расчеты. Однако разнородность существующих моделей технологических систем и процессов, а также отсутствие единого подхода к их разработке значительно затрудняет внедрение этих моделей.

Так, С.Л. Леонов и В.Н. Некрасов используют метод математического моделирования при формировании топографии поверхности торцовым фрезерованием, при этом они представляли этот процесс в виде «черного ящика» [1 – 3].

Кроме того, топография обработанных поверхностей зависит от расположения формообразующей кромки фрезы в корпусе инструмента и траектории ее движения, на которую в свою очередь влияют параметры режима резания и геометрические параметры режущих кромок фрезы.

Расчетная модель и экспериментальные исследования. Для описания траектории точки зуба фрезы при обработке были получены следующие уравнения:

$$x = \frac{S_0}{2\pi} \cdot t \pm \frac{D}{2} \cdot \sin\left(t \pm k \cdot \frac{\pi}{n}\right); \quad (1)$$

$$x = \frac{S_0}{2\pi} \cdot t \pm \frac{D}{2} \cdot \cos\left(t \pm k \cdot \frac{\pi}{n}\right), \quad (2)$$

где S_0 – подача на один цикл главного движения инструмента, мм/об; D – диаметр фрезы, мм; t – центральный угол поворота рассматриваемой точки кромки фрезы; k, n – целые числа.

В качестве режущих элементов сборного механизированного инструмента наиболее часто используются сменные многогранные пластины (СМП), которые нашли широкое применение в промышленности (пластины формы 02114). Параметры формы и расположение их базовых поверхностей оказывают наибольшее влияние на радиальное и осевое биение режущих кромок инструмента.

В проведенных исследованиях определялось влияние на точность позиционирования СМП в корпусе инструмента отклонений от плоскостности базовых граней.

Исследование плоскостности опорных граней пластин производилось по результатам измерения отклонений их реальных поверхностей от прилегающих плоскостей. По результатам измерений были построены гистограммы распределения значений отклонений от прилегающей плоскости каждой эле-

ментарной площадки. Так, на опорной поверхности было выделено 215 элементарных площадок, для которых были построены гистограммы распределения значений отклонений от плоскостности. Все гистограммы были разделены на шесть групп по их виду. Типовые гистограммы распределения значений отклонений от плоскостности каждой группы представлены на рисунке 1.

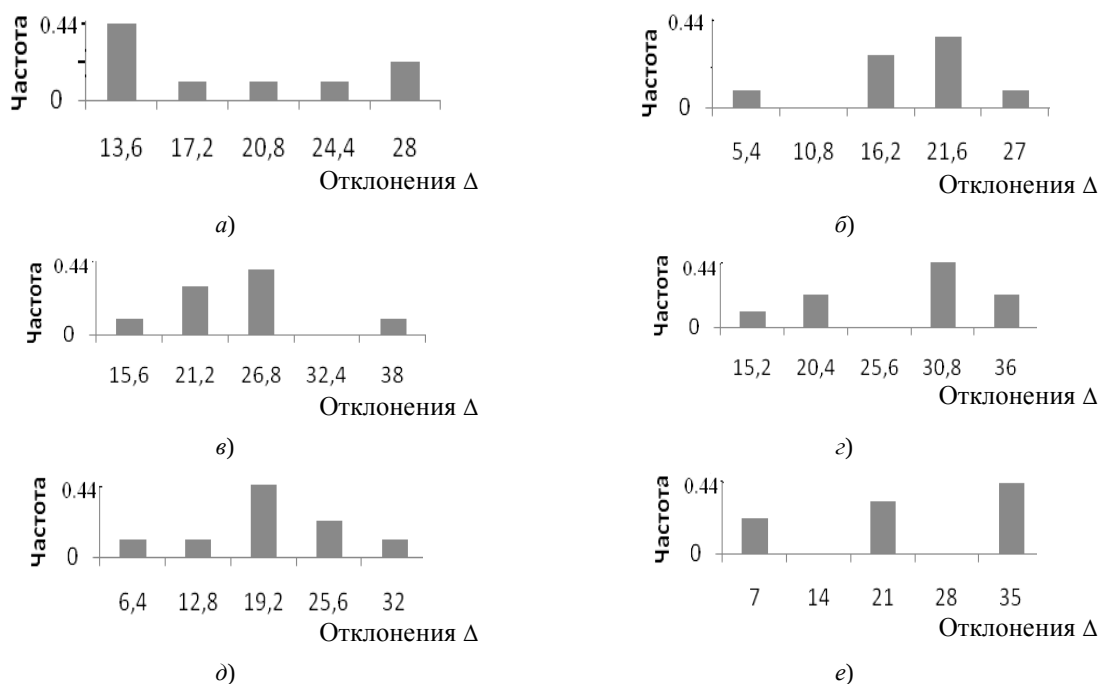


Рис. 1. Типовые гистограммы распределения значений отклонений от прилегающей плоскости

По приведенным гистограммам с заданной вероятностью 0,11; 0,22; 0,33; 0,44 определялись максимальное, минимальное и рассчитывалось среднее значения отклонений от плоскостности.

Для 1-й группы гистограмм (рис. 1, а): при вероятности 0,11 минимальное значение отклонений от плоскостности не превышало 10 мкм, максимальное – 28 мкм, а среднее – 19; при вероятности 0,22 соответственно 10; 28; и 19; при вероятности 0,33 – 10; 13,6; 5,8; при вероятности 0,44 – 10; 13,6; 5,8. Количество гистограмм 1-й группы составляло 9 % от общего числа.

Для 2-й группы гистограмм (рис. 1, б): при вероятности 0,11 минимальное значение отклонений от плоскостности равно 5,4 мкм; максимальное – 27; среднее – 16,2; при вероятности 0,22 соответственно – 10,8; 21,6; 16,2; при вероятности 0,33 – 10,8; 21,6; 16,2; при вероятности 0,44 – 16,2; 21,6; 18,9. Количество гистограмм 2-й группы составляло 24 % от общего числа.

Для 3-й группы гистограмм (рис. 1, в): при вероятности 0,11 минимальное значение отклонений от плоскостности равно 10 мкм; максимальное – 38; среднее – 24; при вероятности 0,22 соответственно – 15,6; 26,8; 21,2; при вероятности 0,33 – 15,6; 26,8; 21,2; при вероятности 0,44 – 21,2; 26,8; 24. Количество гистограмм 3-й группы составляет 26 % от общего числа.

Для 4-й группы гистограмм (рис. 1, г): при вероятности 0,11 минимальное значение отклонений от плоскостности равно 10 мкм; максимальное – 36; а среднее – 23; при вероятности 0,22 соответственно – 15,2; 36; 25,6; при вероятности 0,33 – 25,6; 30,8; 28,2; при вероятности 0,44 – 25,6; 30,8; 28,2. Количество гистограмм 4-й группы составляет 19 % от общего числа.

Для 5-й группы гистограмм (рис. 1, д): при вероятности 0,11 минимальное значение отклонений от плоскостности равно 6,4 мкм; максимальное 32; среднее – 9,2; при вероятности 0,22 соответственно – 12,8; 25,6; 19,2; при вероятности 0,33 – 19,2; 25,6; 22,4; при вероятности 0,44 – 19,2; 25,6; 22,4. Количество гистограмм 5-й группы составляет 12 % от общего числа.

Для 6-й группы гистограмм (рис. 1, е): при вероятности 0,11 минимальное значение отклонений от плоскостности равно 0; максимальное 35 мкм; а среднее – 17,5; при вероятности 0,22 соответственно 0; 35; 17,5; при вероятности 0,33 – 14; 35; 24,5; при вероятности 0,44 – 28; 35; 30. Количество гистограмм 6-й группы составляет 10 % от общего числа.

При базировании на опорную и боковые поверхности СМП были использованы математические модели точности ее позиционирования в корпусе инструмента, построенные на основе базовых плоскостей и кинематических микроперемещений [5; 6].

Результаты расчетов по полученным моделям приведены в таблице.

Точность позиционирования при заданных вероятностях

Уровни вероятности	$\delta_{\min}$, мкм	$\delta_{\max}$, мкм	$\delta_{\text{среднее}}$, мкм
0,11	21	48	34,5
0,22	21	48	34,5
0,33	29	48	38,5
0,44	35	48	41,5

Анализ результатов. Анализ обработанных поверхностей производили по виду траектории движения зубьев фрезы, с параметрами: $S_0 = 0,8$ мм/об; $D = 70$ мм; $Z = 4$.

По вышеприведенным уравнениям (1); (2) были построены траектории зубьев фрезы для случая, при котором они не имели биения (рис. 2). В результате расчетов были определены отклонения топографии поверхности от прилегающей плоскости, максимальное значение которых составило 0,14 мкм.

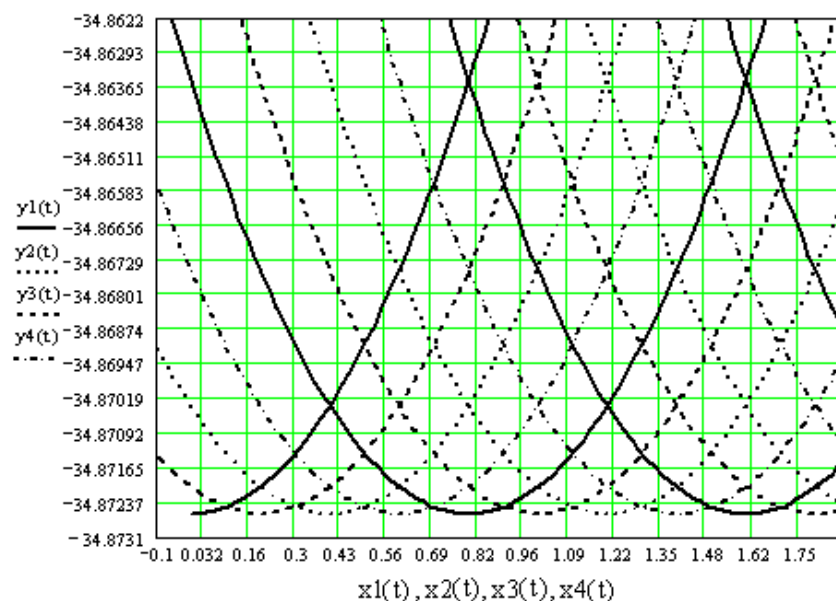


Рис. 2. Траектория зубьев фрезы без учета биения

Траектория зубьев фрезы, у которой один зуб имел радиальное биение +20 мкм (соответствующие погрешности позиционирования, см. таблицу), представлена на рисунке 3.

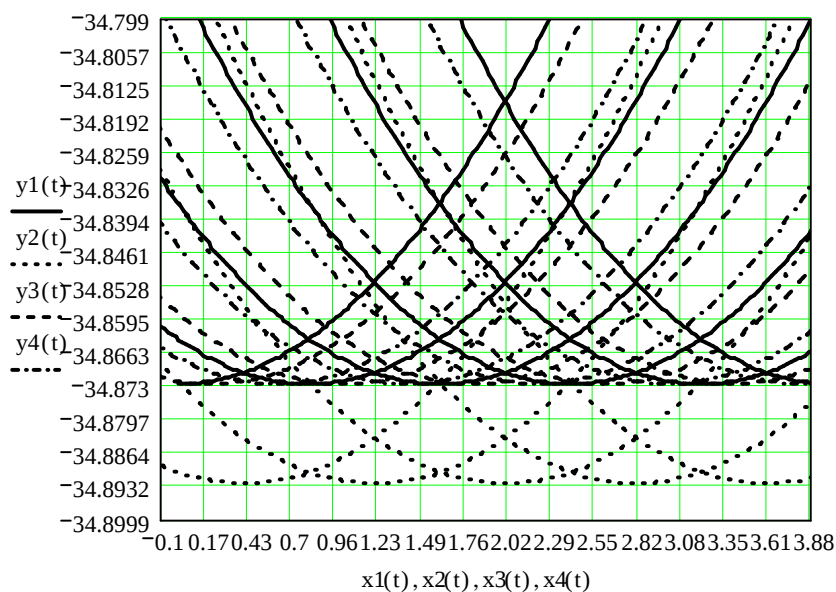


Рис. 3. Траектория зубьев фрезы с биением одного зуба +20 мкм

Расчеты показали, что максимальное значение высоты отклонения топографии поверхности от прилегающей плоскости увеличилось в 16 раз по сравнению с предыдущим вариантом. Для варианта, в котором три зуба имели радиальное биение -20 мкм, максимальное значение высоты отклонения топографии поверхности от прилегающей плоскости равнялось $2,35$ мкм.

Затем рассматривали вариант, в котором фреза имела один зуб с биением -20 мкм (рис. 4). В этом случае максимальное значение отклонения высоты топографии поверхности от прилегающей плоскости составило $0,576$ мкм.

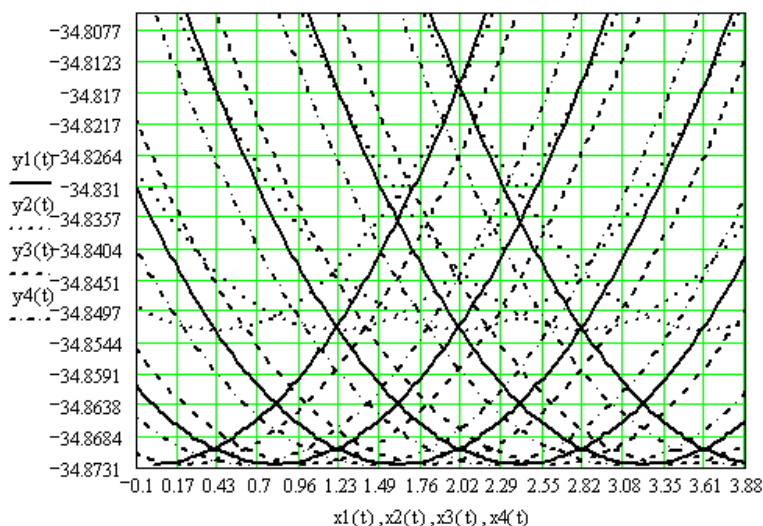


Рис. 4. Траектория зубьев фрезы с биением одного зуба -20 мкм

Результаты этого варианта аналогичны варианту, в котором три зуба имеют биение $+20$ мкм.

В четвертом расчетном варианте два рядом стоящих зуба имели биение $+20$ мкм (рис. 5). В результате максимальное значение отклонения высоты топографии поверхности от прилегающей плоскости составило $1,288$ мкм.

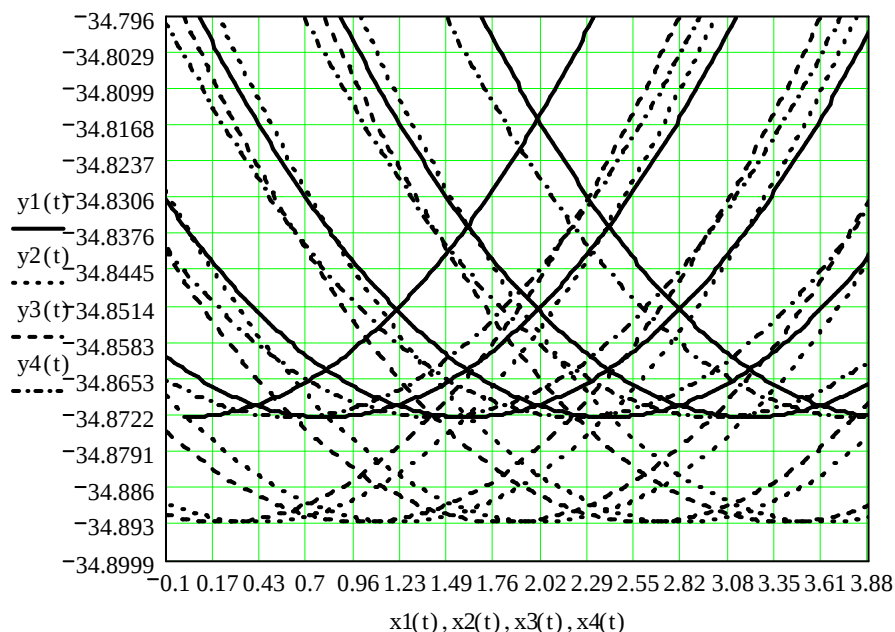


Рис. 5. Траектория зубьев фрезы:
два рядом стоящих зуба имеют биение $+20$ мкм

Следующий рассмотренный вариант – два рядом стоящих зуба имеют биение -20 мкм. Максимальное значение отклонения высоты топографии поверхности от прилегающей плоскости составило $1,3$ мкм. Этот вариант практически аналогичен тому, в котором два других зуба имеют биение $+20$ мкм.

В случае если два не рядом стоящие зуба имели биение +20 мкм, а один зуб между ними не имел погрешности, максимальное значение отклонения высоты топографии поверхности от прилегающей плоскости было равно 0,446 мкм (рис. 6).

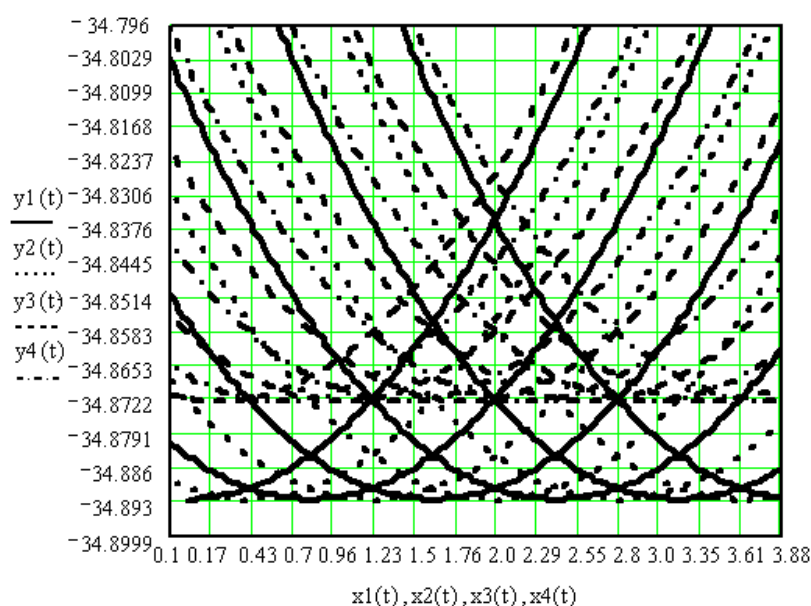


Рис. 6. Траектория зубьев фрезы:
два смежных зуба имеют биение +20 мкм

Кроме того, было исследовано влияние параметров фрезы на толщину срезаемого слоя. Результаты расчетов позволили определить толщину срезаемого слоя в зависимости от угла поворота зуба фрезы и радиального биения зубьев:

$$a_{\max} = S_z \cdot \sin(Q), \quad (3)$$

где S_z – подача на зуб фрезы, мм/зуб; Q – угол поворота зуба фрезы.

Расчетные значения изменения толщины срезаемого слоя представлены на рисунке 7.

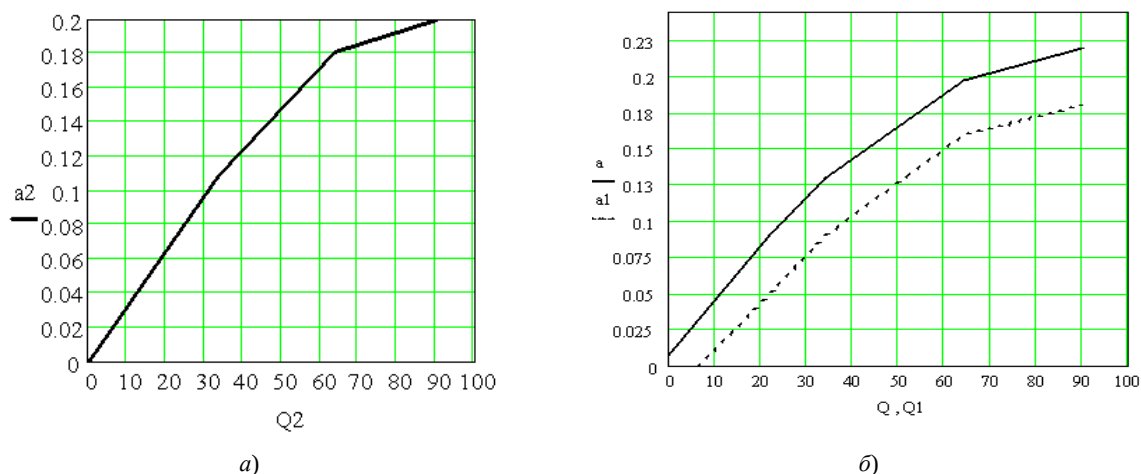


Рис. 7. Зависимость толщины срезаемого слоя от угла поворота фрезы:
а – без биения зубьев; б – с биением одного зуба

Данные рисунка 7 позволяют заключить, что при увеличении угла поворота фрезы в 9 раз толщина срезаемого слоя увеличивается в 6,6 раза (рис. 7, а). Сравнивая два графика на рисунке 7, б, можно заключить, что толщина срезаемого слоя при одном и том же угле поворота зуба фрезы, например, $Q = 10$, у фрезы с биением зубьев больше на 0,0315 мм, а при $Q = 90$ – на 0,04 мм.

Закключение. В результате проведенного исследования разработана математическая модель траектории результирующего движения зубьев фрезы, позволяющая учитывать погрешность позиционирования СМП в корпусе фрезы. Определено влияние радиального биения зубьев фрезы на максимальное значение высоты отклонения топографии поверхности от прилегающей плоскости.

Сравнивая с типовым методом определения шероховатости, при условии, если один зуб имеет радиальное биение 20 мкм, получили, что значение шероховатости отличается в 1,3 раза.

Сравнивая с типовым методом определения толщины срезаемого слоя, не учитывая радиальное биение, получили, что значение толщины срезаемого слоя отличается в 1,05 раза.

Установлено, что наибольшее влияние на максимальное значение отклонения высоты топографии поверхности от прилегающей плоскости оказывает случай одиночного радиального биения зуба.

Выявлено, что наиболее рациональным расположением СМП в корпусе фрезы является тангенциальное.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леонов, С.Л. Основы создания имитационных технологий прецизионного формообразования / С.Л. Леонов, А.Т. Некрасов. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2006. – 198 с.
2. Леонов, С.Л. Конструирование моделей для расчета шероховатости и топографии обработанных поверхностей / С.Л. Леонов, Е.Ю. Хоменко // Ползуновский вестник. – 2008. – № 1 – 2. – С. 170 – 174.
3. Леонов, С.Л. Обеспечение требуемого микрорельефа поверхности при фрезерной обработке основы для нанесения покрытия / С.Л. Леонов // Обработка металлов. – 2008. – № 1. – С. 4 – 7.
4. Михайлов, М.И. Сборный металлорежущий механизированный инструмент: Ресурсосберегающие модели и конструкции / М.И. Михайлов; под ред. Ю.М. Плескачевского. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2008. – 339 с.
5. Михайлов, М.И. К вопросу о методике моделирования кинематических поверхностей, сформированных режущим инструментом по различным схемам формообразования / М.И. Михайлов // Машиностроение: сб. науч. тр. – Минск, 2000. – Вып. 16. – С. 125 – 132.
6. Михайлов, М.И. Моделирование точности сборного механизированного инструмента / М. И. Михайлов // Современные проблемы машиноведения: тез. докл. МНТК. – Гомель, 2006. – С. 88 – 89.

Поступила 21.03.2013

THE INFLUENCE OF THE FACE MILL PARAMETERS ON THE DIMENSIONS OF THE LAYER CUT AND THE FORM OF THE SURFACE WORKED

M. MICHAÏLOV, O. LAPKO

The mathematical model of the trajectory of resulting motion of the mill teeth enabling to allow for the error of positioning the replaceable indexable insert in the mill body is developed. The influence of radial runout of the mill teeth on the maximum value of deviation of the surface topography height from superimposed plane is determined. It is established that maximum influence on maximum value of deviation of the surface topography height from superimposed plane is observed in the case of single radial runout of the tooth. It is established that most efficient positioning of the replaceable indexable insert in the mill body is tangential.