

3. *Оценка воздействия вредных химических соединений на кожные покровы и обоснование предельно допустимых уровней загрязнения кожи (методические указания) : утв. МЗ СССР 01.11.1979, № 2102–79. – М., 1980. – 22 с.*

4. *Методические указания к постановке исследований по изучению раздражающих свойств и обоснованию предельно допустимых концентраций избирательно действующих раздражающих веществ в воздухе рабочей зоны : утв. зам. гл. гос. сан. врача СССР 11.08.1980, № 2196 – 80. – М., 1980. – 18 с.*

5. *Требования к постановке экспериментальных исследований по обоснованию предельно допустимых концентраций промышленных химических аллергенов в воздухе рабочей зоны и атмосферы : утв. перв. зам. председателя госсанэпиднадзора России – зам. гл. гос. сан. врача Российской Федерации 21.10.96. – М., 1997. – 24 с.*

6. *Lim R. K. Method for evaluation of cumulation and tolerance by determination of acute and subchronic median effective doses / R. K. Lim, K. G. Rink, H. G. Glass // Arch. int. Pharmacodyn. Therap. – 1961. – Vol. 130. – P. 336–352.*

7. *Вредные вещества в промышленности : справочник : в 2 т. Т. II ; под ред. Н. В. Лазарева, Э. Н. Левиной. – Л., 1976. – С. 143–144.*

8. *Вредные вещества в промышленности : справочник : в 2 т. Т. I ; под ред. Н. В. Лазарева, Э. Н. Левиной. – Л., 1976. – С. 371–372.*

9. *Токсиколого-гігієнічний паспорт № 6140 біодизельного палива на основі ізопропілових естерів ріпакової олії / Науково-дослідний «Центр профілактичної і клінічної токсикології». – Львів. – 2007. – 4 с.*

УДК 621.923.42

Г.А. Веремей, ст. преподаватель

Черниговский национальный технологический университет, г. Чернигов, Украина

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ СЕДЛА КЛАПАНА В ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОМ МЕХАНИЗМЕ

Г.О. Веремей, ст. викладач

Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФОРМОУТВОРЕННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ПОВЕРХОНЬ СІДЛА КЛАПАНА У ГАЗОРОЗПОДІЛЬНОМУ МЕХАНІЗМІ

Hennadii Veremei, senior teacher

Chernihiv National Technological University, Chernihiv, Ukraine

THE MATHEMATICAL MODEL OF FORMATION OF THE OVERHAULED VALVE-SEAT SURFACES IN THE VALVE TIMING GEAR

Рассмотрены аналитические методы при моделировании геометрии восстанавливаемых поверхностей седла клапана в газораспределительном механизме двигателя внутреннего сгорания. Предложена математическая модель для анализа состояния рабочих изношенных поверхностей седла клапана, подлежащих обработке, с целью формирования их параметров качества при восстановительных ремонтах.

Ключевые слова: *формообразующие параметры, поверхность переменного профиля, интерполяционная схема, трехмерный анализ, двухмерный анализ, численные методы.*

Розглянуто аналітичні методи під час моделювання геометрії відновлюваних поверхонь сідла клапана у газорозподільному механізмі двигуна внутрішнього згорання. Запропонована математична модель для аналізу стану робочих зношених поверхонь сідла клапана, які підлягають обробленню, з метою формування їх параметрів якості під час ремонтів щодо відновлення.

Ключові слова: *формуєтворюючі параметри, поверхня змінного профілю, інтерполяційна схема, тривимірний аналіз, двовірний аналіз, численні методи.*

The analytical methods within geometry modelling of the overhauled valve-seat surfaces in the valve timing gear have been considered. The mathematical model to analyze the state of the working valve-seat surfaces under the wear and which are a subject to be processing for the purpose to form their parameters of quality within overhauled repairing.

Key words: *the forming parameters, the surface of the variable profile, the interpolated scheme, three-dimensional analysis, two-dimensional analysis, the numerical methods.*

Постановка проблеми. В газораспределительных механизмах (ГРМ) двигателей внутреннего сгорания (ДВС) качество сопряжения «клапан-седло» формируется следующими параметрами точности: концентричностью поверхностей D_k и D_c и их соосностью (параметр A) (рис. 1, *a*). В свою очередь, параметр A формируется следующими: соосностью тарелки клапана и его стержня (параметр B), соосностью стержня клапана и цилиндрического отверстия D_e (параметр C), соосностью фаски седла D_c и отверстия D_e (параметр E).

Одним из альтернативных методов обеспечения параметров качества седла клапана является лезвийный метод растачивания конических поверхностей профильным резцом с тремя режущими кромками, копирующими угол наклона обрабатываемых поверхностей. При этом техпроцесс выполняется по схеме (рис. 1, *б*) и состоит из двух основных операций – базирования пилота 3 по отверстию D_1 направляющей втулки 1 и операции формообразования рабочей поверхности седла клапана D_2 . Качество обработки при этом формируется параметрами точности: A, B, C, E .

Конечными звеньями данной формообразующей системы (ФС) в процессе обработки являются режущий инструмент и обрабатываемая деталь. С точки зрения моделирования ФС совокупность формообразующих точек инструмента и обрабатываемой поверхности должны иметь определенное математическое представление, которое необходимо для обеспечения результата обработки в соответствии с заданными параметрами точности.

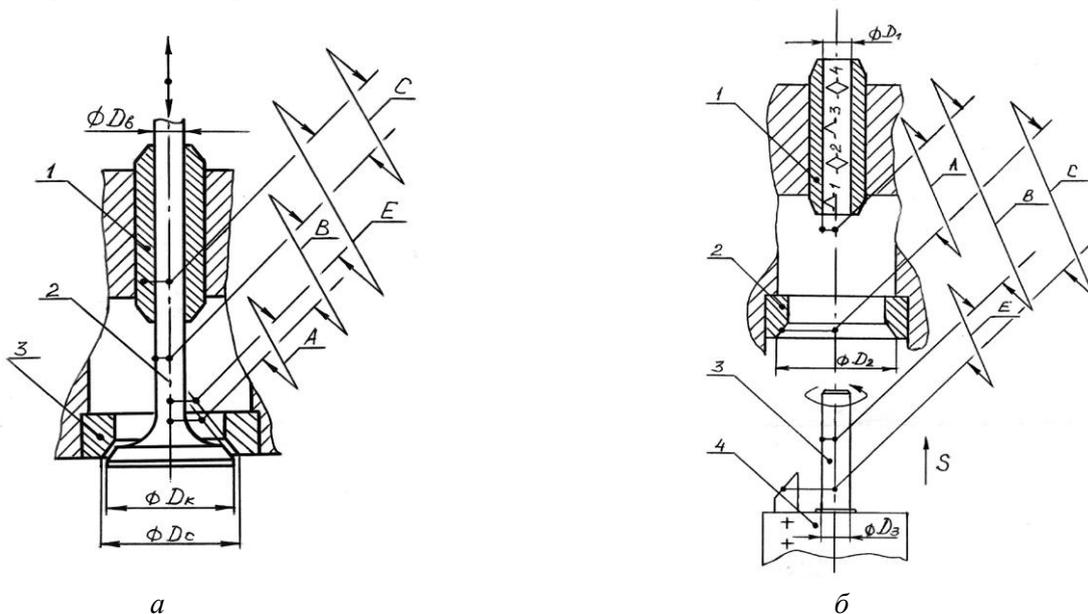


Рис. 1. Параметры точности: *a* – сопряжения поверхностей «втулка-клапан-седло»: 1 – направляющая втулка, 2 – клапан, 3 – седло клапана; *б* – в схеме обработки по направляющему пилоту: 1 – направляющая втулка, 2 – седло клапана, 3 – пилот, 4 – режущий инструмент

Особенностью рассматриваемой детали является то, что она имеет пространственно-сложную форму топографического характера – как соединение трех фасок с разной степенью износа, которые только в первом приближении (из-за неровностей) повторяют форму усеченных конусов. После обработки все фаски седла должны с заданными допусками получить коническую форму с точки зрения концентричности поперечных сечений и углов наклона каждого из трех конусов, а также иметь заданную величину шероховатости.

Анализ исследований и публикаций. Способы моделирования сложных нерегулярных поверхностей многообразны. Наиболее часто используемыми в машиностроении являются: графические, численные и аналитические.

Графические методы моделирования дают возможность исследовать поверхности посредством их визуализации в проекциях (эскизы, профили, сечения, каркасы и т. д.). Дальнейшее оперирование с такими моделями (математические преобразования, вычисление площадей, объемов, других показателей) может требовать применения дополнительных методов.

Численные модели с табличной формой представления данных о поверхности используются широко, особенно при компьютерной обработке информации (AutoCAD, MathCAD, MatLab и др.). Такие модели базируются на дискретных точках и позволяют, кроме вычислительных процедур, осуществлять графические преобразования и строить графики разных видов, однако для детального анализа сложного рельефа поверхности требуется аппроксимация данных на массивах большой размерности.

Наиболее универсальным способом моделирования пространственно-сложных объектов является аналитический, когда поверхность задается в виде функции. Такая модель имеет ряд преимуществ, поскольку позволяет получать 3D-модели (путем табулирования и ввода в компьютерные базы данных), а также применять для расчетного анализа математические и машинные методы (особенно матричные функции).

Цель статьи. Разработка модели обрабатываемой поверхности в аналитической форме, что даст возможность включить ее в формообразующую систему, использовать для настройки формообразующих параметров и перед обработкой детали, и для исследования качества обработанной поверхности.

Изложение основного материала. Общая схема обработки изношенного седла клапана с описанием конструктивно-геометрических параметров инструмента и приспособления, влияющего на качество обработки, представлены в работах [5; 2].

Для описания поверхности изношенного седла клапана предлагается [8; 9] использовать пространственное уравнение в явной форме $z = f(x, y)$. При этом аналитическая модель поверхности строится в виде обобщенного полинома

$$Q(x, y) = \sum_{k=1}^n c_k \cdot \varphi_k(x, y), \quad (1)$$

где c_1, c_2, \dots, c_n – коэффициенты, подлежащие определению; $\varphi_1(x, y), \dots, \varphi_n(x, y)$ – система базисных функций из некоторого функционального пространства, удовлетворяющая необходимым условиям непрерывности и гладкости.

Для более точной настройки модели будем использовать интерполяционную схему, когда функция $z = f(x, y)$ и полином $Q(x, y)$ совпадают на заданной системе точек в области S (как круговом кольце с внешним и внутренним радиусами седла клапана):

$$Q(x_i, y_i) = f(x_i, y_i) = z_i, \quad i = 1, \dots, n. \quad (2)$$

Систему точек для построения обобщенного полинома можно задавать путем снятия профилограмм и их оцифровки с шагом, необходимым для учета неровностей обрабатываемой поверхности. Чем больше точек области S будет использовано для моделирования, тем более качественной будет модель.

Неизвестные параметры c_1, c_2, \dots, c_n модели находятся из системы линейных уравнений [1]:

$$z_i = \sum_{k=1}^n c_k \cdot \varphi_k(x_i, y_i), \quad i = 1, \dots, n, \quad (3)$$

где (x_i, y_i, z_i) – исходные точки обрабатываемой поверхности из области S .

Система (3) имеет единственное решение, когда ее определитель не нулевой:

$$\Delta = \begin{vmatrix} \varphi_1(x_1, y_1) & \varphi_2(x_1, y_1) & \dots & \varphi_n(x_1, y_1) \\ \varphi_1(x_2, y_2) & \varphi_2(x_2, y_2) & \dots & \varphi_n(x_2, y_2) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \varphi_1(x_n, y_n) & \varphi_2(x_n, y_n) & \dots & \varphi_n(x_n, y_n) \end{vmatrix} \neq 0. \quad (4)$$

Чтобы модель максимально учитывала особенности обрабатываемой поверхности, систему базисных функций необходимо подобрать таким образом, чтобы они в точности описывали процесс, приведший к износу седла клапана. В рамках данной темы поиск таких функций (в виде краевой задачи математической физики) не предусматривается. Поэтому с учетом топографических особенностей обрабатываемой детали [8; 9] в качестве базисных предлагается использовать функции (квадрики), применяемые для описания нерегулярных поверхностей и обеспечивающие выполнение условия (4):

$$\varphi_k(x, y) = \sqrt{(x - x_k)^2 + (y - y_k)^2} + A_\varphi, \quad (5)$$

где A_φ – параметр, который влияет на кривизну моделируемой поверхности и может быть задан как экспериментально обоснованная константа ($A_\varphi \geq 0$).

Вычисление определителя (4) и решение системы линейных уравнений (3) осуществляются с помощью матричных функций системы MathCAD [4].

Пространственная модель (1) может быть использована для дальнейшего трехмерного анализа степени износа седла и настройки параметров перед обработкой поверхности. Для этого можно исследовать экстремумы (минимумы и максимумы) исходной поверхности для каждой из фасок (A, B, C) по точкам $(x, y) \in S$:

$$Q_{\min}^{A,B,C} = \min \left[\varphi(x_i, y_i) \right], \quad Q_{\max}^{A,B,C} = \max \left[\varphi(x_i, y_i) \right], \quad i = 1, \dots, n. \quad (6)$$

На найденных точках минимума (x_j, y_j) ($j = 1, \dots, k$) для каждой фаски можно вычислить значения $Z_{\min}^{A,B,C}$ базовой обработанной поверхности из общего уравнения прямого кругового конуса

$$Z_{\min}^{A,B,C} = \min \left[\varphi(x_i, y_i) \right], \quad Z(x, y) = p \cdot \sqrt{x^2 + y^2}, \quad (7)$$

где p – параметр, определяемый для каждой из фасок (рис. 1, а), исходя из стандартов формообразующих параметров готового седла клапана:

$$p_A = \frac{(R_1 - R_0) \cdot \operatorname{tg} \alpha_1}{R_1}, \quad p_B = \frac{(R_2 - R_1) \cdot \operatorname{tg} \alpha_2}{R_1}, \quad p_C = \frac{(R_3 - R_2) \cdot \operatorname{tg} \alpha_3}{R_2}. \quad (8)$$

Решение о возможности и целесообразности обработки детали может быть принято при обнаружении более глубоких, чем $Z_{\min}^{A,B,C}$, впадин на исходной поверхности хотя бы для одной из фасок седла (A, B, C), т. е. когда

$$Q_{\min}^{A,B,C} < Z_{\min}^{A,B,C}. \quad (9)$$

Если изношенное седло пригодно для обработки, то может быть определено максимальное отклонение пиков и впадин по всей обрабатываемой поверхности (1):

$$\Delta_{\max}^Q = \max_{A,B,C} \left[\varphi_{\max}^{A,B,C} - Q_{\min}^{A,B,C} \right], \quad (10)$$

что позволяет подобрать оптимальный общий припуск на обработку, когда базовая поверхность соприкасается с обрабатываемой (чтобы не срезать лишний материал):

$$Z_{\text{общ}} = \Delta_{\max}^Q. \quad (11)$$

Трехмерный анализ дает возможность с высокой степенью точности контролировать параметры шероховатости, поскольку на любых точках заданной области S можно определить функцию отклонения $r(x, y)$ обрабатываемой поверхности (1) от базовой (7):

$$r(x, y) = Q(x, y) - Z(x, y). \quad (12)$$

Тогда средняя R_a и среднеквадратическая R_q шероховатости в соответствии со стандартами ISO-4287 [3] могут рассчитываться в аналитическом виде:

$$R_a = \frac{1}{S} \iint_S |r(x, y)| dx dy, \quad R_q = \sqrt{\frac{1}{S} \iint_S r^2(x, y) dx dy}. \quad (13)$$

Двухмерный анализ предполагает использование сечений, получаемых пересечением 3D-модели обрабатываемой поверхности заданными плоскостями. В общем случае за секущую можно принять плоскость общего положения, тогда линия пересечения ее с поверхностью (1) определяется системой уравнений

$$\begin{cases} A_1 x + B_1 y + C_1 z + D_1 = 0 \\ z = Q(x, y). \end{cases} \quad (14)$$

Решение системы (14) возможно с помощью любого из численных [1] методов (итераций, метод Ньютона и др.), однако более эффективным, с точки зрения компьютерной реализации, является переход от алгебраической задачи к дифференциальной [7]. Для этого систему можно привести к одному нелинейному уравнению

$$F(x, y) = A_1 x + B_1 y + C_1 Q(x, y) + D_1 = 0, \quad (15)$$

где функция линии пересечения $y(x)$ содержится в неявном виде, а ее производная имеет вид

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{F'_x(x, y)}{F'_y(x, y)} = \Phi(x, y). \quad (16)$$

Задав начальное приближение для искомой линии в неявном виде ($y_0 = y(x_0)$, $z_0 = z(x_0)$) и используя для численного решения (15) метод Рунге-Кутты [4], имеем уравнение кривой в пространстве

$$\begin{cases} y = y(x) \\ z = z(x). \end{cases} \quad (17)$$

Если в системе (14) применять вертикальные секущие плоскости, проходящие через ось Oz (когда $C_1 = D_1 = 0$), можно строить семейство плоских кривых (17) вида $z = z(x)$ в координатах профиля и использовать их для контроля конусности зоны резания. Построив на j -том шаге обработки (рис. 2, б) по точкам данной кривой $z_i = z(x_i)$ ($i=1, \dots, n$) линейную регрессию [4] для каждой из фасок (А, В, С), можно получить уравнение прямой:

$$z^{A,B,C}(x) = x \cdot \operatorname{tg} \alpha^{A,B,C} + b^{A,B,C}, \quad (18)$$

где $\operatorname{tg} \alpha^{A,B,C}$ – угловой коэффициент прямой.

Тогда через определение погрешности в углах наклона построенной и базовой прямой можно оценить отклонения зоны резания от конусности для каждой из фасок седла на j -том шаге обработки:

$$\Delta \alpha^{A,B,C} = \arctg(\operatorname{tg} \alpha^{A,B,C}) - \alpha_{1,2,3}. \quad (19)$$

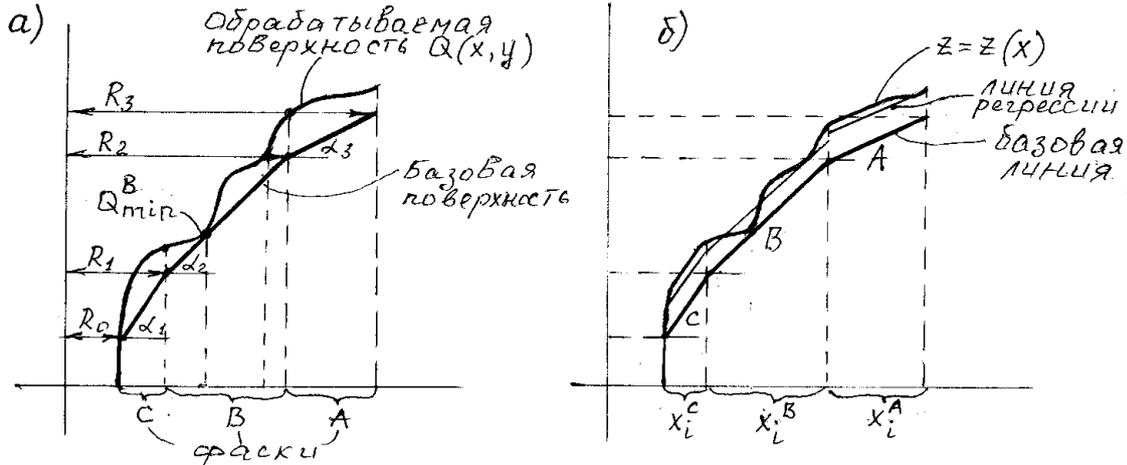


Рис. 2. Профиль обрабатываемой поверхности: а – перед обработкой; б – на j-том шаге обработки

Для анализа концентричности (округлости) фасок в первом уравнении системы (14) используется горизонтальная плоскость ($A_1 = B_1 = 0, z = const$), что позволяет построить в координатах профиля семейство плоских кривых вида $y = y(x)$. Каждая такая плоская кривая может быть исследована на округлость путем расчета отклонений точек кривой от базовой окружности (например, через построение нелинейной регрессии [4]). Однако, если в процессе обработки расчетная среднеквадратическая погрешность практически не меняется, установить причины, используя такой метод, сложнее. Поэтому предлагается использовать фрагментарный подход – через построение вспомогательных окружностей (внутренней и внешней), описанных около треугольников.

Для этого (путем перебора или с помощью функций [4]) выбираются три точки наиболее близко расположенные от начала координат $O(x_0, y_0)$ (базового центра) и три максимально удаленные от $O(x_0, y_0)$ точки (рис. 3, а). Через близлежащие точки $A_m(x_1^m, y_1^m), B_m(x_2^m, y_2^m), C_m(x_3^m, y_3^m)$ строится внутренняя описанная окружность, через более удаленные точки $A_M(x_1^M, y_1^M), B_M(x_2^M, y_2^M), C_M(x_3^M, y_3^M)$ – внешняя описанная окружность.

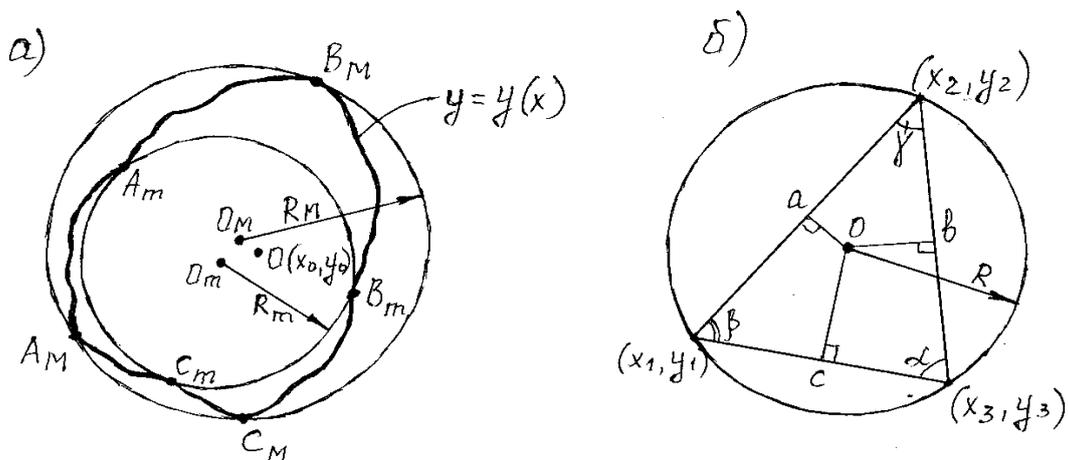


Рис. 3. Схема построения описанных окружностей: а – выбор характерных точек; б – определение радиуса

Для вычисления внешнего R_M и внутреннего R_m радиусов описанных окружностей можно использовать теоремы синусов и косинусов для треугольников, составленных из выбранных точек [1]. Для треугольника (рис. 3, б) формулы имеют вид:

$$R = \frac{c}{\sqrt{1 - \cos^2 \gamma}}, \quad (20)$$

где $a = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$; $b = \sqrt{(x_3 - x_1)^2 + (y_3 - y_1)^2}$; $c = \sqrt{(x_3 - x_2)^2 + (y_3 - y_2)^2}$;
 $\cos \gamma = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab}$.

Тогда расчет радиального разброса

$$\Delta R = R_M - R_m \quad (21)$$

позволяет оценить степень подобия кривой $y = y(x)$ на окружность. На начальной стадии обработки такой разброс в радиусах может быть значительным из-за топографических особенностей обрабатываемой поверхности, на завершающем же этапе R_M и R_m должны по допуску соответствовать радиусу фаски. Если ΔR не уменьшается и в конце обработки, причиной этому может быть биение шпинделя, что нарушает округлость фасок седла, приводит к волнистости и даже овальности зоны резания (с полуосями, образованными малым R_m и большим R_M).

Поэтому в процессе обработки необходимо анализировать не только изменения в радиусах, но и перемещение центров внешней и внутренней описанных окружностей (и между собой, и по отношению к базовому центру).

Центр описанной около треугольника окружности является точкой пересечения серединных перпендикуляров к его сторонам (рис. 3, б). Для расчета координат центра можно использовать систему линейных уравнений вида:

$$\begin{cases} (x_1 - x_2)(x - \frac{x_1 + x_2}{2}) + (y_1 - y_2)(y - \frac{y_1 + y_2}{2}) = 0 \\ (x_2 - x_3)(x - \frac{x_2 + x_3}{2}) + (y_2 - y_3)(y - \frac{y_2 + y_3}{2}) = 0 \end{cases}, \quad (22)$$

решение которой даст возможность вычислить координаты центров внешней $O_M(x_M, y_M)$ и внутренней $O_m(x_m, y_m)$ окружностей.

Тогда расчет максимального отклонения полученных центров O_M или O_m от базового $O(x_0, y_0)$ позволит оценить степень несоосности систем координат при обработке седла клапана.

Выводы. Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что предложенная модель может быть включена (через матричные приложения) в состав формообразующей системы «станок-приспособление-инструмент-деталь» в технологическом процессе обработки изношенного седла клапана методом копирования с использованием лезвийного инструмента профильного типа. Это позволит, используя методы компьютерного анализа и оптимизации, контролировать изменения параметров формообразования и качество обработки в экспериментальной части проведения исследований.

Список использованных источников

1. *Бронштейн И. Н.* Справочник по математике / И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев. – М. : Наука, 1981. – 720 с.
2. *Веремей Г. А.* Методы повышения качества поверхностей сопряжения деталей в двигателях внутреннего сгорания / Г. А. Веремей // *Вісник Чернігівського державного технологічного університету* : збірник. – Чернігів : ЧДТУ, 2011. – № 3 (51). – С. 79–83.
3. *Допуски и посадки* : справочник / под ред. В. Д. Мягкова. – Л. : Машиностроение, 1982. – Ч. 2. – 447 с.

4. Дьяконов В. МATHCAD 8/2000 : специальный справочник / В. Дьяконов. – СПб. : Питер, 2000. – 592с.

5. Кальченко В. И. Технологические методы достижения точности сопряжения «клапан-седло» в двигателе внутреннего сгорания / В. И. Кальченко, В. В. Кальченко, Г. А. Веремей // Вісник СевНТУ : зб. наук. пр. Серія «Машиноприладобудування та транспорт». – Севастополь, 2011. – Вип. 121/2011. – С. 18–21.

6. Решетов Д. Н. Точность металлорежущих станков / Д. Н. Решетов, В. Т. Портман. – М. : Машиностроение, 1986. – 336 с.

7. Турчак Л. И. Основы численных методов : учебное пособие / Л. И. Турчак. – М. : Наука, 1987. – 320 с.

8. Carlson R. E., Foley T. A. The parameter R^2 in multiquadric interpolations. Comp. Math. Applic. – 1991. – 21 (9). – P. 29–42.

9. Hardy R. L. Multiquadric equations of topography and other irregular surfaces. J. Geoph. Res., 76 (1971), P. 1905–1915.

УДК 621.9.2

І.А. Бойко, магістр

В.В. Солоха, канд. техн. наук

Л.Й. Івченко, д-р техн. наук

Запорізький національний технічний університет, м. Запоріжжя, Україна

ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ ПОВОРОТНОГО СТОЛА 5-КООРДИНАТНОГО ОБРОБНОГО ЦЕНТРУ

И.А. Бойко, магистр

В.В. Солоха, канд. техн. наук

Л.Й. Ивченко, д-р техн. наук

Запорожский национальный технический университет, г. Запорожье, Украина

ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОВОРОТНОГО СТОЛА 5-КООРДИНАТНОГО ОБРАБАТЫВАЮЩЕГО ЦЕНТРА

Ihor Boiko, master

Vasyl Solokha, PhD in Technical Sciences

Leonid Ivshchenko, Doctor of Technical Sciences

Zaporizhzhya National Technical University, Zaporizhzhya, Ukraine

DYNAMIC ANALYSIS OF 5-AXIS MILLING CENTRE TURNTABLE

Проведено динамічний аналіз двох положень поворотного стола 5-координатного обробного центру. Визначено шість ведучих частот і форм власних коливань, що лежать у діапазоні від 150 до 500 Гц. У результаті моделювання зміни жорсткості підвищенням і зниженням модуля пружності елементів системи в два рази визначено, що найбільший вплив на ЧВК чинять міст і каретка. Моделювання комплексного збільшення жорсткості моста і каретки показало можливість підвищення частоти власних коливань (ЧВК) до 30 %, при цьому відбувається зменшення переміщень центру поворотного стола, що впливають на точність і якість оброблення.

Ключові слова: модальний аналіз, частота власних коливань, амплітуда.

Проведен динамический анализ двух положений поворотного стола 5-координатного обрабатывающего центра. Определено шесть ведущих частот и форм собственных колебаний, лежащих в диапазоне от 150 до 500 Гц. В результате моделирования изменения жесткости повышением и уменьшением модуля упругости элементов системы в два раза определено, что наибольшее влияние на частоту собственных колебаний оказывают мост и каретка. Моделирование комплексного увеличения жесткости моста и каретки показало возможность повышения частоты собственных колебаний до 30 %, при этом происходит уменьшение перемещений центра поворотного стола, влияющих на точность и качество обработки.

Ключевые слова: модальный анализ, частота собственных колебаний, амплитуда.

Dynamic analysis of two provisions of the five coordinate machining centres rotary table is carried out. Six defined leading frequencies and forms of the natural vibrations lying in the range from 150 to 500 Hz. As a result of rigidity change simulation by increase and decrease of system elements elastic modulus twice defined that the bridge and the carriage have the greatest impact on the frequency of natural vibrations. Modeling complex increase the rigidity of the bridge and carriage showed the possibility of increasing the frequency of natural vibrations up to 30%, with decreases movement of rotary table center, affecting the accuracy and quality of finish.

Key words: modal analysis, frequency of natural vibrations, amplitude.