

УДК 621.74+004.93

DOI: 10.15587/2313-8416.2017.101975

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ПОРШНЕЙ ДЕТАЛЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПО КРИТЕРИЮ «СМЕЩЕНИЕ ОСИ ОТВЕРСТИЯ ОТНОСИТЕЛЬНО ОСИ ПОРШНЯ»

© П. С. Пензєв, А. А. Пуляєв, М. С. Гулага, В. А. Власюк, Д. Н. Макаренко

В результате исследования установлено классифицирующее правило, позволяющее определить, относится ли поршень к классу годного, или к классу брака по критерию «смещение оси отверстия относительно оси поршня». Полученное классификационное правило имеет вид линейной дискриминантной функции и может быть применено в системах поддержки принятия решений при выборе проектно-конструкторских решений в рамках компьютерно-интегрированной технологии проектирования литых поршней

Ключевые слова: поршень, система поддержки принятия решений, классификационное правило

1. Введение

Современные подходы к созданию машин требуют максимально возможного согласования в части конструкторской и технологической подготовки производства. Так, очевидно, что как бы глубоко ни были проработаны конструкции машин [1, 2] или выполнено компьютерное или натурное моделирование эффективности конструкций [3, 4], не учет технологических факторов приводит к тому, что реальные показатели ниже проектных [5, 6].

Поэтому актуальным является использование специальных методов исследования, позволяющих согласовывать конструкторскую и технологическую части при компьютерно-интегрированной подготовке производства деталей двигателей внутреннего сгорания (ДВС).

2. Анализ литературных данных

Литые детали ДВС должны рассматриваться как детали типовой технологии литейного производства, компьютерно-интегрированное проектирование которых, независимо от вида литья, предполагает разработку 3D-модели и последующее компьютерное моделирование процессов заполнения формы и кристаллизации [7, 8]. Приоритетным для создания соответствующего нового программного обеспечения или задания условий корректного использования существующих программных продуктов, является математическое обеспечение конструкторско-технологической подготовки производства [9, 10]. В числе таких методов – методы распознавания образов [11, 12]. С их помощью можно классифицировать литые поршни по тем или иным геометрическим критериям.

3. Цель и задачи исследования

Целью исследования является получение классифицирующего правила, позволяющее определить, относится ли поршень к классу годного, или к классу брака по критерию «смещение оси отверстия относительно оси поршня».

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- определить параметры пространства признаков, существенно влияющих на классификацию;
- выбрать вид классифицирующего правила для системы поддержки принятия решений при выборе проектно-конструкторских решений в рамках компьютерно-интегрированной технологии проектирования литых поршней.

4. Методы исследования

Для исследования применялись параметрические методы классификации, суть которой описана в работах [13, 14], а опыт применения для изготовления литых деталей, в том числе ДВС, – в работах [15, 16]. Данные методы основаны на следующей процедуре. Если m^A и m^B – математические ожидания вектора X для классов A и B , и ковариационные матрицы распределения вектора X для классов A и B равны ($cov^A(X) = cov^B(X)$), плотности распределения вероятностей $p_A(X)$ и $p_B(X)$ могут быть представлены в виде:

$$p_A(X) = ke^{\left(-\frac{1}{2}(x-m^A)'cov^{-1}(x)(x-m^A)\right)},$$

$$p_B(X) = ke^{\left(-\frac{1}{2}(x-m^B)'cov^{-1}(x)(x-m^B)\right)}, \quad (1)$$

где k – постоянный множитель.

Общий вид классифицирующего правила:

$$x^j \in A \text{ если } F(A|x^j) \geq y_0,$$

$$x^j \in B \text{ если } F(B|x^j) < y_0. \quad (2)$$

где $F(x^j)$ – дискриминантная функция, определяемая по уравнению (3), а y_0 – пороговое значение дискриминантной функции.

Общий вид правила:

$$F(x) = x'cov^{-1}(x)(m^A - m^B) =$$

$$= \frac{1}{2}(m^A + m^B)'cov^{-1}(x)(m^A - m^B) - \ln \frac{P(A)}{P(B)}. \quad (3)$$

5. Результаты параметрической классификации поршней по критерию «смещение оси отверстия относительно оси поршня»

Показателями размерной точности поршней, позволяющими отнести их к годному или браку, являются диаметр базового пояска, биение диаметра базового пояска относительно оси головки поршня, высота торца базового пояска от торца головки, диаметр отверстия под палец, конусообразность и овальность отверстия под палец, смещение оси отверстия относительно оси поршня и др. конструктивные параметры. Некоторые из них, при несоответствии заданным раз-

мерам, могут не только формировать брак, но и вызывать поломки режущего инструмента, снижать надёжность металлообрабатывающего оборудования. Для анализа этих параметров необходимо на основе их измерений по партии готовых деталей определять статистические характеристики – математическое ожидание (M) и его среднеквадратическое отклонение (S). На основании полученных результатов определяется фактическая доля брака и годного.

В табл. 1 приведены некоторые показатели точности изготовления поршней на автоматической линии и фактическая величина брака.

Таблица 1

Некоторые показатели точности изготовления поршней на автоматической линии и фактическая величина брака

Конструктивный параметр	Поле допуска $\pm \delta$, мм	Расчётные статистические характеристики		Доля брака, %
		M, мм	S, мм	
Диаметр базового пояска	$\pm 0,0095$	72,02	0,008	50
Биевание диаметра базового пояска относительно оси головки поршня	$\pm 0,0215$	0,012	0,017	4
Высота торца базового пояска от торца головки	$\pm 0,05$	83,911	0,029	8,3
Диаметр отверстия под палец	$\pm 0,005$	21,992	0,0014	0
Конусообразность отверстия под палец	$\pm 0,0025$	0,0001	0,0009	0
Овальность отверстия под палец	$\pm 0,0025$	0,0013	0,0009	0
Смещение оси отверстия относительно оси поршня	$\pm 0,1$	1,452	0,061	18,9

Решим эту задачу применительно к параметру качества «Смещение оси отверстия относительно оси поршня» («дезаксис»). Из табл. 1 видно, что технологический процесс обеспечивает величину брака по заданному параметру 18,9 %. Будем считать, что увеличение этого показателя недопустимо. Если же это происходит, необходимо установить, по каким причинам оно произошло. Проанализировав конструкцию поршня, можно прийти к выводу, что основными факторами, определяющими взаимное расположение осей, являются положение оси отверстия под палец на отливке (т. е. после её извлечения из кокиля) и на готовой детали после механической обработки. Положение осей отверстий задаётся полем допуска соответственно для отливки и готовой детали. Конечное положение оси отверстия под палец в готовой детали формируется за счёт отклонения оси отверстия на отливке и в процессе механической обработки. Фактическое положение оси отверстия на отливке определяется степенью износа элементов оснастки, кокиля, случайными погрешностями при сборке кокиля и установке стержней и т. п. Фактическое положение оси отверстия на детали определяется в основном погрешностью настройки станка и износом режущего инструмента. После построения размерной цепи нетрудно увидеть, что наиболее существенными факторами, позволяющими идентифицировать причину брака, является фактическая величина дезакси-

ала на готовой детали и фактический радиус отверстия в отливке после её извлечения из кокиля.

Для выявления причины фактических отклонений исследуемого параметра от заданного значения необходимо провести обмеры его фактической величины на готовых деталях «поршень» и расстояния от оси поршня до крайней точки отверстия в отливке «поршень». На основании этих результатов расчётом размерных цепей получены фактические отклонения оси отверстия под палец в отливке от оси поршня и отклонения оси отверстия в детали «поршень» от оси поршня (табл. 2).

Из табл. 2 видно, что при некоторых наборах значений X_1 и X_2 доля брака превышает установленную величину. Следовательно, необходимо построить границу, отделяющую годные поршни от бракованных. График распределения значения дискриминантной функции приведен на рис. 1.

Уравнение, описывающее граничное значение, имеет вид:

$$5,8024X_1 - 5,7286X_2 = -0,3708. \quad (4)$$

Графически это уравнение описывается прямой в координатах « X_1 – X_2 », отделяющей наборы значений параметров пространства признаков, характеризующих брак от набора факторов, характеризующих годное.

Таблица 2

Фактические положения осей отверстия под палец в отливке и в детали «поршень» и величина брака

Номер поршня	Отклонение оси отверстия в отливке от оси поршня (X_1)	Отклонение оси отверстия в детали от оси поршня (X_2)	Фактический процент брака
1	0,5	0,56	25,52
2	0,2	0,44	10,04
3	-0,1	0,13	31,08
4	-0,2	-0,22	11,45
5	0,4	0,58	11,45
6	0,6	0,72	13,6
7	0,1	0,045	20,95
8	0	0,03	13,6
9	0,3	0,21	43,33
10	0,7	0,7	50,04
11	-0,4	-0,24	43,33
12	-0,4	-0,595	90,82
13	0,5	0,35	50,04
14	-0,2	-0,28	13,6
15	0,2	0,27	13,6
16	0	0,24	16,86
17	0,1	0,28	31,08
18	0,4	0,325	20,95
19	0,7	0,48	87,9
20	-0,1	-0,1	16,85

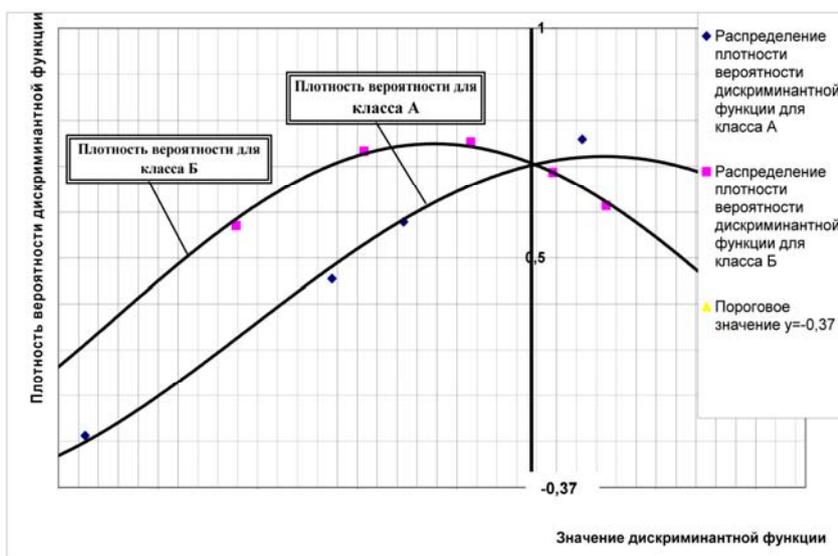


Рис. 1. Распределение дискриминантной функции для классов А и В: класс А – годное, класс В – брак

6. Обсуждение результатов

Полученная линейная дискриминантная функция позволяет классифицировать поршни как годные или как брак, задавая в качестве параметров пространства признаков отклонение оси отверстия в отливке от оси поршня (X_1) и отклонение оси отверстия в детали от оси поршня (X_2). Такой способ классификации может быть использован при оценке качества технологического процесса изготовления литых поршней ДВС или для систем поддержки принятия решений (СППР) при управлении технологическими процессами литья поршней в кокиль. Учитывая, что параметрические методы классификации не всегда позволяют проводить качественную классификацию, необходимо использовать модифицированные методы, например основанные на использовании методов

планирования экспериментов, как описано в работе [17]. Это может быть направлением развития данного исследования.

7. Выводы

Показано, что для повышения качества изготовления литых поршней ДВС необходимо использовать систему поддержки, основанную на использовании классифицирующего правила в виде линейной дискриминантной функции. Полученная линейная дискриминантная функция позволяет классифицировать поршни как годные или как брак, задавая в качестве параметров пространства признаков отклонение оси отверстия в отливке от оси поршня (X_1) и отклонение оси отверстия в детали от оси поршня (X_2).

Литература

1. Самородов, В. Б. Основные параметры гидрообъемно-механических трансмиссий, работающих по схеме “дифференциал на выходе” [Текст] / В. Б. Самородов, А. И. Бондаренко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – Т. 3, № 7 (57). – С. 4–12. – Режим доступа: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/4049>
2. Самородов, В. Б. Основные параметры гидрообъемно-механических трансмиссий, работающих по схеме “дифференциал на входе” [Текст] / В. Б. Самородов, А. И. Бондаренко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – Т. 2, № 7 (56). – С. 21–24. – Режим доступа: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/3753>
3. Самородов, В. Б. Результаты экспериментального исследования процесса торможения колесного трактора «FENDT 936 VARIO» [Текст] / В. Б. Самородов, А. И. Бондаренко // Технологический аудит и резервы производства. – 2014. – Т. 3, № 2 (17). – С. 54–59. – Режим доступа: <http://journals.uran.ua/tarp/article/view/26215>
4. Самородов, В. Б. Результаты моделирования процесса разгона трактора-аналога «БЕЛАРУС 3022 ДВ» с гидрообъемно-механической трансмиссией [Текст] / В. Б. Самородов, А. И. Бондаренко // Технологический аудит и резервы производства. – 2013. – Т. 2, № 1 (10). – С. 11–15. – Режим доступа: <http://journals.uran.ua/tarp/article/view/12950>
5. Акимов, О. В. Анализ погрешностей формообразования отливок колес турбин турбокомпрессоров для наддува ДВС на этапе изготовления их восковых моделей [Текст] / О. В. Акимов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2003. – № 3 (3). – С. 16–24. – Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vejpte_2003_3_4
6. Акимов, О. В. Повышение качества литых деталей ДВС: учет технологических аспектов автоматизированного литейного производства [Текст] / О. В. Акимов, О. С. Коваль, А. А. Пуляев, Е. П. Дымко, Т. А. Егоренко, С. В. Высоцкий // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – Т. 6, № 1 (78). – С. 56–62. doi: 10.15587/1729-4061.2015.56039
7. Сапегина, Е. Н. Использование компьютерно-интегрированных технологий проектирования в литейном производстве [Текст] / Сапегина, Е. Н. // Технологический аудит и резервы производства. – 2012. – Т. 5, № 2 (7). – С. 61–62. – Режим доступа: <http://journals.uran.ua/tarp/article/view/4850>
8. Насырова, В. А. Выявление резервов повышения качества корпусных отливок на основе компьютерно-интегрированного проектирования оснастки [Текст] / В. А. Насырова // Технологический аудит и резервы производства. – 2013. – Т. 6, № 2 (14). – С. 41–43. – Режим доступа: <http://journals.uran.ua/tarp/article/view/19531>
9. Дёмин, Д. А. Типизация математического описания в задачах синтеза оптимального регулятора технологических параметров литейного производства [Текст] / Д. А. Дёмин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – Т. 1, № 4 (67). – С. 43–56. doi: 10.15587/1729-4061.2014.21203
10. Дёмин, Д. А. Адаптивное моделирование в задаче поиска оптимального управления термовременной обработкой чугуна [Текст] / Д. А. Дёмин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – Т. 6, № 4 (66). – С. 31–37. – Режим доступа: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/19453/17110>
11. Фразе-Фразенко, О. Алгоритм навчання нейронної мережі при розпізнаванні зображень [Текст] / О. Фразе-Фразенко // Технологический аудит и резервы производства. – 2012. – Т. 4, № 1 (6). – С. 33–34. – Режим доступа: <http://dspace.oneu.edu.ua/jspui/handle/123456789/259>
12. Unglert, K. Principal component analysis vs. self-organizing maps combined with hierarchical clustering for pattern recognition in volcano seismic spectra [Text] / K. Unglert, V. Radic, A. M. Jellinek // Journal of Volcanology and Geothermal Research. – 2016. – Vol. 320. – P. 58–74. doi: 10.1016/j.jvolgeores.2016.04.014
13. Дёмин, Д. А. Принятие решений в процессе управления электроплавкой с учетом факторов нестабильности технологического процесса [Текст] / Д. А. Дёмин // Вестник НТУ “ХПИ”. – 2010. – № 17. – С. 67–72.
14. Дёмин, Д. А. Идентификация чугуна для определения рациональных режимов легирования [Текст] / Д. А. Дёмин, А. Б. Божко, А. В. Зрайченко, А. Г. Некрасов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2006. – Т. 4, № 1 (22). – С. 29–32.
15. Васенко, Ю. А. Совершенствование технологии получения износостойкого чугуна [Текст] / Ю. А. Васенко // Технологический аудит и резервы производства. – 2012. – № 1 (3). – С. 17–21. – Режим доступа: <http://journals.uran.ua/tarp/article/viewFile/4870/4521>
16. Пономаренко, О. И. Компьютерное моделирование процессов кристаллизации как резерв повышения качества поршней ДВС [Текст] / О. И. Пономаренко, Н. С. Тренёв // Технологический аудит и резервы производства. – 2013. – Т. 6, № 2 (14). – С. 36–40. – Режим доступа: <http://journals.uran.ua/tarp/article/viewFile/19529/17205>
17. Mourad, A. Localization of vectors–patterns in the problems of parametric classification with the purpose of increasing its accuracy [Text] / A. Mourad // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – Vol. 4, Issue 4 (82). – P. 10–20. doi: 10.15587/1729-4061.2016.76171

Рекомендовано до публікації д-р техн. наук Хорошилов О. М.

Дата надходження рукопису 27.03.2017

Пензев Павел Сергеевич, ассистент, кафедра литейного производства, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ул. Кирпичева, 2, г. Харьков, Украина, 61002
E-mail: litvol1@kpi.kharkov.ua

Пуляев Антон Анатольевич, аспирант, кафедра литейного производства, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ул. Кирпичева, 2, г. Харьков, Украина, 61002

Гулага Михаил Сергеевич, кафедра литейного производства, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ул. Кирпичева, 2, г. Харьков, Украина, 61002

Власюк Владислав Андреевич, кафедра литейного производства, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ул. Кирпичева, 2, г. Харьков, Украина, 61002

Макаренко Дмитрий Николаевич, старший преподаватель, кафедра химии, экологии и экспертных технологий, Национальный Аэрокосмический Университет им. Н. Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", ул. Чкалова, 17, г. Харьков, Украина, 61070
E-mail: d.makarenko@khai.edu