**Реализация методики расчёта количества технологических маршрутов при ремонте агрегатов автомобилей по фактическому техническому состоянию**

*В.В. Попцов*

*Тюменский государственный нефтегазовый университет, Тюмень*

**Аннотация:** В данной статье представлен пример двумерной реализации оптимизационных расчётов по утечке воздуха в верхней мёртвой точке двигателя и давлению масла в масляной магистрали. Приводится расчёт оптимизации состава комплексов ремонтных работ в виде алгоритма итерационного процесса оптимизации. Определены критерии оптимизации для данной партии агрегатов автомобилей. Расчёты выполнены по всей исследуемой партии ремонтного фонда двигателей. В результате оптимизации количество технологических маршрутов снизилось на один комплекс ремонтных работ.

**Ключевые слова:** ремонт по фактическому техническому состоянию, комплекс ремонтных работ, предремонтное диагностирование, оптимизация, многомерная таксономия, манхэттенская метрика.

Результаты многомерной таксономии сложно продемонстрировать наглядно графическим материалом поскольку в процессе предремонтного диагностирования используется большое количество диагностических параметров. Остановимся на двух наиболее информативных показателях: величина утечки сжатого воздуха в верхней мертвой точке цилиндра двигателя Z2 и давление масла в главной масляной магистрали Z3, характеризующих техническое состояние цилиндро-поршневой группы и кривошипно-шатунного механизма двигателя [1-3].

Необходимо ввести ограничение при начальном разбиении опытной партии ремонтного фонда двигателей на категории. Исключаем первую категорию, поскольку она соответствует полнокомплектному капитальному ремонту двигателя, проводится по типовой технологии и не участвует в процессе оптимизации [4].

В ходе экспериментальных исследований продиагностировано тридцать семь двигателей ЯМЗ-238. Отчёты по результатам исследований содержат сведения о наработке двигателя с начала эксплуатации, фактические значения контролируемых параметров и предельно допустимые отклонения.

Экспериментальные исследования содержат данные по диагностированию цилиндро-поршневой группы, состоянию кривошипно-шатунного механизма и газораспределительного механизма. При обработке полученных данных были определены фактические значения параметров, их нормированные значения и денежные затраты на создание технологических маршрутов для устранения выявленных неисправностей [5,6].

При распределении двигателей на категории пользуются следующим правилом. Опытная партия двигателей делится на несколько категорий. При этом рассчитывается алгебраическая составляющая, в качестве которой принята «манхэттенская метрика», позволяющая определить нормированные значения выбранных диагностических параметров. Графическая интерпретация выполненных действий представлена на рис. 1.

-2,45

2,45

-8

-6

-4

-2

0

2

4

6

8

10

1

3

5

7

9

11

13

15

17

19

21

23

25

27

29

31

33

35

37

Номер двигателя

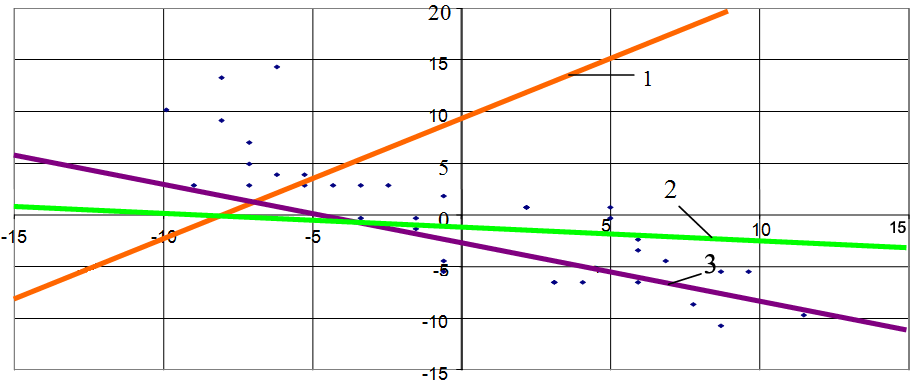
Сумма параметров Z2 и Z3

Рис.1. Нормированные значения диагностических параметров

Из рисунка видно, что все двигатели автомобиля могут быть разделены на три категории. Первая категория - это двигатели, для которых нормированные значения оказались в средней зоне, вторая категория - выше нормированных значений и третья категория - агрегаты, оказавшиеся в области ниже относительных значений.

Следует отметить, что нормированные значения диагностических параметров и фактический ресурс двигателей тесно связаны между собой. Коэффициент корреляции по расчётным данным равен 0,685. Это позволяет сделать вывод о том, что в данном случае наблюдается обратная пропорциональность: чем больше нормированное значение, тем меньше наработка двигателя, тем дешевле его ремонт [7,8].

На рис.2 представлены полученные данные.



Сумма параметров Z2и Z3

Утечки сжатого воздуха в ВМТ

Рис. 2. Формирование оптимального количества технологических маршрутов

Задача классификации сводится к следующему. Необходимо найти уравнение плоскости, относительно которой нормированные значения диагностических параметров находятся на равном расстоянии между собой. В нашем примере рассматриваются два параметра, поэтому плоскость проецируется в прямую линию. В этом случае разделяющая поверхность описывается уравнением

 (1)

где.

, (2)

В уравнении (2) x1, у1, х2, у2являются координатами центра полученного кластера.

При подстановке в формулу 2 координаты центра кластера расчётные значения будут иметь отрицательные значения. В том случае, если применить координаты центра притяжения второй и третьей категории, то результаты расчётов примут положительные значения. На основании этого можно сделать выводы о том, что расчётные величины являются верными.

Далее необходимо провести кластеризацию второй и третьей категории комплексов ремонтных работ. Расчёты проводятся по аналогичному алгоритму.

Переменные коэффициенты в этом случае будут другими и изменят угол наклона спроецированной плоскости (линии раздела) двигателей на категории.

Корректирование ранее полученных расчётов позволило выявить шесть двигателей, которые по результатам классификации были ошибочно отнесены к назначенному маршруту. Ошибка классификации составляет 16 % [9].

Подбирая различные значения коэффициентов А, В и С выбираем уравнение прямой линии, которая имеет наименьшую ошибку классификации, которая равна 0,0019. В этом случае можно считать, что процесс оптимизации может быть завершён [10].

Результаты расчётов для всех категорий представлены в табл. 1.

Таблица 1

Итоги расчётов при оптимизации количества технологических маршрутов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Число категорий | Число двигателей в  категории | Суммарные затраты, тыс.руб. | Оптимальность,  -- / + |
| 2 | 16, 21 | 2 937 | -- |
| 3 | 10, 29, 8 | 2 561 | -- |
| 4 | 7, 12, 10, 8 | 2 126 | -- |
| 5 | 4, 7, 12, 9, 5 | 1 983 | -- |
| 6 | 3, 6, 10, 8, 6, 5 | 2 218 | + |
| 7 | 2, 4, 8, 8, 6, 6, 3 | 2 341 | + |

Используя семь наиболее значимых диагностических параметров, выявленных в результате исследований, сделан вывод, что число комплексов ремонтных работ может быть сокращено до четырёх вместо ранее принятых пяти технологических маршрутов.

**Литература**

1. Cornak Stefan. Selected Methods of Vehicles Maintenance in Operation Stage// Machines, Technologies, Materials, – Issue 2-3. – Scientific-Technical Union of Mechanical Engineering, Bulgaria, 2007. – pp. 14-16.

2. Dong, Dawei W. Neural Networks for Engine Fault Diagnostics / Dawei W. Dong, John J. Hopfield, K.P. Unnikrishnan. – Pasadena, CA 91125, Computation and Neural Systems California Institute of Technology, 1997. – pp. 635 – 644.

3. Дехтеринский, Л.B., Зорин В.А. Ремонт автомобилей и общие закономерности, определяющие эффективность его применения // Проблемы индустриального ремонта автомобилей и дорожных машин – М.: МАДИ, 1996. – с. 116-121.

4. Карагодин, В.И., Красовский В.Н., Скрипников С.А. Использование информационных технологий при централизованном ремонте автомобильных двигателей по техническому состоянию // Проблемы создания информационных технологий. – Минск: МАИТ, 1999. – С. 81-90.

5. Попцов, В.В. Применение технологий централизованного ремонта агрегатов автомобилей по техническому состоянию в условиях мелкосерийного производства: дисс. … канд. техн. наук. – Тюмень, 2002. – 153 с.

6. Красовский, В.Н. Централизованный ремонт по техническому состоянию агрегатов автомобилей и специальной нефтегазопромысловой техники фирмами-изготовителями – Тюмень: Вектор-Бук, 2009. – 164 с.

7. Захаров Н.С. Программа «REGRESS». Руководство пользователя – Тюмень: ТюмГНГУ, 1999. – 52 с.

8. Пермяков В.Н., Новоселов О.А., Макарова А.Н. Моделирование закономерностей распределения наработок на отказ бульдозеров при строительстве оснований для нефтегазовых объектов // Инженерный вестник Дона. – 2014. – №2. − URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2435.

9. Захаров Н.С., Текутьев Л.А. Информационное обеспечение системы контроля индекса клиентской лояльности // Инженерный вестник Дона. – 2014. – №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2506.

10. Классификация и кластер/ Под ред. Дж. Вэн Райзина. (Пер. с англ.). М.: Мир, 1980, - 389 с.

**References**

1. Cornak Stefan. Selected Methods of Vehicles Maintenance in Operation Stage. Machines, Technologies, Materials, Issue 2-3. Scientific-Technical Union of Mechanical Engineering, Bulgaria, 2007. pp. 14-16.

2. Dong, Dawei W. Neural Networks for Engine Fault Diagnostics.Dawei W. Dong, John J. Hopfield, K.P. Unnikrishnan. Pasadena, CA 91125, Computation and Neural Systems California Institute of Technology, 1997. pp. 635 – 644.

3. Dehterinskij, L.B., Zorin. V.A. Problemy industrial'nogo remonta avtomobilej i dorozhnyh mashin. M.: MADI, 1996. pp. 116-121.

4. Karagodin, V.I., Krasovskij V.N., Skripnikov S.A. I. . Problemy sozdanija informacionnyh tehnologij. Minsk: MAIT, 1999. pp. 81-90.

5. Popcov, V.V. Primenenie tehnologij centralizovannogo remonta agregatov avtomobilej po tehnicheskomu sostojaniju v uslovijah melkoserijnogo proizvodstva [The use of technology centralized maintenance units of the car on a technical condition in the small-scale production]: diss. … kand. tehn. Nauk. Tjumen', 2002.153p.

6. Krasovskij, V.N. Centralizovannyj remont po tehnicheskomu sostojaniju agregatov avtomobileji special'noj neftegazopromyslovoj tehniki firmami-izgotoviteljami. Tjumen': Vektor-Buk, 2009. 164p.

7. Zaharov N.S. Programma «REGRESS». Rukovodstvo pol'zovatelja [The program "REGRESS". User manual] Tjumen’: TjumGNGU, 1999. 52p.

8. V.N. Permjakov, O.A. Novoselov, A.N. Makarova. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2014. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2435.

9. N.S. Zaharov, L.A. Tekut'ev. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2014. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2506.

10. Klassifikacija i klaster [Classification and cluster] Pod red. Dzh. Vjen Rajzina. (Per. s angl.). M.: Mir, 1980. 389 p.