

## 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  $Z_2$  и давление масла в главной масляной магистрали  $Z_3$ , 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.

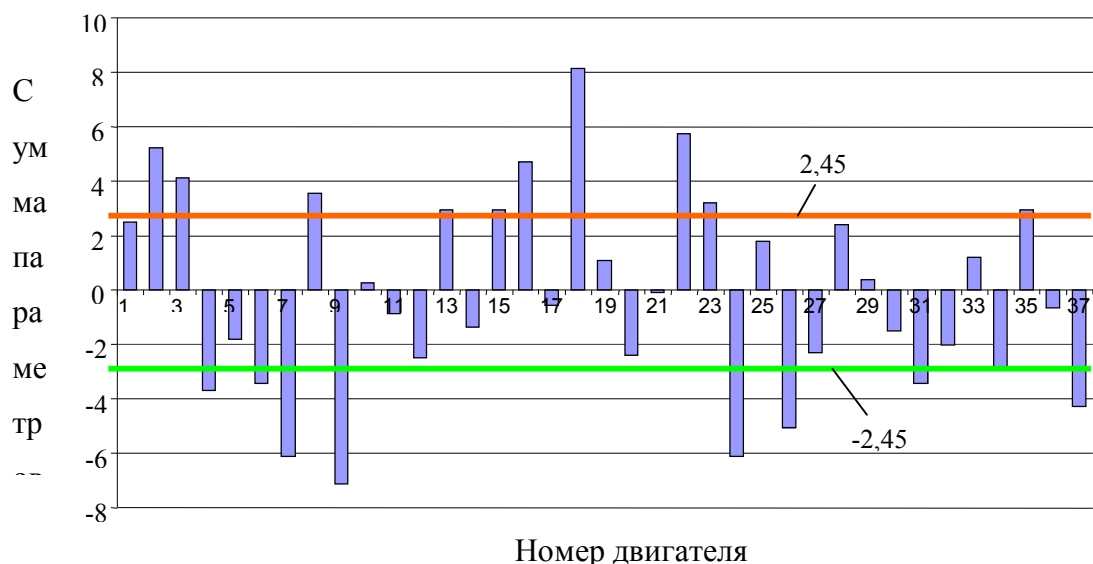


Рис.1. Нормированные значения диагностических параметров

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.

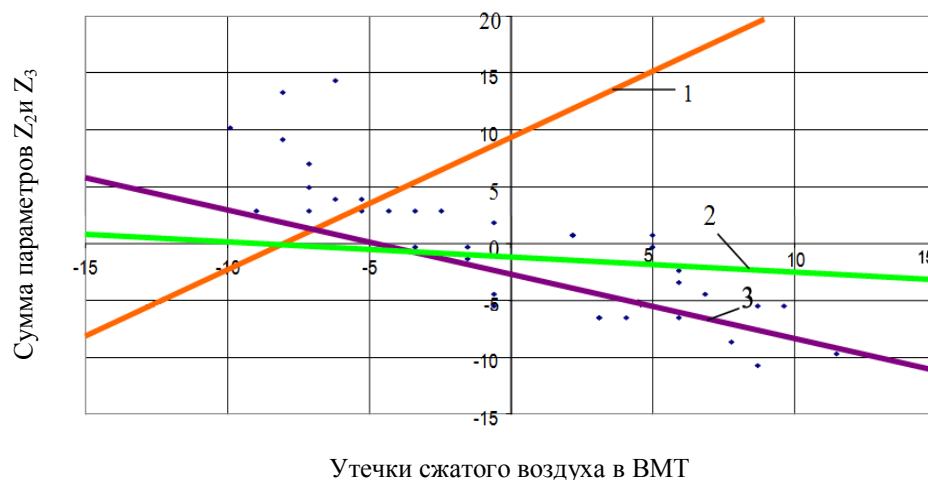


Рис. 2. Формирование оптимального количества технологических маршрутов

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

$$A_x + B_y + C = 0 \quad (1)$$

где  $A = x_2 + x_1$ ,  $B = y_2 - y_1$ .

$$C = -0,5(x_2^2 + y_2^2 - x_1^2 - y_1^2), \quad (2)$$

В уравнении (2)  $x_1$ ,  $y_1$ ,  $x_2$ ,  $y_2$  являются 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  $A$ ,  $B$  и  $C$  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.В., 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](http://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](http://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 sozdaniya informacionnyh tehnologij. Minsk: MAIT, 1999. pp. 81-90.
5. Popcov, V.V. Primenenie tehnologij centralizovannogo remonta agregatov avtomobilej po tehničeskomu 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 tehničeskomu sostojaniju agregatov avtomobilej 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](http://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](http://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.