

УДК 504.05:656.13.065

## ДИАГНОСТИКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТРАБОТАННЫМ МОТОРНЫМ МАСЛОМ В Г. КЕМЕРОВО

Дягилева А.В., к.т.н., доцент

Афанасьева В.А., студент гр. ИТб-181, II курс

Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева  
г. Кемерово

В начале ХХI в. проблемы загрязнения окружающей среды стали актуальными для всего человечества в связи с увеличением населения планеты, развитием промышленности и различных отраслей хозяйства.

Мы живем в век бурного развития современных информационных технологий, конечно, уровень автомобилизации населения растет в наше время с каждым годом, что с одной стороны способствует удовлетворению социальных потребностей населения, а с другой - обуславливает увеличение масштаба негативного воздействия на окружающую среду.

Проблема отработанного машинного масла существует во всем мире, но далеко не все люди уделяют этой, казалось бы, глобальной проблеме должного внимания. Отработанные масла классифицируются как опасные отходы 2 и 3 класса (т.е. высокоопасные и умеренноопасные). По данным Департамента природы пользования и охраны окружающей среды 85% моторного масла не-надлежащим образом сливаются или просачиваются в канализацию и почву.

В городе Кемерово все автомобили работают в жестких городских условиях. Наиболее напряженными участками по количеству вредных выбросов являются остановки, перекрестки и парковочные места. При прохождении этих пунктов увеличивается нагрузка на двигатель автомобиля (в режиме торможения и разгона). В этот момент капли отработанного масла срываются с двигателя. Легковые автомобили старше 10 лет, маршрутные такси, автобусы и грузовые автомобили старше 3-х лет являются самыми загрязняющими.

Согласно данным "Автостата", по состоянию на начало 2019 года в России насчитывалось 25,4 млн. машин, пребывающих в возрасте старше 10 лет. Это составляет 58% от общего легкого автопарка страны. Что касается грузовых автомобилей, то по состоянию на 01.01.2015 – 75% пребывает в возрасте старше 10 лет.

Механизм загрязнения:

В зимних условиях капля срывается с двигателя и, затвердевая, падает на снег.

В летних условиях, при соприкосновении капли с асфальтом, площадь пятна, получаемого в результате контакта, увеличивается в два раза.

Если поверхность влажная (например, в дождливую погоду), то масло с потоками дождевой воды уходит в канализацию, а твердые частицы вдавливаются в асфальт.

Отработанное машинное масло может стать одним из крупнейших источников загрязнения грунтовых вод и водотоков.

Вероятные последствия, действительно, серьезны: литр масла может стать источником масляного пятна площадью почти 1 га или загрязнить миллион литров питьевой воды.



Рис. 1. Пример пятна отработанного масла на почве

Несмотря на то, что в летний сезон высокие температуры оказывают свое влияние на капли отработанного масла, скорость их испарения не увеличивается, что и является одной из главных проблем. Пятна отработанного масла довольно трудно испаряются из-за наличия в своем составе различных примесей.

После попадания отработанного моторного масла в почву происходит её окисление, повышается содержание в ней углерода. Это приводит к замедлению реакций, происходящих в почве. Из-за образования масляной пленки корни не получают достаточного количества воды. Антропогенное загрязнение уже привело к тому, что 27% земель планеты подвержены эрозии (разрушению почвы).

Исходя из этого, можно сделать вывод, что загрязнение окружающей среды отработанным моторным маслом зависит от следующих факторов:

1. Среднего количества автомобилей
2. Состояния двигателя
3. Режима эксплуатации и погодных условий.

Для того, чтобы провести диагностику загрязнения окружающей среды, мы выбрали один из достаточно загруженных участков по количеству проходящих автомобилей – перекресток на улице Автозаводской.

В качестве исходных данных выступает среднее количество автомобилей (случайная величина  $X$ ), зафиксированное на данном участке в период с 6:00 до 22:00 (кроме интервала с 12:00 до 13:00) каждые 15 минут: 105, 150,

270, 475, 650, 890, 820, 740, 850, 790, 1100, 960, 580, 790, 1100, 960, 580, 790,  
800, 330, 410, 650, 830, 510, 400, 200, 490, 510, 850, 430, 435, 585, 870, 648,  
935, 947, 797, 857, 856, 990, 360, 695, 510, 335, 310, 330, 519, 141, 250, 319,  
296, 235, 163, 189, 155, 93.

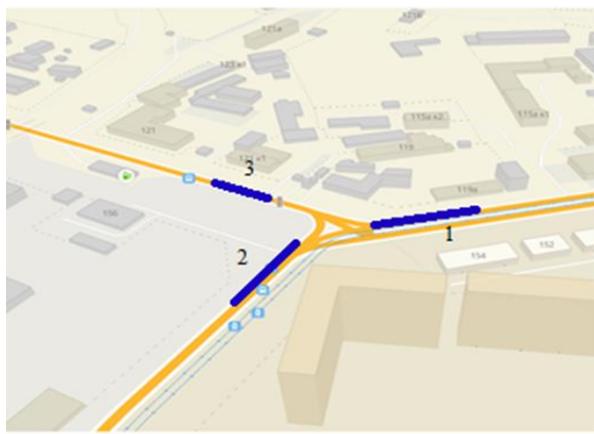


Рис. 2. Общий вид рассматриваемого участка,  
где 1,2,3 – зоны наибольшего загрязнения

Учитывая тот факт, что более 50% автомобилей в РФ пребывают в возрасте старше 10 лет, движение на рассматриваемом нами участке тройное и с двигателем одного старого автомобиля срывается одна капля отработанного масла, нам удалось посчитать предположительное количество капель, попавших в окружающую среду в данный промежуток времени (случайная величина  $Y$ ): 70, 100, 180, 317, 433, 593, 547, 493, 567, 527, 733, 681, 387, 527, 533, 220, 273, 433, 553, 478, 267, 133, 327, 340, 567, 287, 290, 390, 580, 432, 623, 631, 531, 571, 570, 660, 240, 463, 340, 223, 207, 220, 346, 94, 167, 213, 197, 157, 109, 126, 103, 62.

Анализ случайных величин  $X$  и  $Y$ .

Предположим, что рассматривается некоторая случайная величина  $X$ , закон распределения которой неизвестен. Необходимо, опираясь на результаты опыта, определить приблизительный закон, которому подчиняется данное распределение, а для того, чтобы не допустить ошибку в принятии гипотезы, провести ряд проверок по различным критериям.

Составим вариационный ряд, определив величину интервала (шага) по формуле Стёрджа (1926 г.):

$$h = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{1 + 3,2 \lg n} \quad (1)$$

где  $n$  – количество измерений случайной величины,  $x_{\max}$  и  $x_{\min}$  – максимальное и минимальное значение в выборке. Если при вычислении шага получаем дробную величину, то за  $h$  принимаем ближайшее целое значение.

Далее для того, чтобы выдвинуть нулевую гипотезу о предполагаемом законе распределения ( $H_0$ ), необходимо построить и проанализировать гистограмму и полигон распределения. Кроме того, проводится анализ числовых

характеристик (выборочное среднее  $\bar{x}_b$ , средний линейный разброс  $d_b$ , выборочная дисперсия  $D_b(x)$ , среднее квадратичное отклонение  $\sigma_b(x)$ ).

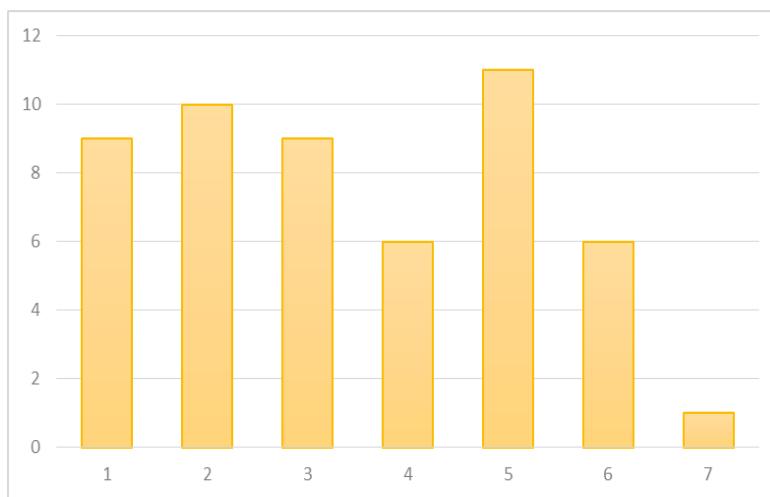


Рис. 3. Гистограмма распределения случайной величины X

Опираясь на вид гистограммы (Рис. 3.), можно предположить, что данное распределение является равномерным ( $H_0$ ).

Рассчитаем выборочную среднюю величину:

$$\bar{x}_b = \frac{\sum n_i x_i}{n} \quad (2)$$

и среднее квадратичное отклонение:

$$\sigma_b(x) = \sqrt{D_b(x)} \quad (3)$$

Далее найдем примерные значения числовых характеристик, соответствующих равномерному распределению:

$$\bar{x}_b = \frac{x_{\max} + x_{\min}}{2}, \quad (4)$$

$$\sigma_b(x) = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{3} \quad (5)$$

В нашем случае разница между данными характеристиками получается весьма значительная, следовательно, гипотеза о равномерном распределении подвергается сомнению.

Предположим, что наше распределение является нормальным ( $H_1$ ).

При нормальном распределении отношение среднеквадратического отклонения  $\sigma_b(x)$  к среднему линейному разбросу  $d_b$  должно стремиться к 1,25.

Кроме того, проверяют сообразность гипотезы по критерию Пирсона, наблюдаемое значение которого определяется по выборке:

$$\chi^2_{\text{набл.}} = \sum_{i=1}^r \frac{(n_i - n_i^T)^2}{n_i^T} \quad (6)$$

где  $n_i^T$  – теоретическая частота, полученная на основании расчётов по предполагаемому закону распределения,  $r$  – число интервалов вариационного ряда после предварительного объединения, если это потребуется.

Помимо этого, нам необходимо владеть числом степеней свободы:

$$k = r - S - 1 \quad (7)$$

где  $S$  – число параметров, которые описывают предполагаемое распределение. Далее, используя таблицу «Критические точки распределения  $\chi^2$ », можем определить  $\chi^2_{\text{критич.}}$  соответствующее определенному уровню значимости  $\alpha$  и числу  $k$ . Если выполняется условие  $\chi^2_{\text{набл.}} \leq \chi^2_{\text{критич.}}$ , то гипотеза  $H_0$  принимается, в противном же случае – отвергается.

По обоим критериям, приведённым выше, распределение получилось предположительно нормальным. Далее используем следующие критерии для подтверждения гипотезы о нормальности распределения: числа Вестергарда, Пирсона, Романовского, Колмогорова, а также найдем моду, медиану, коэффициент вариации, доверительный интервал, асимметрию и эксцесс.

Асимметрия – это показатель симметричности или скошенности кривой распределения, определяющийся по формуле:

$$A_S = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^3 \cdot n_i}{\sum n_i \cdot \sigma^3} \quad (8)$$

Коэффициент эксцесса представляет собой меру остроты пика распределения случайной величины. Определяется по следующей формуле:

$$E_S = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^4}{\sum n_i \cdot \sigma^4} - 3 \quad (9)$$

Доверительный интервал для оценки математического ожидания нормального распределения при неизвестной дисперсии генеральной совокупности определяется по формуле:

$$\bar{x} - \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot t_\gamma < a < \bar{x} + \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot t_\gamma \quad (10)$$

где  $s$  – исправленная дисперсия, значение  $t_\gamma$  находим, используя таблицу значений функции  $t_\gamma = t_{n,\gamma}$ .

Анализ полученных результатов показывает, что большинство критериев подтверждает выдвинутую теорию о нормальности данного распределения.

Аналогично исследуем случайную величину  $Y$ .

После исследования случайных величин найдем выборочный коэффициент корреляции между ними:

$$r = \frac{\bar{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sigma_x \sigma_y} \cdot 100\% \quad (11)$$

В нашем случае коэффициент корреляции составляет 98%, что говорит нам о наличии тесной связи между признаками  $X$  и  $Y$ . Теперь оценим надежность полученного коэффициента корреляции. Вычислим среднее квадратичное отклонение коэффициента корреляции:

$$\sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n}} \quad (12)$$

Поскольку условие  $\frac{|r_b|}{\sigma_{r_b}} > 3$  выполняется, мы имеем право полагать, что полученный коэффициент корреляции отражает действительно существующую связь.

В заключение можно сказать: представленное исследование показывает, что посчитанное нами предположительное количество капель отработанного моторного масла, попавших в окружающую среду, справедливо и имеет место быть, поскольку полученный коэффициент корреляции очень близок к 100%. Вместе с тем путем лабораторных исследований нам удалось выявить, что вес капли трансмиссионного масла составляет 0,05 г. Общее предполагаемое количество капель отработанного масла составляет 19111, следовательно, на данном участке произошел выброс более 1 л. отработанного масла. Ежедневный выброс такого объема опасных отходов наносит существенный урон экологии. Для того, чтобы избежать такой ситуации людям необходимо развивать в себе экологическую осознанность и своевременно проводить диагностику своего автомобиля, устранять неисправности двигателя.

#### **Список литературы:**

1. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Основы экоразвития. – М.: Изд-во Рос. экон. акад., под редакцией В.И. Видяпина, 1994. – 312 с.
2. Стуканов В.А. Автомобильные эксплуатационные материалы: Учебное пособие. Лабораторный практикум. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2003. – 208 с.
3. Гмурман В.Е., Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике: Учебное пособие для студентов вузов/ В.Е. Гмурман. – 9-е изд., стер. – М: Высш. шк., 2004. – 404 с.
4. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.