

Kutin V.M., Shpachuk O.O.
Vinnytsia National Technical University

PROCESSING RESULTS OF CONTROL OF THERMAL CONDITION OF OPEN CONTACT CONNECTIONS OF ELECTRICAL EQUIPMENT

Summary

Widespread use of infrared technology in the power industry enables to quickly diagnose thermal condition of electrical equipment and contact connections. Regulations governing the conduct thermal imaging surveys and analysis of the results applicable on the territory of Ukraine need to be updated in the section of analysis of the survey results regarding open electrical contact connections. A similar situation is observed in the analysis of foreign works on the subject. Use of existing regulations will not allow classifying defects in mismatch of diagnostic parameters and laid down norms. The paper presents an algorithm of deciding on the definition of the thermal condition of open electrical contact connections.

Keywords: power lines, contact connection, infrared technology, thermographic control, defect.

УДК 621.381. 82

МЕТОДИКА КЛАССИФИКАЦИИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Мирошниченко И.В.

Национальный технический университет Украины
"Киевский политехнический институт"

Предлагается метод классификации задач статистических измерений для этапа внешнего проектирования, являющегося научной основой для создания различных информационных систем. Классификация может быть использована при формировании математических моделей проблемных предметных областей и разработке алгоритмов и программ при проектировании систем обработки экспериментальных данных.

Ключевые слова: статистические измерения, внешнее проектирование, система обработки экспериментальных данных, проблемная предметная область, информационная технология; погрешность классификации.

Постановка проблемы. В большинстве случаев целью экспериментальных исследований в различных проблемных предметных областях (Problem area – PRAR) является вычисление по определенному алгоритму в системах обработки экспериментальных данных (СОЭД) характеристик сигналов $x(t)$, несущих информацию о PRAR. Уменьшение сроков разработки и снижение стоимости СОЭД за всё время их жизненного цикла LT (Life cycle Time) может быть достигнуто при применении CALS-технологий информационной поддержки (Continues Acquisition and Life cycle Support – CALS), идея которых состоит в эффективном управлении при выборе оптимального решения по определяющему показателю качества СОЭД на всех этапах их LT в сочетании с непрерывным технико-экономическим анализом рисков и затрат финансовых и материальных ресурсов [6].

Анализ последних исследований и публикаций. Основными этапами LT СОЭД являются: внешнее проектирование (выработка концепции, проведение научно-исследовательских работ, создания математической модели или электронного макета изделия, формирование определяющего показателя качества); внутреннее проектирование; технологическая подготовка производства (разработка оснастки для изготовления изделия и систем контроля качества); производство изделия; реализация изделия (маркетинг); эксплуатация (включая сервис); модернизация и утилизация.

На этапе внешнего проектирования СОЭД для исследования физических процессов в различных PRAR исследуемые явления чаще всего описываются вероятностными математическими моделями (ММ) [2] в виде случайных процессов $\xi(t)$. Теоретические вероятностные характеристики (ВХ) различных порядков этих $\xi(t)$ (математическое ожидание, дисперсия, СКО, корреляционные и спектральные характеристики, кумулянты и др.), могут быть представлены в виде результатов вычисления их оценок $\Theta^*[x(t)]$, называемых статистическими характеристиками (СХ). Оценки $\Theta^*[x(t)]$ вычисляются по результатам измерений мгновенных значений сигналов $x(t)$:

1) по массивам $\{*\}$ реализаций $X_i(t) = \{x_i(t)\}$,

причем $i = \overline{1, \infty}, t \in [0, \infty] \vee i = \overline{1, \infty}, t \in [t_1, t_2] \vee i \in I, t \in [0, \infty]$;

2) по массивам $\{*\}$ совокупностей последовательностей $X(t_i) = \{x(t_i)\}$ или ансамблей $\{x(t_i)\}$, если $i = \overline{1, \infty}, j = \overline{1, \infty} \vee i = \overline{1, \infty}, j \in \{j\} \vee i = \{i\}, j = \overline{1, \infty}$.

Адекватность теоретических ВХ и их оценок $\Theta^*[x(t)]$ может иметь место только при бесконечно большом объеме d данных, что выражается в понятиях реализации бесконечной длительности или бесконечно большого числа ансамблей реализаций. В предположении, что ограниченный объем d реализаций (последовательностей) получен от реальных объектов и при вычислении оценок оперируют действительными функциями, чаще всего одномерными, суммарная погрешность $\Delta \Theta^*[x(t)]$ вычис-

ления оценок СХ всегда содержат погрешность классификации – несоответствие реального физического процесса приписываемой ему модели [11].

Цель статьи. Теоретически обосновать методику классификации статистических измерений для задач вычисления оценок статистических характеристик при проектировании систем обработки экспериментальных данных в различных областях науки и техники.

Изложение основного материала. Научной основой внешнего проектирования СОЭД для изучения физических процессов в различных сферах человеческой деятельности являются математические модели (ММ). Статические ММ описывают состояния PRAR, динамические ММ описывают последовательности этих состояний, а набор приёмов, использующих триединство “математическая модель-алгоритм-программа”, в формализации закономерностей создания, преобразования, передачи и использования информации о PRAR, автор предлагает называть информационными технологиями. Попытки разработки универсальной ММ на этапе внешнего проектирования почти всегда заканчивались неудачей, так как некоторые параметры PRAR с точки зрения разработчиков могут являться несущественными даже для статических ММ, а в динамических ММ могут не получить отражения некоторые неформализуемые черты реальности, что увеличивает суммарную погрешность $\Delta \Theta^* [x(t)]$ вычисления СХ [11].

Оценка погрешностей классификации динамических ММ, включающих в себя статические ММ, является основной задачей большинства научных исследований и составляет основное содержание этапа внешнего проектирования СОЭД, заканчивающегося разработкой технического задания для внутреннего проектирования, на котором разрабатываются алгоритмы и программы изготовления СОЭД. Одним из компонентов CALS является PDM-система (Product Data Management – “управление данными об изделии”), которая служит для управления данными об изделии на всех этапах LT.

Внедрение CALS-технологий невозможно без комплексного внедрения PDM-систем, в которую входит много других подсистем, так как ни одна из них не является универсальной, то есть совершенной с точки зрения разработчиков, или, иначе говоря, содержит субъективную часть погрешности классификации. Большое разнообразие статистических измерительных задач диктует необходимость их классификации, особенно при формализации этапа внешнего проектирования СОЭД при реализации CALS-технологий.

Классификация статистических измерительных задач основана на использовании четырех признаков: X – класса $\xi(t)$; Θ – вида его СХ; S – типа оператора усреднения при вычислении $\Theta^* [x(t)]$ и J – типа организации эксперимента. В [11] принято деление $\xi(t)$ на 7 классов X : локально-стационарный локально-эргодический, локально-стационарный неэргодический, стационарный эргодический, стационарный неэргодический, нестационарный локально-эргодический, нестационарный эргодический и нестационарный неэргодический.

Виды $\Theta^* [x(t)]$: Θ_t – “ t -текущие оценки”, Θ_k – “ k -текущие оценки”, Θ_{kt} – “ kt -текущие оценки” и Θ_{cp} – средние оценки, зависят от времени измерения t , числа реализаций K , их комбинаций Kt и средних значений.

Третий признак (S) – тип идеального оператора усреднения: по ансамблю N , по времени t и смешанного Nt . Введение идеальных операторов ус-

реднения $d \rightarrow \infty$ при объёме выборки $d \rightarrow \infty$ и выполнении условий нормировки позволяет получить, состоятельные оценки (СО), в отличие от несостоятельных (НС), и несмещенные оценки (НСМ), в отличие от смещенных (СМ) оценок.

Четвертый признак (J) характеризует принцип формирования массивов $\{*\}$ экспериментальных данных.

Объективными характеристиками задачи принимаются X и Θ .

По $X - \Theta - S - J$ – классификатору [11] задачи вычисления $\Theta^* [x(t)]$ статистических характеристик обозначаются в виде ряда чисел, при этом для различных сочетаний $X - \Theta - S - J$ возможна формализация около 150 типовых задач при реализации информационных технологий.

Один из способов [8] классификации измерительных задач предложен автором. Расширение его возможностей для различных PRAR рассмотрено в предлагаемом десятичном *JSTC.k.a.b.* – классификаторе, в который введены дополнительные идентификаторы СХ различного вида и порядка: кумулянты [7], характеристики выбросов $\xi(t)$ над порогом [10] и характеристические функции *JSTC.k.a.b.* [7; 11] и другие. *JSTC.k.a.b.* – классификатор содержит основные (J, S, T и C) и дополнительные (k, a и b) идентификаторы (Таблица).

Основные идентификаторы содержат одну цифру и обозначают:

$J \in \overline{1...3}$ – процедуру формирования массива $\{*\}$, так как значения $\Theta^* [x(t)]$ могут изменяться за счет изменения объёма выборки от эксперимента к эксперименту. Например, по изменению математического ожидания M при фиксированном объёме выборки можно судить как о нелинейности $\xi(t)$, так и о погрешности его классификации по принятой ММ. Могут изменяться время измерения t или число реализаций N , но при этом свойства (СО, НС, СМ и НСМ) оценок $\Theta^* [x(t)]$, могут не изменяться;

$S \in \overline{1...3}$ – тип идеального оператора усреднения – S_N, S_T, S_{NT} ;

$T \in \overline{1...9}$ – вид оценки $\Theta^* [x(t)]$ и $C \in \overline{1...9}$ – класс $\xi(t)$.

Дополнительные идентификаторы (k, a и b) вводятся для учёта особенностей различных PRAR, содержат по две цифры, разделены точками, отделены точкой от *JSTC* идентификаторов и обозначают:

$k \in \overline{(01...99)}$ – порядок оценки $\Theta^* [x(t)]$. Практически значение k ограничивается физической трактовкой Θ_k^* и возможностями аппаратной реализации [10] измерителей k k -го порядка;

$a \in \overline{(01...09)}$ – вид связи между $x_i(t_j)$ – или “связность” $\frac{x_i(t_j)}{x_j(t_i)}$;

$b \in \overline{(01...99)}$ – условный номер оценки $\Theta^* [x(t)]$, так как часто $\Theta^* [x(t)]$ малых порядков имеют специальные наименования.

Такое построение классификатора увеличивает число типовых статистических задач за счет большей их дифференциации, что позволяет уменьшить погрешность классификации при внешнем проектировании СОЭД.

На практике наиболее важным всегда является признак “С”, выяснению чего и посвящено основное содержание большинства научно-исследовательских работ по радиосвязи [3], радиолокации [3], радиоастрономии [5], статистической радиотехнике [2], гидроакустике [1, 4], оптике [12, 13], в машиностроении при оценке параметров шероховатости [8, 14], медицине, физике плазмы, и других PRAR.

Например, “1233.01.01.09.” – цифровое обозначение задачи ИТ. При раскрытии этого цифрового

Таблица
JSTC.k.a.b. – классификатор

| Идентификатор | Содержание идентификатора |
|-------------------|--|
| J | Обозначение процедуры формирования массива данных {*} о мгновенных значениях $x_j(t_j)$ случайного процесса $J=1$ |
| J=1 | Массив {*} формируется в каждом отдельном эксперименте на различных интервалах $[t_j - T_1, t_j + T_2]$ одной и той же совокупности реализаций $\{(i)_{k-N_1}^{k+N_1}\}$ |
| J=2 | Массив формируется в каждом эксперименте на одних и тех же интервалах времени $\{[t_j - T_1, t_j + T_2]\}$ различных совокупностей реализаций $\{(i)_{j-N_1}^{j+N_1}\}$ |
| J=3 | Массив формируется в каждом эксперименте на различных временных интервалах $\{[t_j - T_1, t_j + T_2]\}$ различных совокупностей реализаций $\{(i)_{j-N_1}^{j+N_1}\}$ |
| S | Обозначение типа идеального оператора усреднения |
| S=1 | Усреднение по множеству (ансамблю) N реализаций – S_N |
| S=2 | Усреднение за время реализации t – S_t |
| S=3 | Усреднение по множеству N реализаций и по времени t – S_{Nt} |
| T | Вид оценки $\Theta^* [x(t)]$ |
| T=1 | Θ_{cp} – средние оценки |
| T=2 | Θ_t – “t-текущие оценки” |
| T=3 | Θ_k – “k-текущие оценки” |
| T=4 | Θ_{kt} – “kt-текущие оценки” |
| C | Класс случайного процесса C |
| C=1 | Стационарный эргодический – СЭ |
| C=2 | Стационарный неэргодический – СНЭ |
| C=3 | Нестационарный эргодический – НСЭ |
| C=4 | Нестационарный неэргодический – НСНЭ |
| k | Порядок вычисляемой оценки $\Theta^* [x(t)]$ – $k \in (01...99)$ |
| k=01 | Первый порядок оценки типа математического ожидания $M [x(t)]$ |
| k=02 | Второй порядок оценки – σ^2, D и СКО при квадратичных преобразованиях |
| k=03 | Третий порядок оценки, например асимметрия $\xi(t)$, близкого к нормальному |
| k=04 | Четвертый порядок оценки, например эксцесс $\xi(t)$, близкого к нормальному |
| $k \in (05...99)$ | Высшие порядки оценок (специальных названий не имеют). |
| a | Вид зависимости между мгновенными значениями $\xi(t)$, связность отсчетов и т.п., $a \in (01...09)$ |
| a =01 | Одномерные зависимости |
| a =02 | Двумерные зависимости |
| a = 03 | Трехмерные зависимости |
| $a \in (04...09)$ | Четырёх и более мерные зависимости |
| b | Условный номер именованной оценки $\Theta^* [x(t)]$, $b \in (01...99)$ |
| b=01 | Математическое ожидание $M [x(t)]$ |
| b=02 | Дисперсия σ^2, D или СКО |
| b=03 | Спектральные характеристики (функции) |
| b=04 | Корреляционные характеристики (функции) |
| b=05 | Начальные моменты k-го порядка a_k |
| b=06 | Центральные моменты k го порядка μ_k |
| b=07 | Кумулянты K_k k-го порядка |
| b=08 | Характеристические функции $\Theta(u)$ |
| b=09 | Характеристики выбросов траектории случайного процесса над порогом |
| $b \in (10...99)$ | Специальных названий в настоящее время не имеют |

кода, следуя справа налево, получаем, согласно Таблице *JSTC.k.a.b.* – классификатора, *задачу вычисления* ($a=01$) одномерной *характеристики* Θ выбросов траектории процесса b над порогом ($b=09$) нестационарного ($C=3$) эргодического $\xi(t)$, для которого текущая оценка ($T=3$) первого порядка ($k=01$) сформирована идеальным оператором усреднения по времени ($S=2$) массива {*} результатов измерения ординат реализаций $\xi(t)$ на различных временных интервалах ($J=1$) одной и той же совокупности реализаций в каждом эксперименте.

Применение данного *JSTC.k.a.b.* – классификатора возможно при меньшем числе классов $\xi(t)$ (4 класса вместо 7) по сравнению с $X - \Theta - S - J$ - классификатором [11] даже при введении ограничений: $a \leq 3$, $b \leq 10$ и $k \leq 10$, чего вполне достаточно для практических приложений, т.к. значения идентификаторов J и S более 3 невозможны.

В предлагаемом классификаторе имеется принципиальная возможность введения новых дополнительных идентификаторов – вправо после точки идентификатора “b”. Предлагаемый $JSTC = 144$ – классификатор статистических измерительных задач позволяет на этапе внешнего проектирования СОЭД формализовать процедуру анализа около 30 тыс. задач ($JSTC = 144$ и $kab = 300$, так как k практически не бывает более 10) с помощью формализованных процедур, имеющих математическое описание, и дать возможность синтеза статистических СОЭД для различных PRAR.

Приведенное выше ориентировочное число типовых статистических измерительных задач определено выбором размерности идентификаторов и при общей постановке является завышенным, что приводит к тому, что некоторые оценки для разных a и k формально могут перекрываться. Поэтому в настоящем классификаторе учитываются ограничения на практическое существование возможности анализа только СЭ процессов ($C=1$), для которых, согласно [12], $\Theta = \Theta = \Theta_k = \Theta_{kt}$ оценки будут НСМ во всех 9 случаях ($C^9 = 9$).

Для многих процессов $\xi(t)$ могут быть использованы различные методы их стационаризации [4]. Однако имеются основания полагать, что несмещенные оценки могут быть получены и для других случаев при нетрадиционных стохастических цифровых обработках $\xi(t)$. Даже с учетом этих ограничений (т.е. при максимальных значениях $J=3$, $S=3$, $T=1$, $C=1$, $k=10$, $a=3$ и $b=10$) возможен анализ около 2 700 типовых задач на этапе внешнего проектирования статистических СОЭД, что значительно больше около 150 задач, приведенных в [11]. В большинстве этих приложений сведения о классе процесса чаще всего могут быть получены только после проведения весьма трудоёмких и дорогостоящих экспериментов или в результате “косвенных” обработок по специальным алгоритмам результатов других экспериментов, непосредственно не связанных с данной конкретной задачей.

Такая постановка задачи отражает общие тенденции анализа случайных процессов и по разработке алгоритмов работы статистических СОЭД, в состав которых интегрированы каналы измерения мгновенных значений сигналов $x(t)$ в последовательностях или ансамблях реализаций, для вычисления оценок характеристик Θ_k k-го порядка [8; 9], а также при моделировании физических явлений в различных PRAR. На этапе внешнего проектирования статистических СОЭД становится возможным уменьшение времени разработки технического задания для внутреннего проектирования и изготовления СОЭД, использующих интегрированные про-

граммно управляемые адаптивные измерительные каналы.

Выводы. Предлагаемый *JSTC.k.a.b.* – классификатор может позволить формализовать значительное число задач статистических измерений на этапе внешнего проектирования, являющегося научной основой для создания аналоговых и аналого-цифровых систем обработки экспериментальных данных и различных информационных систем. Классификатор может найти применение в CALS-технологиях и в современных PLM-технологиях

(Product Lifecycle Management), характеризуемых развитием в направлении, называемом GCE (Global Collaborative Environment – Глобальное коллективное окружение), на базе новых информационных технологий, поддерживающих концепцию полного электронного описания объекта – EPD (Electronic Product Definition). Использование классификатора может сократить время как проектирования, так и производства различных информационных систем, особенно уникальных, и осуществлять их сопровождение на всех этапах жизненного цикла.

Список литературы:

1. Бобер Р. Гидроакустические измерения / Р. Бобер // пер. с англ. – М.: 1974. – 354 с.
2. Воллернер Н.Ф. Аппаратурный спектральный анализ сигналов / Н.Ф. Воллернер. – М.: Советское радио, 1977. – 207 с.
3. Гуткин Л.С. Теория оптимальных методов радиоприема при флюктуационных помехах / Л.С. Гуткин – М.: Советское радио, 1972. – 448 с.
4. Каптюг А.А. Аксиоматика для адаптивной процедуры построения показателя эффективности измерительных систем / А.А. Каптюг // В кн. Труды V Всесоюзной школы-семинара по статистической гидроакустике (СГ-5) – Новосибирск, 1975. – С. 356-367.
5. Куликов Е.И. Вопросы оценок параметров сигналов при наличии помех / Е.И. Куликов. – М.: Советское радио, 1969. – 244 с.
6. Левин А.И. Концепция развития CALS-технологий в промышленности России / А.И. Давыдов, В.В. Барабанов. – М.: НИИ CALS-технологий “Прикладная логистика”, 2002. – 222 с.
7. Малахов А.Н. Кумулянтный анализ негауссовых процессов и их преобразований / А.Н. Малахов. – М.: Советское радио, 1978. – 376 с.
8. Мирошниченко И. В. Об одном способе классификации статистических измерительных задач / И.В. Мирошниченко // Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія: Технічні науки: зб. наук. праць / Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова Національної академії наук України, Кам'янець-Подільський Національний університет ім. Івана Огієнка. – 2012. – Вип. 7. – С. 132-139.
9. Пономаренко В.К. Выбор параметров измерителей числовых характеристик случайных процессов / В.С. Мирошниченко // Изв. ВУЗ СССР, разд. Радиоэлектроника. – Т. XVI, № 7. – 1971. – С. 822-824.
10. Тихонов В.И. Выбросы случайных процессов / В.И. Тихонов – М.: Наука, 1970. – 392 с.
11. Цветков Э.И. Основы теории статистических измерений. 2-ое изд. перераб. и дополн. / Э.И. Цветков. – Л.: Энергоатомиздат, 1984. – 286 с.
12. Юу Ф.Т.С. Введение в теорию дифракции, обработку информации и голографию / Ф.Т.С. Юу. – М.: Советское радио, 1979. – 304 с.
13. Cutrona L., Porcello L., Vivian W. On the application of coherent optical processing techniques to the synthetic aperture radar / L. Cutrona, L. Porcello, W. Vivian // Proc. IEEE, v. 54, 8, 1966.
14. Detling V.S. Information-logical model error of random statistical characteristics measurements. / V.S. Detling, C. Kartunov, J.W. Mirosnichenko // International Scientific Conference, Gabrovo, 23 24 Nov. 2007. – P. 322-327.

Мірошниченко І.В.

Національний технічний університет України
”Київський політехнічний інститут”

МЕТОДИКА КЛАСИФІКАЦІЇ СТАТИСТИЧНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ СИСТЕМ ОБРОБКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ

Анотація

У статті пропонується метод класифікації завдань статистичних вимірювань для етапу зовнішнього проектування, що є науковою основою для створення різних інформаційних систем. Класифікація може бути використана при формуванні математичних моделей проблемних предметних областей та розробці алгоритмів і програм при проектуванні систем обробки експериментальних даних.

Ключові слова: статистичні вимірювання, зовнішнє проектування, система обробки експериментальних даних, проблемна предметна область, інформаційна технологія; похибка класифікації.

Miroshnychenko I.V.

National Technical University of Ukraine
“Kyiv Polytechnic Institute”

METHODS FOR CLASSIFICATION OF STATISTICAL MEASUREMENT TASKS IN DESIGNING SYSTEM FOR THE EXPERIMENTAL DATA PROCESSING

Summary

This article examines a method for classification of tasks of statistical measurements for the phase of external design, which is the scientific basis for the development of various information systems. Classification can be used in the formation of mathematical models of problem domains and the development of algorithms and software systems for the design of the experimental data processing systems.

Keywords: statistical measurement, external design, system analysis of experimental data, problem domain, information technology; error of classification.

УДК 66.047.45

МОНІТОРИНГ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ОЛИВ В УКРАЇНІ, ЇХ ШКІДЛИВИЙ ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ

Чайка О.Г., Рудей І.А.

Національний університет «Львівська політехніка»

Проблема екологічної безпеки при застосуванні мастильних матеріалів невід'ємна від утилізації відпрацьованих олив, які на теперішній час спричиняють найбільший негативний вплив на всі об'єкти навколишнього середовища – атмосферу, ґрунти та воду.

Ключові слова: екологічна безпека, відпрацьовані оливи, моніторинг, негативний вплив, утилізація.

Постановка проблеми. Сьогодні Україна споживаючи більше 1 млн. т/рік свіжих олив, а в умовах відсутності нормативу збору офіційно збирає близько 500 тис. т/рік відпрацьованих нафтопродуктів, тобто має реальний сировинний ресурс приблизно рівний аналогічному ресурсу Німеччини 660 тис. т/рік. Однак, в Україні 90% обсягів цієї сировини скидається в навколишнє природне середовище або використовується некваліфіковано.

Відпрацьовані оливи відносяться до небезпечних джерел забруднення навколишнього середовища. За даними корпорації Exxon-Mobil, один літр відпрацьованої оливи може забруднити мільйон літрів питної води [1].

Відпрацьовані мастильні матеріали – відпрацьовані моторні оливи (ВМО) представляють складні багатокомпонентні системи, які утворюються в процесі експлуатації. До їх складу входять: основа мастильного матеріалу та присадки, продукти розкладу базових компонентів і присадок, а також сторонні домішки.

У ВМО ідентифіковано більше 140 видів канцерогенних поліциклічних вуглеводнів (КПВ). Кількість цих сполук збільшується в міру збільшення терміну експлуатації олив. Для легкових карбюраторних автомобілів середнє збільшення кількості КПВ з 4-7 кільцями складає 26,8 мг/кг на 1000 км пробігу. Через 10-15 тис. км пробігу у відпрацьованій оливі міститься від 270 до 400 мг/кг КПВ, які утворюються в результаті згорання оливи та потрапляння їх в оливу з палива [2].

Для визначення оцінки екологічних властивостей ВМО необхідно чітко визначення поняття як «термін роботи». Забруднення довкілля, переробка та раціональне використання ВМО кардинально залежить від цього терміну, і також впливає в першу

чергу на збір сировини для утилізації, забезпечення якого відіграє вирішальну роль для промислової реалізації проблеми [3].

Токсичність і канцерогенність ВМО зумовлена розкладом їх компонентів в процесі експлуатації, а також попадання в них сторонніх забруднень. До токсичних забрудників відносяться свинцеві антидетонатори і продукти неповного згорання палива в моторних оливах, при збиранні ВМО, внаслідок окиснення та термічного розкладання мастильних матеріалів. Це призводить до виникнення екологічних та медичних проблеми, таких як:

- а) дерматити і алергічні захворювання шкіри, поява тріщин і попадання інфекції (ця проблема виникає при попаданні відпрацьованих олив на шкіру);
- б) висока канцерогенність деяких мастильних матеріалів, які відсутні у свіжих оливах, спричиняє труднощі щодо утилізації відпрацьованих олив;
- с) забруднення ВМО галогенами, в першу чергу – хлором.

Закордонні дослідження [4] показали ріст канцерогенної активності деяких відпрацьованих олив з порівнянням зі свіжими мастильними матеріалами, внаслідок накопичення біологічно активних поліциклічних аренів (ПА) – продуктів неповного згорання палива і термічного розкладання олив. Згідно досліджень найбільша канцерогенність є у відпрацьованих моторних оливах. Визначальним фактором накопичення ПА у працюючих оливах є тип двигуна (карбюраторний або дизельний) і системи змазування (картерна чи проточна – змішування оливи з паливом).

Оливи з бензиновим двигуном стають канцерогенними після пробігу більше 5 тис. км. Їх канцерогенність в сто разів більша у порівнянні зі свіжими оливами.