

## СЕКЦИЯ 3

### ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АПК

---

УДК 631.171

#### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ УДЕЛЬНОЙ СТОИМОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАКТОРОВ С УЧЕТОМ КОЭФФИЦИЕНТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДСТВ ТО

Чубарева М.В., к.т.н., доцент, Соколова Д.В., преподаватель, Рык М.М., студент, Иркутский государственный аграрный университет, п. Молодежный

Анализ литературных источников показал, что рациональное использование средств технического обслуживания (ТО) оказывает большое влияние на качество технического обслуживания тракторов. Поэтому вопрос использования средств ТО является актуальным.

Цель исследования – сделать математическое описание удельной стоимости выполнения операций технического обслуживания тракторов с учетом коэффициента использования средств ТО.

Из предыдущих исследований следует, что использование средств ТО по операциям ТО практически всегда сводится к времени использования  $i$ -го средства. Однако для его осуществления поставленной задачи нужно найти зависимость выходного параметра (удельной стоимости выполнения операции ТО некоторыми средствами) от входных параметров, определяющих эту стоимость [2, 3, 4, 5, 6, 7].

В качестве показателя оценки примем удельную стоимость выполнения операции  $C_{\phi i}$  при применении  $i$ -объекта (средства ТО), выраженную в руб. на операцию. Другими словами, этот показатель можно назвать удельной стоимостью функционирования  $i$ -объекта. При этом под функционированием объекта будем понимать выполнение предписанного объекту алгоритма функционирования при применении объекта по назначению [8, 9]. С учетом этого получим следующее определение оценочного показателя: удельная стоимость функционирования  $i$ -объекта  $C_{\phi i}$  – это удельная стоимость операции при применении  $i$ -объекта, выраженная в руб. на операцию ТО.

Далее найдем математическое описание удельной стоимости функционирования  $i$ -объекта  $C_{\phi i}$  в общем виде.

Представим  $C_{\phi i}$  в виде показателя интегрального качества [1]:

$$C_{\phi i} = \sum_{j=1}^m C_{li}, \quad (1)$$

где  $C_{li}$  – совокупность ( $N$ ) технико-экономических показателей  $l$  по  $i$ -объекту. В данном случае удельная стоимость функционирования  $C_{\phi i}$  представляет собой удельные затраты обеспечения надежности объекта во всем жизненном цикле и является показателем качества изготовления, эксплуатации, ремонта и хранения объекта [8, 9].

Тогда по аналогии с [1, 10, 11] и в соответствии с (1) показатель  $C_{\phi i}$  для средств технического обслуживания (СТО) будет иметь вид:

$$C_{\phi i} = C_{иi} + C_{ТОРi} + C_{Mi} + И_{Эi}, \quad (2)$$

где  $C_{иi}$ ,  $C_{ТОРi}$ ,  $C_{Mi}$  – удельная стоимость (в руб. на операцию) использования его средства по назначению, технического обслуживания и ремонта (ТОР), поверки;

$И_{Эi}$  – удельные издержки (вычисленные в руб. на операцию), обусловленные нарушением требований охраны окружающей среды при ТО тракторов [4].

Подробнее распишем все составляющие формулы (2).

1. Удельная стоимость использования  $i$ -объекта по назначению -

$$C_{ii} = t_{oi} \cdot (C_{Ti} + C_{ппi}) \cdot K_{истО} + C_{Моi} + t_{эi} \cdot N_{эi} \cdot C_{эi}, \quad (3)$$

при  $t_{oi} > 0, C_{Ti} > 0, C_{ппi} > 0, C_{Моi} > 0, t_{эi} > 0, N_{эi} > 0, C_{эi} > 0,$

где  $t_{oi}$  - средняя продолжительность операции обслуживания;  $C_{Ti}$  - часовая тарифная ставка специалиста, выполняющего операцию;  $C_{ппi}$  - стоимость потерь от простоя трактора в течение одного часа;  $K_{истО}$  - коэффициент использования средств ТО;  $C_{Моi}$  - стоимость материалов, расходуемых при операции (при применении  $i$ -объекта);  $t_{эi}$  - продолжительность работы электроустановок, используемых при операции;  $N_{эi}$  - мощность электроустановок, кВт;  $C_{эi}$  - стоимость одного кВт·ч электроэнергии.

Подробнее распишем нахождение коэффициента использования средств технического обслуживания ( $K_{истО}$ ). Он необходим для определения частоты использования средств ТО и определяется по формуле (4):

$$K_{истО} = \frac{t_{ТО} \cdot N_{и}}{t_{oi}}, \quad (4)$$

где  $t_{ТО}$  - время использования средств при выполнении операции ТО;  
 $N_{и}$  - количество операций, при которых используются средства ТО;  
 $t_{oi}$  - средняя продолжительность операций при данном виде ТО.

Данный коэффициент изменяется от 0 до 1. Чем ближе  $K_{истО}$  к единице, тем больше частота использования средств ТО.

Время использования средств технического обслуживания при выполнении операций ЕТО, ТО-1, ТО-2, ТО-3 определяется по формуле (5) [12].

$$\sum t_{ТО} = \frac{0,5 \cdot K_{истО} \cdot \sum_{i=1}^k N_i \cdot (T_{ЕТОi} \cdot n_{ЕТО} + T_{ТО-1i} \cdot n_{ТО-1} + T_{ТО-2i} \cdot n_{ТО-2} + T_{ТО-3i} \cdot n_{ТО-3})}{n_{и}^{ТО}}, \quad (5)$$

где  $N_i$  - количество тракторов  $i$ -ой марки, шт.;  
 $k$  - количество марок обслуживаемых тракторов, шт.;  
 $n_{ЕТО}, n_{ТО-1}, n_{ТО-2}, n_{ТО-3}$  - среднее количество ЕТО, ТО-1, ТО-2, ТО-3 одного трактора  $i$ -ой марки, шт.;  
 $T_{ЕТОi}, T_{ТО-1i}, T_{ТО-2i}, T_{ТО-3i}$  - трудоемкость вида ТО, чел·ч.;  
 $n_{и}^{ТО}$  - количество исполнителей, чел. (обычно  $n_{и}^{ТО} = 1$ ).

2. Удельная стоимость технического обслуживания и ремонта (ТОР)  $i$ -объекта - по аналогии с (3) -

$$C_{ТОРi} = \frac{З_{ТОРi} \cdot L_i}{N_{oi}}, \quad (6)$$

при  $З_{ТОРi} > 0, L_i > 0, N_{oi} \geq 1,$

где  $З_{ТОРi}$  - средние за год затраты на ТОР  $i$ -объекта, руб.;  $З_{ТОРi} \cdot L_i$  - суммарные в течение срока службы  $i$ -объекта затраты на ТОР, руб.

3. Удельная стоимость поверки  $i$ -объекта - по аналогии с (3) -

$$C_{Mi} = \frac{З_{Mi} \cdot L_i}{N_{oi}}, \quad (7)$$

при  $З_{Mi} > 0, L_i > 0, N_{oi} > 0,$

где  $Z_{Mi}$  - средние за год затраты на поверку  $i$ -объекта, руб.;  $Z_{Mi} \cdot L_i$  - суммарные в течение срока службы  $i$ -объекта затраты на поверку, руб.

При этом

$$N_{Odi} = \frac{L_i}{L_{Oд}}, \quad (8)$$

где  $L_i, L_{Oд}$  - срок службы  $i$ -объекта и спецодежды, лет.

4. Удельные издержки  $I_{Эi}$ , обусловленные нарушением требований охраны окружающей среды при ГО тракторов (попаданием ТСМ в почву) с применением  $i$ -объекта (вычисленные в руб. на операцию) определим следующим образом [13, 14, 15].

Для этого найдем величину экологического ущерба. В общем виде экологический ущерб от загрязнения земель определяется по формуле [14]:

$$У_T = Н_C \cdot S \cdot K_Э \cdot K_{П} \cdot K_{Хn}, \quad (9)$$

при  $Н_C > 0, S > 0, K_Э > 0, K_{П} > 0, K_{Хn} > 0,$

где  $Н_C$  - норматив стоимости земель, руб./га или руб./м<sup>2</sup>;

$S$  - площадь почв и земель, сохраненная от деградации за отчетный период времени в результате проведенных природоохранных мероприятий, га;

$K_Э$  - коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории;

$K_{П}$  - коэффициент для особо охраняемых территорий;

$K_{Хn}$  - повышающий коэффициент за предотвращение (ликвидацию) загрязнения земель несколькими ( $n$ ) химическими веществами.

Приведенное выражение (9) адаптируем для решения нашей задачи. Для этого найдем  $S$  по формуле

$$S_{Oi} = \frac{V_{ТСМi}}{V_{ТП}}, \quad (10)$$

где  $S_{Oi}$  - площадь почв и земель, подверженная деградации при выполнении операции с применением  $i$ -объекта, руб./м<sup>2</sup>;

$V_{ТСМi}$  - средняя масса ТСМ в расчете на операцию, поступающая в почву при ее проведении с использованием  $i$ -объекта, кг;

$V_{ТП}$  - предельная масса ТСМ, достаточная для того, чтобы привести к полной деградации почву на площади 1 м<sup>2</sup>, кг/м<sup>2</sup>.

Теперь подставим (10) в (9) и получим удельные издержки  $I_{Эi}$ , обусловленные попаданием ТСМ в почву –

$$I_{Эi} = Н_C \cdot S_{Oi} \cdot K_Э \cdot K_{П} \cdot K_{Хn},$$

или

$$I_{Эi} = Н_C \cdot \frac{V_{ТСМi}}{V_{ТП}} \cdot K_Э \cdot K_{П} \cdot K_{Хn}, \quad (11)$$

Таким образом, все слагаемые удельной стоимости функционирования  $i$ -объекта  $C_{Фi}$ , уравнений (1) и (2), найдены. Для упрощения математического описания процесс обслуживания представлен в виде алгебраической суммы его элементов. По каждому выделенному элементу найдена функциональная связь входных показателей (одного или нескольких) с одним и тем же выходным оценочным показателем. Каждая функция представлена в виде искомого математического описания процесса.

Анализ полученных результатов математического описания показывает, что удельная стоимость (в руб. на операцию) ТОР  $C_{ТОРi}$  (6), поверки  $C_{Mi}$  (7), зависит от  $N_{Oi}$  - числа

операций обслуживания за срок службы  $i$ -объекта при применении этого объекта по назначению. Удельная стоимость использования средства по назначению  $C_{иi}$  (3), а также удельные издержки, обусловленные нарушением требований охраны окружающей среды при ТО тракторов  $N_{эi}$  (10 или 11) не зависят от числа  $N_{oi}$ .

#### Литература

1. Альт В.В. Информационное обеспечение экспертизы состояния двигателей / В.В. Альт, И.П. Добролюбов, О.Ф. Савченко ; под ред. д.т.н. В.В. Альта. – РАСХН, Сиб. отд-ние. – СибФТИ. - Новосибирск : СО РАСХН, 2001. - 220 с.
2. Берденников Е.А. Повышение эффективности использования тракторного парка на основе учета индивидуальных показателей надежности: дис... канд. техн. наук: 05.20.03 / Евгений Алексеевич Берденников. – СПб.; Пушкин, 2001. 109 с.
3. Бурмистров В.А. К вопросу совершенствования организации технического обслуживания, ремонта и эксплуатации лесотранспортных машин / В.А. Бурмистров, С.А. Король, А.Ю. Арутюнян // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 7-3. – С. 507-510; URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=38768> (дата обращения: 27.02.2024).
4. ГОСТ 20793-2023. Тракторы и машины сельскохозяйственные. Техническое обслуживание. – Взамен ГОСТ 20793-2009; введ. 2023-05-15. – М. : Российский институт стандартизации, 2023. – 36 с.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта : с основами статистической обработки результатов исследований / Б.А. Доспехов. - 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Колос, 1979. – 416 с.
6. Ксенович И.П. Аспекты проектирования сложных вероятностных нелинейных динамических неавтономных систем / И.П. Ксенович // Тракторы и с.-х. машины. – 2007. – № 8. – С. 20-27.
7. Музыкин С.Н. Моделирование динамических систем / С.Н. Музыкин, Ю.М. Родионова. – Ярославль : Верх.-Волж. кн. изд-во, 1984. – 304 с.
8. Надежность и эффективность в технике : справочник : в 10 т. / ред. совет : В.С. Авдеевский (пред.) [и др.]. – М. : Машиностроение, 1986.  
Т. 1 : Методология. Организация. Терминология / под ред. А. И. Рембезы. – 224 с.
9. Надежность и эффективность в технике : справочник : в 10 т. / ред. совет : В.С. Авдеевский (пред.) [и др.]. – М. : Машиностроение, 1987.  
Т. 9 : Техническая диагностика / под общ. ред. В. В. Ключева, П. П. Пархоменко. – 352 с.
10. Немцев А.Е. Система технического сервиса в АПК : монография / А.Е. Немцев. - Новосибирск : РАСХН. Сиб. отд-ние. СибИМЭ, 2002. – 264 с.
11. Смирнов Н.В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений / Н.В. Смирнов, И.В. Дунин-Барковский. – 2-е изд., перераб. – М. : Наука, 1965. – 512 с.
12. Смыков С.В. Обоснование параметров и условий применения навесного агрегата для технического обслуживания машин: дисс. на соиск. уч. степени кандид. техн. наук по специальности 05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве. – зерноград, 2019. – 232 с.
13. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве : учеб. пособие для вузов / В.И. Черноиванов [и др.]; под ред. В.И. Черноиванова. – М. : ГОСНИТИ ; Челябинск : ЧГАУ, 2003. – 992 с.
14. Хабардина А.В. Совершенствование технологии и средств выполнения смазочно-заправочных операций при техническом обслуживании двигателей тракторов при их техническом обслуживании: дисс. на соиск. уч. степени кандид. техн. наук по специальности 05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве. – Новосибирск, 2021. – 200 с.

15. Чубарева М.В. Задача, критерий и алгоритм выбора технических средств диагностирования машин / М.В. Чубарева, А.В. Хабардин, В.Н. Хабардин // Вестник ИрГСХА. – 2011. – Вып. 47. – С. 108 – 115.

УДК 621.431: 621.892

### **СОЗДАНИЕ МИНИ-ЛАБОРАТОРИИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СВОЙСТВ МОТОРНОГО МАСЛА В УСЛОВИЯХ АПК**

**Капцевич В.М.**, д.т.н., профессор, **Корнеева В.К.**, к.т.н., доцент,  
**Закревский И.В.**, **Спиридович П.М.**, **Остриков В.В.**

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

В БГАТУ в рамках выполнения НИР «Разработка экспресс-методов контроля свойств моторного масла для оценки технического состояния и работоспособности тракторных двигателей в процессе их эксплуатации» ГПНИ «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность» создана мини-лаборатория экспресс-тестирования [1] (рисунок 1), позволяющая определять основные показатели качества моторного масла (ММ): плотность, вязкость, содержание топлива и воды, моюще-диспергирующие свойства, водородный показатель  $pH$ , количество сажи и механических примесей.



Рисунок 1 – Внешний вид мини-лаборатории для контроля свойств ММ

Для создания мини-лаборатории были разработаны методики экспресс-тестирования ММ, и спроектированы и изготовлены новые приспособления и устройства для их реализации.

Методика определения плотности основана на поэтапном взвешивании тарированных объемов ММ с последующим вычислением среднего значения его плотности [2].

Определение кинематической вязкости с применением изготовленного компаратора вязкости основано на сравнении скоростей течения по его измерительным каналам испытываемого и свежего ММ [3].

Методики определения содержания топлива, воды и оценки моюще-диспергирующих свойств основаны на использовании изготовленного универсального электротигля (рисунок 2) [4]. Для контроля наличия топлива в ММ экспериментально построена диагностическая кривая, позволяющая определить количество топлива по его температуре вспышки. Определение наличия и количества воды основано на наблюдении поведения капли ММ на нагретой поверхности электротигля с применением дополнительных приспособлений: конической вставки 1 и визуализирующего стекла 2. Разработанная методика определения моюще-диспергирующих свойств ММ включает обоснованный выбор фильтровальной бумаги и режимов проведения испытаний (объем капли, высота ее нанесения, температура и время сушки) с использованием дополнительных приспособлений: фиксатора капельницы 3 и набора держателей бумаги 4.