

УДК 004.42: 631.171

DOI 10.52575/2687-0932-2023-50-3-681-688

Программа для расчета удельной суммарной трудоемкости технического обслуживания тракторов при их односезонном использовании

Полковская М.Н., Хабардин В.Н.

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского
Россия, 664050, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный
E-mail: polk_mn@mail.ru

Аннотация. В работе приведено описание программы для расчета удельной суммарной трудоемкости технического обслуживания тракторов при их односезонном использовании. Математическое обеспечение программы представлено формулами, позволяющими на основании данных о сезонной наработке тракторов рассчитать удельную суммарную трудоемкость технического обслуживания. В алгоритмическом обеспечении сформулированы основные этапы расчета исследуемого показателя. Пользовательский интерфейс программы создан в виде кнопочной формы с использованием языка программирования Visual Basic for Applications. Предложенная программа может быть применима для расчета удельной суммарной трудоемкости технического обслуживания не только тракторов, но и других машин. Помимо практического применения на сельскохозяйственных предприятиях, программа может использоваться в образовательных учреждениях при обучении студентов.

Ключевые слова: математическое обеспечение, алгоритм, трудоемкость технического обслуживания, пользовательский интерфейс

Для цитирования: Полковская М.Н., Хабардин В.Н. 2023. Программа для расчета удельной суммарной трудоемкости технического обслуживания тракторов при их односезонном использовании. Экономика. Информатика, 50(3): 681–688. DOI: 10.52575/2687-0932-2023-50-3-681-688

Program for Calculating the Specific Total Labor Intensity of Tractor Maintenance During their One-Season Use

Marina N. Polkovskaya. Vasily N. Khabardin

Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky
Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, 664038, Russian Federation
E-mail: polk_mn@mail.ru

Abstract. Providing agricultural machinery with technical service throughout the entire life cycle is an urgent and at the same time time-consuming task. Automation of calculations of various indicators of maintenance of agricultural machines will reduce the time spent on their determination. Hence, the aim of the work is to create a program for calculating the specific total labor intensity of maintenance of tractors during their one-season use. The paper describes a program for calculating the specific total labor intensity of tractor maintenance during their one-season use. The method for determining the specific total labor intensity has been tested on experimental data on the limits of seasonal operating time and the probability of TO. The calculations were made using the tools of the Microsoft Excel program, the user interface was created in the Visual Basic for Applications programming language. The mathematical support of the program is represented by formulas that allow, based on the data on the seasonal operation of tractors, to calculate the specific total

labor intensity of maintenance. In the algorithmic support, the main stages of calculating the indicator under study are formulated. The proposed program can be used to calculate the specific total labor intensity of maintenance not only for tractors, but also for other machines. In addition to practical application in agricultural enterprises, the program can be used in educational institutions when teaching students.

Keywords: mathematical software, algorithm, complexity of maintenance, user interface

For citation: Polkovskaya M.N., Khabardin V.N. 2023. Program for Calculating the Specific Total Labor Intensity of Tractor Maintenance During their One-Season Use. Economics. Information technologies, 50(3): 681–688 (in Russian). DOI: 10.52575/2687-0932-2023-50-3-681-688

Введение

В настоящее время автоматизация и цифровизация охватывают разнообразные сферы деятельности человека: производственную, лесозаготовительную [Васенёв, 2022], сельскохозяйственную и др. В связи со значительными количественными и качественными изменениями парка сельскохозяйственной техники, а также изменяющимися условиями хозяйствования требуется совершенствование форм и правил использования машин, улучшение организации их обслуживания, ремонта и модернизации ремонтно-эксплуатационной базы (РЭБ) [Мишина, 2018].

Качественное и своевременное выполнение операций технического обслуживания (ТО) при использовании и хранении техники оказывают значительное влияние на окружающую среду, безопасность жизнедеятельности, здоровье людей и сохранность имущества [Пучин, 1998].

Обеспечение сельскохозяйственных машин техническим сервисом на протяжении всего жизненного цикла является актуальной и в то же время трудоемкой задачей [Мишина, 2018]. Кроме того, для определения межремонтного периода необходимо использовать различные показатели надежности элементов, составляющих конструкцию данного узла или машины, сгруппированные по своей схожести и кратным нормативным срокам службы [Хатунцев, 2019]. В связи с этим автоматизация расчетов различных показателей ТО сельскохозяйственных машин значительно снижает временные затраты на их определение. Отсюда целью работы является создание программы для расчета удельной суммарной трудоемкости ТО тракторов при их односезонном использовании.

Материалы и методы

Программа предназначена для расчета удельной суммарной трудоемкости ТО тракторов при их односезонном использовании на основе нормального закона распределения вероятностей сезонной наработки этих машин [Полковская, Хабардин, 2022].

Методика определения удельной суммарной трудоемкости апробирована на экспериментальных данных о пределах сезонной наработки и вероятности ТО. Расчеты произведены с использованием инструментов программы Microsoft Excel, пользовательский интерфейс создан на языке программирования Visual Basic for Applications.

Результаты и их обсуждение

Математическое обеспечение. Удельная суммарная трудоемкость ТО машин, используемых на сельскохозяйственном предприятии, определяется как отношение суммарной трудоемкости технических обслуживаний машин к их суммарной наработке [Хабардин, Полковская, Шелкунова, 2022.]

$$T_{qi} = \frac{T_{Ci}}{\tau_{Ci}}, \quad (1)$$

где T_{qi} – удельная суммарная трудоемкость ТО i -й марки машин; T_{Ci} , τ_{Ci} – суммарная трудоемкость ТО i -х машин и их суммарная наработка за сезон.

Суммарная трудоемкость ТО i -й марки машин T_{Ci} для односезонного порядка использования рассчитывается по формуле

$$T_{Ci} = T_{T1Ci} + T_{T2Ci} + T_{XCi}, \quad (2)$$

где T_{T1Ci} , T_{T2Ci} – суммарная трудоемкость ТО-1 и ТО-2 i -той марки машин; T_{XCi} – суммарная трудоемкость снятия и подготовки машин к хранению. Для определения значений данных показателей используются следующие формулы:

$$T_{T1Ci} = T_{T1i} n_{Mi} P_{T1i}, \quad (3)$$

$$T_{T2Ci} = T_{T2i} n_{Mi} P_{T2i}, \quad (4)$$

$$T_{XCi} = T_{Xi} n_{Mi}, \quad (5)$$

где n_{Mi} – количество машин i -й марки, используемых односезонно; T_{T1i} , T_{T2i} , T_{Xi} – операционная трудоемкость ТО-1, ТО-2 и ТО при снятии и подготовке машин i -й марки к хранению; P_{T1i} , P_{T2i} – вероятность ТО-1 и ТО-2.

Преобразовав уравнение (2), получим

$$T_{Ci} = (T_{T1i} P_{T1i} + T_{T2i} P_{T2i} + T_{Xi}) n_{Mi}. \quad (6)$$

Значение τ_{Ci} определяется по формуле

$$\tau_{Ci} = \tau_{1i} + \tau_{2i} + \tau_{3i} + \dots + \tau_{ni} \quad (7)$$

или

$$\tau_{Ci} = \bar{\tau}_i n_{Mi}, \quad (8)$$

где τ_{1i} , τ_{2i} , τ_{3i} , ..., τ_{ni} – сезонная наработка 1-й, 2-й, 3-ей и n -й машины i -й марки; $\bar{\tau}_i$ – математическое ожидание (среднее значение) сезонной наработки i -й марки машин.

Подставив в выражение (1) правые части уравнений (6) и (8), получим

$$T_{qi} = \frac{T_{T1i} P_{T1i} + T_{T2i} P_{T2i} + T_{Xi}}{\bar{\tau}_i}. \quad (9)$$

Для расчета вероятностей ТО (P_{T1i} , P_{T2i}) необходимо на основании критериев согласия подобрать закон распределения вероятностей, согласно которому вычисляют вероятность ТО в заданных интервалах наработки, кратных периодичности ТО (125 моточ.) [Хабардин, Полковская, Шелкунова, 2022.].

В связи с этим формула для нахождения вероятностей ТО имеет вид:

$$P_{Ti}^n = \int_{\alpha}^{\beta} f(\tau) d\tau, \quad (10)$$

где n – номер интервала наработки, α – нижняя граница интервала наработки, β – верхняя граница интервала наработки. Аналогичным образом определяют P_{T2i} .

Расчет удельной суммарной трудоемкости ТО машин для различных значений T_{T1i} , T_{T2i} и P_{T1i} , P_{T2i} , соответствующих пределам сезонной наработки машин, осуществляют по следующим формулам:

$$T_{125qi} = \frac{T_{Xi}}{\tau_i}, \quad (11)$$

$$T_{250qi} = \frac{T_{T1(1)i} P_{T1(1)i} + T_{Xi}}{\tau_i}, \quad (12)$$

$$T_{375qi} = \frac{T_{T1(1)i} P_{T1(1)i} + T_{T1(2)i} P_{T1(2)i} + T_{Xi}}{\tau_i}, \quad (13)$$

$$T_{500qi} = \frac{T_{T1(1)i} P_{T1(1)i} + T_{T1(2)i} P_{T1(2)i} + T_{T1(3)i} P_{T1(3)i} + T_{Xi}}{\tau_i}, \quad (14)$$

$$T_{625qi} = \frac{T_{T1(1)i} P_{T1(1)i} + T_{T1(2)i} P_{T1(2)i} + T_{T1(3)i} P_{T1(3)i} + T_{T2i} P_{T2i} + T_{Xi}}{\tau_i}, \quad (15)$$

$$T_{750qi} = \frac{T_{T1(1)i} P_{T1(1)i} + T_{T1(2)i} P_{T1(2)i} + T_{T1(3)i} P_{T1(3)i} + T_{T2i} P_{T2i} + T_{T1(4)i} P_{T1(4)i} + T_{Xi}}{\tau_i}, \quad (16)$$

$$T_{875qi} = \frac{T_{T1(1)i} P_{T1(1)i} + T_{T1(2)i} P_{T1(2)i} + T_{T1(3)i} P_{T1(3)i} + T_{T2i} P_{T2i} + T_{T1(4)i} P_{T1(4)i} + T_{T1(5)i} P_{T1(5)i} + T_{Xi}}{\tau_i}, \quad (17)$$

$$T_{1000qi} = \frac{T_{T1(1)i} P_{T1(1)i} + T_{T1(2)i} P_{T1(2)i} + T_{T1(3)i} P_{T1(3)i} + T_{T2i} P_{T2i} + T_{T1(4)i} P_{T1(4)i} + T_{T1(5)i} P_{T1(5)i} + T_{T1(6)i} P_{T1(6)i} + T_{Xi}}{\tau_i}. \quad (18)$$

Алгоритмическое обеспечение. Для расчета удельной суммарной трудоемкости ТО тракторов при их односезонном использовании на первом этапе осуществляют ввод исходных данных (фактических или экспериментальных) (рис. 1).

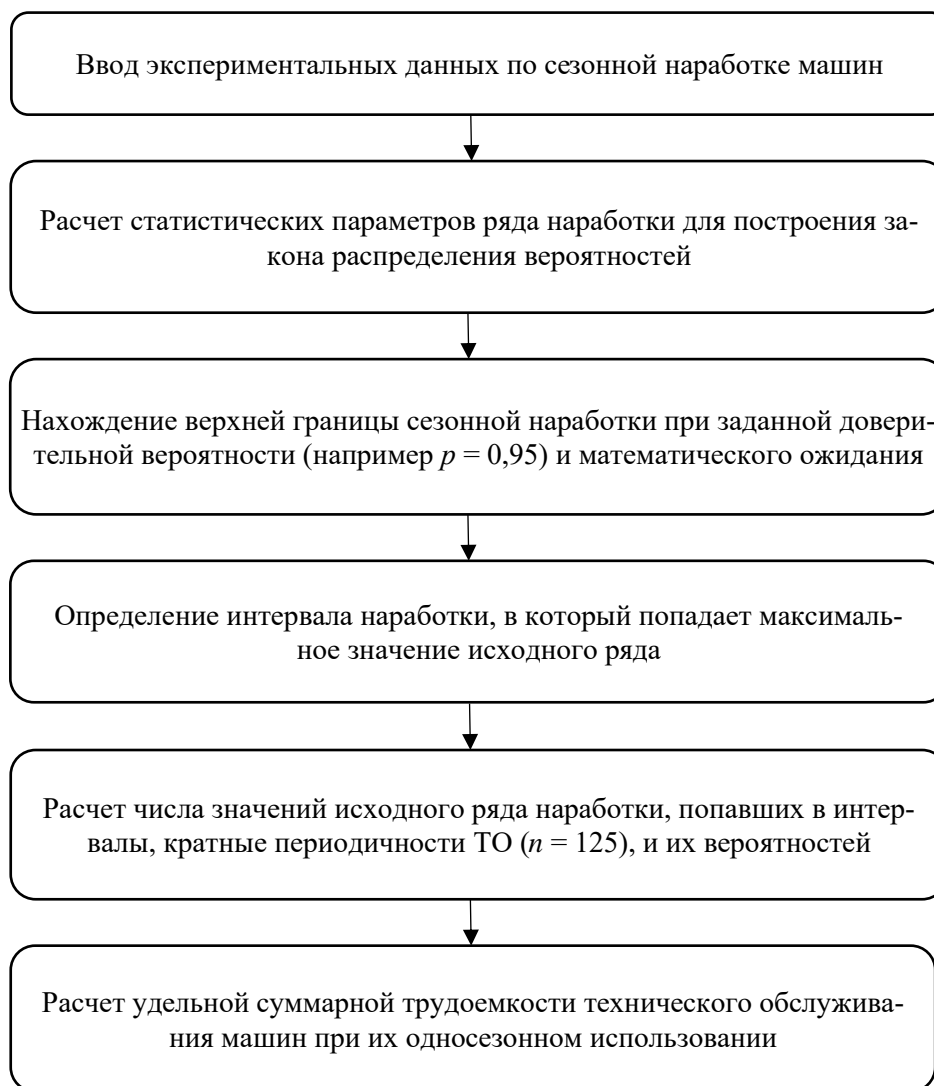


Рис. 1. Алгоритм расчета удельной суммарной трудоемкости технического обслуживания тракторов при их односезонном использовании
Fig. 1. Algorithm for calculating the specific total labor intensity of tractor maintenance during their one-season use

Затем методом моментов определяют статистические параметры данных о сезонной наработке машин: математическое ожидание (среднее значение) и стандартное (средне-квадратическое) отклонение.

В качестве закона распределения вероятностей исследуемого параметра был принят нормальный, соответствие которого подтверждено критериями согласия. На следующем этапе была определена верхняя граница сезонной наработки, соответствующая доверительной вероятности 0,95, и произведен расчет математического ожидания ряда.

После этого исходные данные были поделены на интервалы, кратные периодичности ТО. В завершение выполнен расчет числа значений исходного ряда наработки, попавших в эти интервалы, для каждого из которых по формуле (10) вычислена вероятность ТО. В зависимости от значения верхней границы сезонной наработки из (11)-(18) была выбрана формула для расчета удельной суммарной трудоемкости ТО машин при их односезонном использовании (чел.-ч./моточ.).

Пользовательский интерфейс. Для автоматизации расчета удельной суммарной трудоемкости ТО при односезонном использовании машин создана одноименная программа. Расчеты проведены с помощью встроенных функций Microsoft Excel, кнопочная форма создана в Visual Basic for Applications [Александр, Куслейка, 2018] (рис. 2).

Рис. 2. Окно программы для расчета удельной суммарной трудоемкости технического обслуживания тракторов при их односезонном использовании
 Fig. 2. Program window for calculating the specific total labor intensity of technical maintenance of tractors during their one-season use

Окно программы состоит из кнопок и текстовых полей, в которые выводят результаты расчетов. Следует отметить, что при вычислении удельной суммарной трудоемкости необходимо соблюдать последовательность, представленную в алгоритме (рис. 2).

Для этого сначала с помощью кнопки «Расчитать статистические параметры» определяют среднее значение и стандартное отклонение исходного ряда (рис. 3).

Затем находят верхнюю границу сезонной наработки. На основании значений, полученных на первом и втором шаге, определяют вероятности интервалов сезонной наработки. Заключительным шагом является расчет удельной суммарной трудоемкости ТО тракторов при их односезонном использовании.

Рис. 3. Последовательность расчета удельной суммарной трудоемкости технического обслуживания тракторов при их односезонном использовании
 Fig. 3. The sequence of calculating the total amount of technical maintenance of tractors for their one-season use

Заклучение

В работе приведено математическое и алгоритмическое обеспечение программы, предназначенной для расчета удельной суммарной трудоемкости ТО машин при их односезонном использовании на сельскохозяйственных предприятиях. Кроме того, представлен пользовательский интерфейс данной программы. Предложенная программа может быть применима на практике в сельскохозяйственных предприятиях, а также в образовательных учреждениях при обучении студентов.

Список источников

Полковская М.Н., Хабардин В.Н. Программа для расчета удельной суммарной трудоемкости технического обслуживания тракторов при их односезонном использовании. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2022662424, 04.07.2022. Заявка № 2022661197 от 16.06.2022.

Список литературы

- Александр М., Куслейка Р. 2018. Excel 2016. Профессиональное программирование на VBA. М: Альфа – книга: 784.
- Васнев М.Ю. 2022. Информационная система управления лесозаготовками в рамках концепции «Индустрия 4.0»: Структура, оценка эффективности. Экономика. Информатика, 49(2): 383–393.
- Мишина З.Н. 2018. Состояния инженерно-технического обеспечения сельскохозяйственного производства России. Труды ГОСНИТИ, 130: 12-19.
- Мишина З.Н. 2018. Техническое сопровождение сельскохозяйственной техники в течение всего жизненного цикла машин. Техника и оборудование для села, 5: 41-43.
- Пучин Е.А. 1998. Методические основы разработки и внедрение ресурсосберегающих технологий технического обслуживания сельскохозяйственной техники. автореферат дис. ... доктора технических наук. Москва.
- Хабардин В.Н., Полковская М.Н., Шелкунова Н.О. 2022. Методика определения технико-экономических показателей технического обслуживания машин при их односезонном использовании. Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 4 (96): 112-116.
- Хатунцев В.В., Духанин С.Е., Аверин О.Р. 2019. Анализ методов определения межремонтного периода сельскохозяйственной техники. Наука и Образование, 2(4): 284.

References

- Aleksander M., Kusleyka R. 2018. Excel 2016. Professional'noye programmirovaniye na VBA [Professional VBA Programming.]. Moscow: Al'fa – kniga: 784.
- Vasnev M.Yu. 2022. Informatsionnaya sistema upravleniya lesozagotovkami v ramkakh kontseptsii «Industriya 4.0»: Struktura, otsenka effektivnosti [Logging management information system within the framework of the concept «Industry 4.0»: Structure, performance evaluation]. Ekonomika. Informatika, 49(2): 383–393.
- Mishina Z.N. 2018. Sostoyaniya inzhenerno-tekhnicheskogo obespecheniya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva Rossii [The state of engineering and technical support of agricultural production in Russia]. Trudy GOSNITI, 130: 12-19.
- Mishina Z.N. 2018. Tekhnicheskoye soprovozhdeniye sel'skokhozyaystvennoy tekhniki v techeniye vsego zhiznennogo tsikla mashin [Technical support of agricultural machinery throughout the life cycle of machines]. Tekhnika i oborudovaniye dlya sela, 5: 41-43.
- Puchin E.A. 1998. Metodicheskkiye osnovy razrabotki i vnedreniye resursosberegayushchikh tekhnologiy tekhnicheskogo obsluzhivaniya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Methodological bases for the development and implementation of resource-saving technologies for the maintenance of agricultural machinery]. avtoreferat dis. ... doktora tekhnicheskikh nauk. Moskva.
- Khabardin V.N., Polkovskaya M.N., Shelkunova N.O. 2022. Metodika opredeleniya tekhniko-ekonomicheskikh pokazateley tekhnicheskogo obsluzhivaniya mashin pri ikh odnosezonnom ispol'zovanii [Methodology for determining the technical and economic indicators of the maintenance of machines during their one-season use]. Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 4 (96): 112-116.

Khatuntsev V.V., Dukhanin S.Ye., Averin O.R. 2019. Analiz metodov opredeleniya mezhremontnogo perioda sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Analysis of methods for determining the overhaul period of agricultural machinery]. *Nauka i Obrazovaniye*, 2(4): 284.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: о potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Полковская Марина Николаевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информатики и математического моделирования, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, п. Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия

Хабардин Василий Николаевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка, безопасности жизнедеятельности и профессионального обучения, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, п. Молодежный, Иркутский район, Иркутская область, Россия

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Marina N. Polkovskaya, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Computer Science and Mathematical Modeling, Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky, Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russian Federation

Vasily N. Khabardin, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Machine and Tractor Fleet Operation, Life Safety and Vocational Training, Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky, Molodezhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russian Federation