

УДК 631.331

UDC 631.331

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки, сельскохозяйственные науки)

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences, agricultural sciences)

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ТРАКТОРОВ

INTEGRATED ASSESSMENT OF THE RELIABILITY OF MODERN TRACTORS

Шапиро Евгений Александрович
К.т.н., доцент
РИНЦ SPIN – код: 5975-4917

Shapiro Evgeny Aleksandrovich
Cand.Tech.Sci., docent
RSCI SPIN-code: 5975-4917

Труфляк Евгений Владимирович
Д.т.н., профессор
Scopus Author ID: 57188716454
РИНЦ SPIN – код: 2502-0340

Trufllyak Evgeny Vladimirovich
Dr.Sci.Tech, professor
Scopus Author ID: 57188716454
RSCI SPIN code: 2502-0340

Юрочкин Олег Юрьевич
магистрант
РИНЦ SPIN – код: 7891-3774
ФГБОУ ВО «Кубанский ГАУ», Краснодар, Россия

Yurochkin Oleg Yuryevich
undergraduate student
RSCI SPIN code: 7891-3774
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

В данной статье рассматриваются вопросы, непосредственно связанные с интегральной оценкой надежности современных тракторов. Объектом исследования в данной работе является процесс производственной и технической эксплуатации современных тракторов на современном этапе рыночной экономики, а предмет представляет интегративная оценка надежности современных тракторов, которая в настоящей статье дается на примере современных тракторов БЕЛАРУС МТЗ-82.1. Предложено интегральный показатель, равно как и его слагаемые, представлять не статическими, а динамическими величинами в виде функций продолжительности эксплуатации современного трактора

This article discusses issues directly related to the integrated reliability assessment of modern tractors. The object of research in this work is the process of production and technical operation of modern tractors at the present stage of the market economy, and the subject is an integrative assessment of the reliability of modern tractors, which in this article is given on the example of modern tractors BELARUS MTZ-82.1. It is proposed that the integral indicator, as well as its components, be represented not by static, but by dynamic values in the form of functions of the duration of operation of a modern tractor

Ключевые слова: СОВРЕМЕННЫЙ ТРАКТОР БЕЛАРУС МТЗ-82.1, ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА, НАДЕЖНОСТЬ, БАЛЬНАЯ ОЦЕНКА, ИНТЕНСИВНОСТЬ СТАРЕНИЯ, РЕМОНТНЫЙ ЦИКЛ

Keywords: MODERN TRACTOR BELARUS MTZ-82.1, INTEGRAL ASSESSMENT, RELIABILITY, POINT ASSESSMENT, AGING INTENSITY, REPAIR CYCLE

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-205-030>

Введение. Надежность современных с.-х тракторов и их конструктивных элементов – одна из актуальных проблем современной рыночной экономики России.

В связи с этим, объективная оценка, количественное измерение надежности – важный аспект этой проблемы, исходная предпосылка

<http://ej.kubagro.ru/2025/01/pdf/30.pdf>

ее практического решения, поскольку научно-техническая информация об уровне надежности этих тракторов имеет не меньшую ценность, чем достижение данного уровня [1].

Такая информация служит каналом обратной связи, который воздействует на процессы изготовления, эксплуатации и ремонта, современных с.-х тракторов, вносит коррективы в эти процессы в интересах повышения надежности техники.

Применяемые в этих целях единичные и комплексные оценочные показатели характеризуют в определенной мере отдельные или групповые свойства надежности современных тракторов [1].

При этом каждый из этих показателей имеет различную сущность и индивидуальные, несовместимые с другими по размерности измерители. Это усложняет общую оценку, не дает однозначного ответа на вопрос о количественном значении надежности данной марки трактора.

Еще сложнее на основе системы показателей сравнивать надежность различных марок современных тракторов: у одних лучшими могут быть одни показатели, у других – другие, а общий уровень надежности оказывается неопределенным.

Не решает проблемы и балльная оценка надежности, учитывающая значимость единичных показателей с помощью условно сопоставимых коэффициентов.

Органический недостаток такого метода – субъективизм, так как весомость показателей не поддается строгой оценке при самой высокой компетенции экспертов.

Вследствие этого возникает настоятельная необходимость дополнить принятую систему показателей надежности современных тракторов обобщающим, который должен соединить все частные показа-

тели, синтезируя в себе с достаточной полнотой и точностью все свойства надежности.

Несомненно, что обобщение разнородных по содержанию и способам измерения единичных показателей в единый интегральный возможно лишь на экономической основе. Такой подход учитывает современное состояние «Агроинженерии»: в настоящее время нет иных, более совершенных универсальных критериев для обобщенной оценки эксплуатационных свойств современных тракторов.

Целью исследования в настоящей статье является рассмотрение научных проблем, непосредственно связанных с интегральной оценкой надежности современных тракторов.

Объектом исследования в данной работе является процесс производственной и технической эксплуатации современных тракторов на современном этапе рыночной экономики.

Предмет исследования представляет интегративная оценка надежности современных тракторов, которая в настоящей статье дается на примере современных тракторов БЕЛАРУС МТЗ-82.1.

Основными задачами исследования являются:

- краткое рассмотрение единичных и комплексных оценочных показателей, характеризующих в определенной мере отдельные или групповые свойства надежности современных тракторов;
- проверка гипотезы о том, что интегральный показатель, равно как и его слагаемые, целесообразно представить не статическими, а динамическими величинами.

В настоящей статье используются **материалы и методы**, которые непосредственно связаны с интегральной оценкой надежности современных с.-х тракторов:

- 1) как единичный, так и целостный метод оценки исследуемых показателей надежности;

- 2) системный и комплексный подходы;
- 3) экспериментальные материалы по надежности современных тракторов БЕЛАРУС МТЗ-82.1, которые были получены авторами в агрохозяйствах Динского района Краснодарского края;
- 4) применение способа подконтрольных наблюдений за современными с.-х тракторами, и др.

Рассматривая **результаты проведенных исследований**, необходимо отметить, что из применяемых комплексных показателей надежности в качестве обобщающего нередко принимают удельные затраты на реализацию технического ресурса: отношение суммарных затрат на техническое обслуживание (ТО) и ремонт к наработке до предельного состояния.

Эти затраты зависят от безотказности, долговечности, ремонтно-пригодности и сохраняемости. В них, следовательно, аккумулируются все свойства надежности современных тракторов.

Однако они не учитывают потери от простоев тракторов по техническим причинам. Тем самым их безотказность и ремонтнопригодность отражается не в полной мере. Следовательно, затраты на обеспечение работоспособности в расчете на единицу ресурса не могут служить обобщающим показателем надежности тракторов.

Авторы монографии [1] считают, что обобщающую экономическую характеристику надежности зерноуборочных комбайнов представляют затраты на приобретение, техническое обслуживание и ремонт, включая потери от простоев по техническим причинам, отнесенные к продолжительности их производственной эксплуатации.

При таком научном подходе всякое повышение или снижение цены современных тракторов создает видимость изменения их надежности. Между тем цена трактора, абстрагируясь от конъюнктурных факторов, обусловлена не только требованиями надежности, но и

другими качественными характеристиками: мощностью, производительностью, комфортом и т. д.

Поэтому не следует в показателе надежности учитывать полную стоимость трактора данной марки. Очевидно, обобщающий показатель надежности должен учитывать лишь издержки, связанные с ненадежностью машины [1]. Важно при этом, чтобы он был и достаточно гибким и отражал динамику состояния машины, изменение ее надежности в зависимости от продолжительности и условий производственной и технической эксплуатации, качества технического обслуживания и ремонта.

На наш взгляд, таким показателем может служить сумма затрат на обеспечение работоспособности и потерь от снижения производительности стареющего трактора, приходящихся на единицу наработки за определенный срок его использования.

Затраты на техническое обслуживание и ремонт, включая расходы на содержание ремонтно-обслуживающей базы, синтезируют в себе безотказность, ремонтпригодность и сохраняемость трактора, а также долговечность его конструктивных и неконструктивных элементов. Отнесенные к наработке до предельного состояния, они характеризуют и долговечность современного трактора в целом.

Потери от снижения производительности, как и затраты на техническое обслуживание и ремонт, также представляют прямое следствие ненадежности современных тракторов.

По мере их изнашивания и старения ухудшаются эксплуатационные характеристики, возрастает число и сложность отказов, увеличивается время простоев, связанных с техническим обслуживанием и ремонтом. В результате снижаются часовая и сменная производительность, сокращается число отработанных смен. Свое конечное выражение это находит в уменьшении годовой наработки.

Со снижением производительности по мере старения современных тракторов связаны двоякого рода издержки. К ним относятся: рост единовременных и эксплуатационных затрат на выполняемую работу; расходы на содержание дополнительной техники (в дальнейшем резерва) для компенсации убывающей производительности стареющих машин и выполнения необходимых объемов работ в обусловленные технологическим процессом агротехнические сроки.

Издержки первого рода могут непосредственно учитываться по приросту приведенных затрат на единицу фактической наработки.

Необходимо также отметить, что затраты на поддержание работоспособности и потери от снижения производительности полностью учитывают экономические последствия ненадежности современных тракторов, включая и ущерб от простоев по техническим причинам.

Поскольку параметры надежности нестабильны, интегральный показатель, равно как и его слагаемые, целесообразно представлять не статическими, а динамическими величинами в виде функций продолжительности эксплуатации современного трактора, т. е.

$$Q(t) = \frac{[P(t) + F(t)]}{t}, \quad (1)$$

где $Q(t)$ – интегральный показатель надежности современного трактора;

$P(t)$ – суммарные затраты на техническое обслуживание и ремонт тракторов;

$F(t)$ – суммарные потери от снижения производительности;

t – продолжительность эксплуатации современного трактора.

Если вид и параметры функций, входящих в выражение (1), известны, можно определить интегральный показатель надежности на любом отрезке амортизационного срока.

Его среднее значение в интервале времени или наработки $[t_1; t_2]$ можно найти по следующему математическому выражению:

$$\bar{Q}(t) = \int_{t_1}^{t_2} \frac{[P(t) + F(t)] dt}{(t_2 - t_1)}. \quad (2)$$

В свою очередь, скорость изменения интегрального показателя надежности современного трактора определяется так:

$$q(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P[(t + \Delta t) - P(t) + [E(t + \Delta t) - F(t)]]}{\Delta t}. \quad (3)$$

При этом необходимо отметить, что выражение (3) в обобщенном виде характеризует интенсивность старения современных тракторов (интенсивность старения – это скорость изменения интегрального показателя надежности, количественно измеряемая как первая производная следующей функции (4):

$$Q(W) = dW^{m-1} + gW^{n-1} = bW^\alpha. \quad (4)$$

Данная функция представляет собой интегративный показатель надежности современного трактора в пределах ремонтного цикла.

Интегральные показатели надежности и интенсивности старения в совокупности достаточно полно отражают количественные значения и стабильность свойств надежности современных тракторов в любой период и момент функционирования.

Этим обусловлена их важность для решения практических задач оценки и прогнозирования надежности, а, следовательно, и управления этим показателем качества тракторов.

Для большей наглядности можно пользоваться величиной $Q(t)^{-1}$, обратной интегральному показателю, – отношением наработки к ин-

тегральным издержкам. Чем эта величина больше, тем выше уровень надежности современного трактора.

При этом, относительный уровень надежности определяется соотношением интегральных показателей оцениваемой и базовой машин за сопоставимый период эксплуатации.

На основе изложенных методических принципов авторами были определены обобщающие характеристики надежности современных тракторов БЕЛАРУС МТЗ-82.1 по массовым данным их производственной эксплуатации в хозяйствах Динского района Краснодарского края.

В таблице 1 в качестве примера приведены показатели затрат на поддержание работоспособности и потерь от снижения производительности тракторов БЕЛАРУС МТЗ-82.1 в зависимости от продолжительности их эксплуатации до капитального ремонта.

Таблица 1. – Изменение затрат на поддержание работоспособности от снижения производительности тракторов БЕЛАРУС МТЗ-82.1 до капитального ремонта

Срок эксплуатации, лет	Годовая наработка, t, мото-ч	Удельные затраты на ТО и текущий ремонт, тыс. руб. на 1 у.э.га		Обобщенный показатель надежности, тыс. руб на на 1 у.э.га	
		средние	среднепрогрессивные	при средних затратах на ТО и ТР	при среднепрогрессивных затратах на ТО и ТР
1	1286	0,24	0,07	0,24	0,08
2	1190	0,36	0,15	0,48	0,25
3	1114	0,47	0,21	0,63	0,38
4	1045	0,52	0,22	0,85	0,56
5	983	0,54	0,26	1,04	0,67
6	926	0,62	0,24	1,18	0,85

Аналогичные данные были установлены и по другим маркам тракторов. Из табл. 1 видно, что у тракторов свойства надежности существенно различны до капитального ремонта, и эти различия отражают соответствующие обобщающие показатели.

В свою очередь, графическое изображение теоретической и опытной плотности распределения годовой наработки современных тракторов БЕЛАРУС МТЗ-82.1 приведено на рисунке 1.

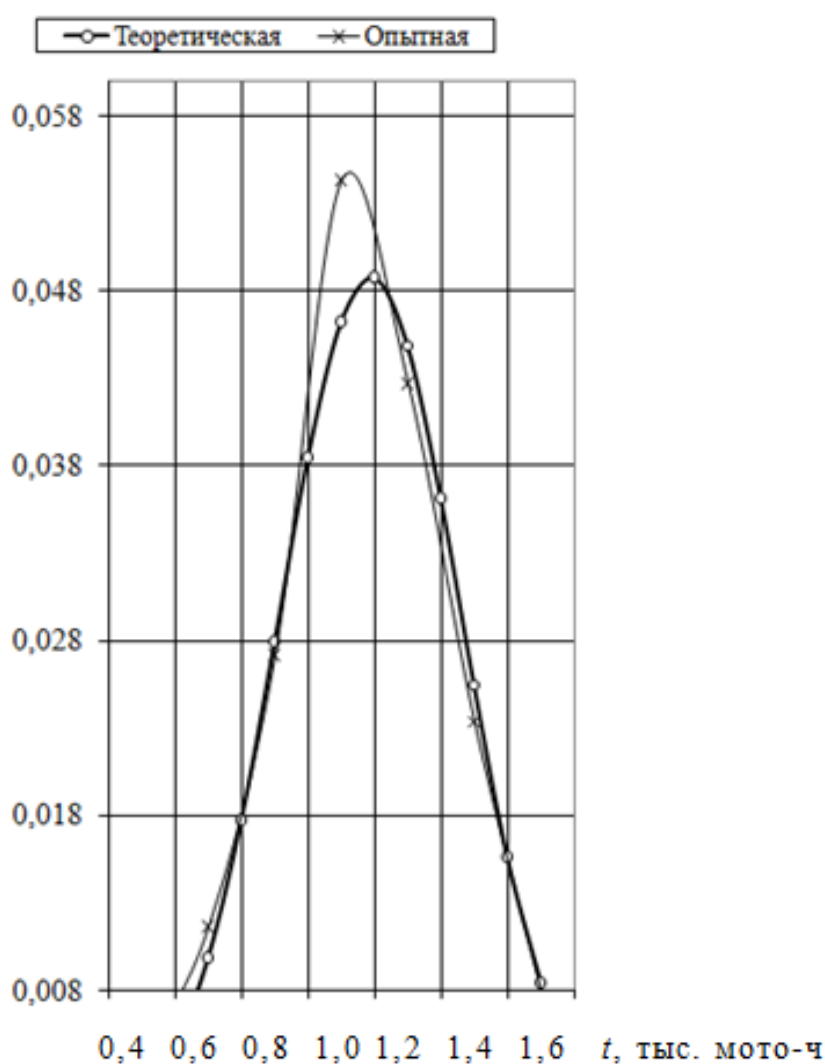


Рисунок 1 – Теоретическая и опытная плотность распределения годовой наработки современных тракторов БЕЛАРУС МТЗ-82.1

Изменения эксплуатационных характеристик современных тракторов в зависимости от продолжительности их использования могут быть выражены функциями срока службы в годах или количества выполненной работы в принятых единицах наработки.

Следует отметить, что вид функция срока службы трактора непосредственно отражается на оценке изучаемого процесса. При этом, современные тракторы изнашиваются преимущественно во время работы, поэтому в данном случае предпочтительнее функции наработки в доремонтном и межремонтном периодах эксплуатации.

Анализ показал, что закономерности изменения затрат и потерь, связанных с ненадежностью тракторов, в пределах ремонтного цикла хорошо согласуются со степенными зависимостями [1].

В данном случае интегральный показатель надежности в пределах ремонтного цикла представляет собой функцию (4).

Заключение.

Теоретическим анализом и синтезом было показано, что интегральный показатель, равно как и его слагаемые, можно представить не статически, а динамическими величинами.

При этом, закономерности изменения затрат и потерь, связанных с ненадежностью современных тракторов, в пределах ремонтного цикла, хорошо согласуются со степенными зависимостями, а распределение годовой наработки современных тракторов БЕЛАРУС МТЗ-82.1 хорошо описывается нормальным законом.

Библиографический список

1. Чеботарев М.И. Обеспечение надежности зерноуборочных комбайнов при технической эксплуатации [Текст]: монография / М.И. Чеботарев, М.Н. Тимофеев, Е.А. Шапиро.– Краснодар:КубГАУ, 2022. – 125 с.

References

1. Chebotarev M.I. Obespechenie nadezhnosti zernouborochnykh kombajnov pri tehnicheskoj jekspluatacii [Tekst]: monografija / M.I. Chebotarev, M.N. Timofeev, E.A. Shapiro.– Krasnodar:KubGAU, 2022. – 125 s.