

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ СЕМЕЙСТВА «БЕЛАРУС»

Н.И. Зезетко, гл. конструктор тракторного производства (ОАО «Минский тракторный завод»)

Аннотация

Рассматриваются потребительские свойства колесных тракторов и их показатели. Приводятся различные методы оценки потребительских свойств и их сравнение. Дан пример оценки потребительских свойств трактора БЕЛАРУС-921 в сравнении с трактором New Holland TN 90 F.

Consumer properties of wheeled tractors and their indicators are considered. The various methods of assessment of consumer properties and their comparison are given. It is an example of evaluation of consumer properties of tractors Belarus-921 in comparison with the tractor New Holland TN 90 F.

Введение

Колесные тракторы эксплуатируются в различных погодно-климатических и природных условиях. Требования, предъявляемые к ним, весьма разнообразны и противоречивы. Для удовлетворения этих требований необходимо наличие ряда эксплуатационных свойств, характеризующих в комплексе эффективность, комфортность, безопасность и экономичность трактора вместе с агрегируемой машиной или орудием, в дальнейшем именуемым как машинно-тракторный агрегат (МТА). Комплекс эксплуатационных свойств называется «Потребительские свойства машины» в соответствии с СТБ 1218-2000 и определяется как совокупность технических, эстетических и других свойств продукции, создающих ей полезный эффект и привлекательность для потребления.

Основная часть

Потребительские свойства продукции оцениваются рядом комплексных и единичных показателей.

Показатель потребительских свойств может оцениваться:

- в сравнении с показателями трактора, принятого в качестве аналога;
- расчетным путем;
- статическими методами;
- по результатам сравнительных испытаний.

При этом источниками информации могут быть:

- международные и национальные стандарты и другие нормативные документы с требованиями к тракторам и сельскохозяйственной технике;
- справки маркетинг-центров заводов и других организаций о состоянии и тенденциях развития рынка;
- каталоги и проспекты ведущих фирм, периодические издания;
- отчеты специалистов заводов или других организаций, в том числе НИИ, ВУЗов и т.д. о посещениях международных выставок и ярмарок;

- протоколы испытаний;
- патенты на изобретения, свидетельства на промышленные образцы;
- аналитические обзоры, статьи в технической литературе и научные публикации, посвященные теории, проектированию и расчету тракторов;
- карты технического уровня и качества;
- результаты анкетирования потребителей и специалистов;
- другие источники.

Существуют различные классификации потребительских свойств продукции, каждая из которых может отражать различные аспекты исследуемой проблемы.

По одной из наиболее распространенных классификаций [1] потребительские свойства трактора условно можно разделить на три группы:

- 1) характеризующие приспособленность трактора к выполнению технологических требований, вытекающих из условий работы, или технологические (агротехнические);
- 2) определяющие производительность и экономичность работы агрегата, или технико-экономические;
- 3) обеспечивающие комфорт водителя и его безопасность, или общетехнические.

Технологические (агротехнические) потребительские свойства представляют собой ряд свойств, связанных в основном с проходимостью и маневренностью трактора. В качестве показателей для определения проходимости используют давление на грунт, буксование, агротехнический и дорожный просвет, тип и конструктивные особенности движителя, габаритную высоту и ширину машины.

Технико-экономические потребительские свойства определяются в основном производительностью и экономичностью трактора. Производительность трактора характеризуется объемом выполненной работы за единицу времени при соблюдении заданных условий технологического процесса и может опреде-

ляться, например, размером обработанной площади, массой перевозимого груза за единицу времени и др. В соответствии с этим производительность оценивается такими показателями, как мощность двигателя, запас крутящего момента и коэффициента приспособляемости, диапазон тяговых усилий и скоростей движения, тип навесного устройства и вала отбора мощности и т.д.

Экономичность трактора определяется себестоимостью выполненных работ и зависит от следующих показателей: расхода топлива, смазочных материалов и их стоимости, затрат на заработную плату водителей, расходов на техническое обслуживание и ремонт, размеров отчислений на амортизацию и т.д. В теории трактора [2] рассматриваются в основном вопросы топливной экономичности агрегата и ее зависимости от расхода топлива при различных эксплуатационных режимах, потерь, возникающих при движении машины, подбора диапазонов и количества передач, других конструктивных и эксплуатационных показателей.

Существует и другая классификация потребительских свойств машины [3]. В качестве классификационного признака приняты свойства машин, преимущественно характеризующие те или иные показатели этих свойств (табл. 1).

Перечисленные в табл. 1 потребительские свойства машины в большей или меньшей мере взаимосвязаны между собой, поэтому правильнее говорить о «преимущественном» влиянии той или иной группы свойств на определенные факторы. Наиболее тесная связь имеет место между свойствами технологичности конструкции и ресурсоемкости машины. Технологичность конструкции характеризует свойства, определяющие приспособленность конструкции к достижению оптимальных (наименьших) затрат ресурсов при производстве, эксплуатации и ремонте машины. Иными словами, технологичность определяет возможность снижения затрат до оптимального уровня. Ресурсоемкость машины характеризует свойство, определяющее фактическое количество ресурсов, вложенных при изготовлении машины, эксплуатации, ремонте и использовании. Такие показатели, как унификация, типизация, универсализация, приспособленность к техническому обслуживанию и ремонту, транспортабельность относятся только к свойствам технологичности конструкции.

Схема взаимодействия элементов системы

Существует тесная связь также между свойствами, характеризующими технический эффект, без-

Таблица 1. Классификация потребительских свойств

Классификационный признак	Примеры показателей, определяющих потребительские свойства машин
1. Свойства, преимущественно характеризующие техническую эффективность	- производительность; - пропускная способность; - точность выполнения рабочего процесса
2. Свойства, преимущественно характеризующие безопасность машины	Показатели активной и пассивной безопасности конструкции: - напряженность электрического магнитного поля
3. Свойства, преимущественно характеризующие надежность машины	- средняя наработка на отказ; - вероятность безотказной работы; - средний ресурс (срок службы); - среднее время восстановления работоспособного состояния
4. Свойства, преимущественно характеризующие технологичность конструкции	- показатели (конструктивные параметры), определяющие приспособленность конструкции к использованию по назначению, техническому обслуживанию и ремонту; - показатели унификации; - показатели (конструктивные параметры), определяющие транспортабельность конструкции (вес, габарит и др.); - показатели унификации конструкции
5. Свойства, преимущественно характеризующие ресурсоемкость машины	- средняя или удельная оперативная трудоемкость ТО и ремонта; - удельная материалоемкость машины; - удельная энергоемкость
6. Свойства, преимущественно характеризующие человеко-машинную систему (эргономичность машины)	- антропометрические (соответствие размерам и форме оператора); - гигиенические (освещенность, состав воздуха); - физиологические (соответствие физиологическим возможностям человека); - психологические (соответствие возможностям восприятия информации)
7. Свойства, преимущественно характеризующие техническую эстетику машины	- художественная выразительность (образная или декоративная); - рациональность формы (соответствие формы назначению изделия); - целостность композиции (соподчиненность целого и частей); - совершенство производственного исполнения (чистота выполнения контуров и сопряжений)
8. Свойства, преимущественно характеризующие экономическую эффективность машины или производства новой техники	- приведенные заводы; - прибыль; - срок окупаемости капитальных вложений; - интегральный показатель качества техники

опасность и надежность машин. Рациональность формы, отражающая свойства технической эстетики, связана с эргономической обусловленностью машин, и не случайно ряд видных специалистов в области проектирования, например Дж. К. Джонс [3], взаимовызывают художественное и эргономическое проектирование техники (рис. 1).

Свойства, характеризующие экономическую эф-

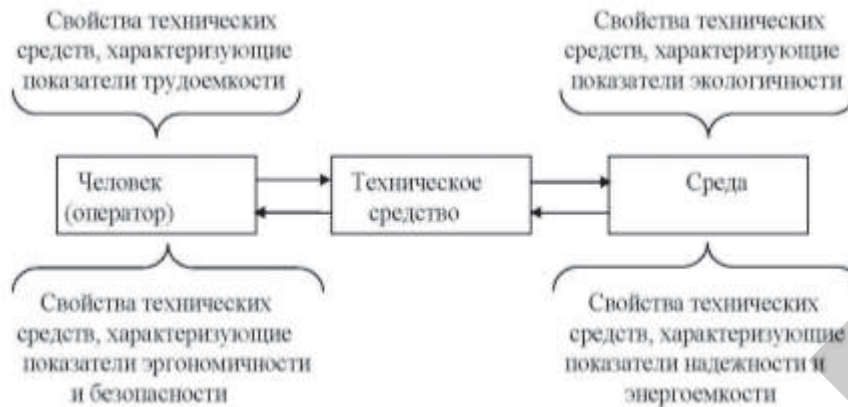


Рисунок 1. Появление отдельных потребительских свойств в системе «человек – техническое средство – среда»

фективность машины, по существу являются производными от остальных потребительских свойств техники.

Существует и еще одна классификация потребительских свойств, разработанная на ОАО «Минский тракторный завод», по которой все потребительские свойства разделены на 17 групп, оцениваемых в долях единицы [4].

Согласно этой классификации, показатели потребительских свойств для отдельных показателей раздела вычисляются по формуле:

$$K'_{псo} = \frac{П_{CO}^T}{П_{CA}^T}, \quad (1)$$

где $П_{CO}^T$ и $П_{CA}^T$ – соответственно численные значения показателей потребительских свойств оцениваемой модели и аналога.

Примерный перечень потребительских свойств колесных тракторов приведен в табл. 1 и дополняется из карт технического уровня, требований потребителя, технического задания, сравнительных испытаний и других источников.

Весомость показателя в группе оцениваемых показателей назначается руководителем проекта на основании анализа потребительских свойств в соответствии с технико-экономическим обоснованием (ТЭО) на проектируемый трактор.

При невозможности численной оценки показателя (например, дизайн, удобство управления, наличие системы диагностики и др.), а также при отсутствии численных значений показателя, значения $K'_{псo}$ выбираются из табл. 2.

Показатель потребительских свойств по разделу рассчитывают по формуле

$$K'_{пер} = \sum \alpha_i \cdot K'_{псo}, \quad (2)$$

где α_i – коэффициент весомости показателя в оцениваемом разделе, назначаемый начальником КБ, специалистом или руководителем проекта в зависимости от важности показателя для потребительских свойств оцениваемого трактора.

Показатель потребительских свойств по трактору рассчитывается по формуле

$$K'_{nc} = \sum \beta_i \cdot K'_{пер}, \quad (3)$$

где β_i – коэффициент весомости показателей раздела в оцениваемом тракторе, назначаемый руководителем проекта или экспертной комиссией специалистов в зависимости от важности показателей раздела для потребительских свойств оцениваемого трактора.

Расчет среднего показателя потребительских свойств для оценки показателя качества процесса СТП СМК 110-7.3.0 [4] производится по формуле:

$$K_{nc}^c = \frac{\sum K_{nc}}{n}, \quad (4)$$

где K_{nc} – значение показателя потребительских свойств для каждого трактора, принятого для расчета; n – количество тракторов, принятых для расчета.

Ниже приведен пример расчета показателя потребительских свойств по разделу 3 – «Надежность» (табл. 1) – $K'_{пер}$ для садоводческого трактора БЕЛАРУС-921 по сравнению с трактором «New Holland TN 90F» [1].

Расчет производится по формуле (1).

Надежность (наработка на отказ).

Данные получены из отчета по испытаниям Молдавской МИС № 4-2004 [1]:

Таблица 2. Значения показателя $K'_{псo}$ при качественной оценке показателя

Оценка показателя	Принимаемое значение показателя $K'_{псo}$
Значительное улучшение (на 25 % или более)	2
Лучше (от 0 до 25 %)	1,5
Одинаковы	1,0
Хуже (от 0 до 25 %)	0,5
Значительно хуже (на 25 % и более)	0

– для садоводческого трактора БЕЛАРУС-921 наработка на отказ составила 1050 часов;

– для трактора «New Holland TN 90F» наработка на отказ составила 1220 часов

$$K_{PCO}^{3.1} = 1050/1220 = 0,86.$$

Ресурс основных узлов (наработка до сложного ремонта):

– для садоводческого трактора БЕЛАРУС-921 ресурс основных узлов составил 12000 часов;

– для трактора «New Holland TN 90 F» ресурс основных узлов составил 10000 часов.

$$K_{PCO}^{3.2} = 12000/10000 = 1,20$$

Трудоёмкость технического обслуживания:

– для садоводческого трактора БЕЛАРУС-921 за 1000 часов работы составила 17,8 чел-ч;

– для трактора «New Holland TN 90F» за 1000 часов работы – 17,5 чел-ч.

$$K_{PCO}^{3.3} = 17,5/17,8 = 0,98$$

По результатам опроса персонала, производившего ремонт тракторов на Молдавской МИС (Кишинев), приспособленность к ремонту садоводческого трактора БЕЛАРУС-921 лучше, чем у трактора «New Holland». В соответствии с табл. 2 принимаем значение показателя потребительских свойств:

$$K_{PCO}^{3.4} = 1,50$$

Наличие средств диагностики технического состояния

По данным проспектов на садоводческие тракторы, на БЕЛАРУС-921 количество средств диагностики технического состояния меньше (на 30 %), чем на тракторе «New Holland TN 90 F». В соответствии с табл. 2 это соответствует оценке показателя «значительно хуже», принимаем значение показателя потребительских свойств:

$$K_{PCO}^{3.5} = 0,00$$

Значение показателя потребительских свойств по разделу 3 «Надежность» – K_{nc}^3 с учетом весомостей показателей (табл. 2) для садоводческого трактора БЕЛАРУС-921 по сравнению с трактором «New Holland TN 90 F», рассчитанное по формуле 2, составит:

$$K_{nc}^3 = K_{nc}^{3.1} \cdot \alpha_{3.1} + K_{nc}^{3.2} \cdot \alpha_{3.2} + K_{nc}^{3.3} \cdot \alpha_{3.3} + K_{nc}^{3.4} \cdot \alpha_{3.4} + K_{nc}^{3.5} \cdot \alpha_{3.5} = 0,28 \cdot 0,86 + 0,25 \cdot 1,20 + 0,22 \cdot 0,98 + 0,16 \cdot 1,50 + 0,09 \cdot 0,00 = 0,99$$

Доля показателя потребительских свойств с учетом коэффициента весомости β_i (табл. 2) по разделу 3 в K_{nc} по трактору рассчитывается по формуле (3):

$$K_{nc}' = \beta_i \cdot K_{nc}^3 = 0,06 \cdot 0,99 = 0,059$$

Аналогичные расчеты производятся и по другим разделам.

Наряду с изложенным, следует отметить противоречивость потребительских свойств.

Задачи повышения технического уровня машин следует решать на стадии проектирования, т.к. только на этой стадии возможно всестороннее рассмотрение различных вариантов конструкций и выбор решений, которые наилучшим образом отвечают поставленным требованиям.

Как правило, выбор оптимальных технических решений связан с необходимостью проработки различных альтернативных вариантов и с выполнением соответствующих расчетов. В этом основная особенность современных проектно-конструкторских задач и в этом их сложность.

Сложность выбора технических решений обусловлена не только необходимостью перебора большого числа вариантов, но и тем, что такие задачи по своему математическому содержанию являются многокритериальными, с противоречивыми целевыми функциями. Для решения таких задач необходимо обоснованное определение допустимого множества решений и допустимых пределов изменения параметров.

Противоречивыми, например, являются требования прочности и легкости изделия. Выполнение этого требования связано не только с выбором материалов, обладающих высокой прочностью и малой плотностью, но и с применением более совершенных методов расчета нагружения деталей машины и определения возникающих в них напряжений. Известно, что долговечность работы муфт сцепления в трансмиссиях машин зависит от количества выделяемого тепла при их включении: чем больше время включения, тем больше выделяется тепла и тем меньше срок службы муфты. Поэтому с точки зрения долговечности фрикционных, желательно, чтобы время их включения было минимальным. Однако это вызывает повышенные динамические нагрузки в приводе машины и ухудшает условия работы оператора. Отсюда возникает задача, связанная и с выбором материала для рабочих элементов муфт сцепления и с выбором рациональных конструкций самих муфт и привода машины в целом.

Обычно используемые при прочностных расчетах простые арифметические формулы сводят вычисление напряжений лишь к грубым оценкам (за исключением деталей, имеющих простые геометрические формы). Это вызывает необходимость расширить математическое исследование конструктивной схемы, и там, где это возможно, использовать не только область упругих деформаций металла, но и зону пластичности, лежащую выше предела текучести, но ниже предела прочности. Получить более точную и полную картину напряжений в конструкции, имеющей сложную пространственную геометрию и переменные сечения элементов, позволяет такой универсальный численный метод расчета, как метод конечных элементов. Применение этого метода открывает возможности расчета

нелинейного деформирования конструкций, подвергающихся действию ударных нагрузок.

При проектировании систем пассивной безопасности колесных и гусеничных машин, предназначенных для защиты операторов при опрокидывании машины или от падающих на кабину предметов, конструктор также сталкивается с противоречивыми требованиями. С одной стороны, защитные конструкции должны обладать достаточной жесткостью, чтобы при ударе кабины машины об основание, деформированные элементы кабины не травмировали оператора, но с другой стороны, конструкция защитного устройства не должна быть слишком жесткой, чтобы часть энергии удара могла быть поглощена за счет деформации элементов защитного устройства. В настоящее время разработаны весьма эффективные методы расчета систем пассивной безопасности, например, автомобилей и тракторов, а также методы их экспериментального исследования, позволяющие выбрать рациональные конструкторские решения защитных конструкций.

С альтернативными категориями встречаются и при оценке влияния отдельных параметров на управляемость и путевую устойчивость колесных и гусеничных машин. Если при прямолинейном движении, с точки зрения управляемости и путевой устойчивости, преимущество имеют длиннобазные машины, обеспечивающие в этом случае наименьшие затраты на управление машиной и наилучшую устойчивость, то при движении на поворотах предпочтение следует отдать короткобазным машинам.

Сложные научные и инженерные проблемы возникают при выборе рациональных схем подвесок мостов колесных тракторов и некоторых других типов машин. Включение в ходовую часть машин рессорных подвесок позволяет повысить плавность хода машины и снизить динамические нагрузки, воспринимаемые несущей рамой машины и оператором, но при этом резко ухудшается устойчивость машины против опрокидывания, особенно при выполнении рабочих операций, например, при механизации горного земледелия или при выполнении грузоподъемных или монтажных работ самоходными кранами.

Наконец, потребителю продукции нередко приходится выбирать между ее ценой и качеством. В практике международной торговли потребитель (покупатель) часто останавливает свой выбор на продукции, которая оказывается приемлемой по качеству или по каким-то определяющим свойствам, и по сравнению с другой предлагаемой продукцией того же назначения продается по меньшей цене.

С точки зрения числа характеризуемых свойств, различают следующие виды показателей:

– единичные, характеризующие какое-либо одно свойство машины (например, интенсивность разгона трактора, номинальное крюковое усилие, агрегируе-

мость, максимальная скорость движения, мощность двигателя);

– комплексные, характеризующие определенную совокупность взаимоувязанных свойств (например, производительность, надежность, ресурсоемкость);

– интегральные, характеризующие совокупность свойств, которые определяют качество машины в целом с позиции ее народно-хозяйственной эффективности (например, показатели, определяющие экономическую эффективность машины).

Отмеченные выше потребительские свойства являются общими для всех типов многоцелевых колесных и гусеничных машин. Поскольку эти свойства проявляются в основном в условиях эксплуатации, то их называют также эксплуатационными свойствами. Для каждого типа машин, например для автомобилей, тракторов, принята своя определенная номенклатура эксплуатационных свойств и характеризующих их показателей, взаимосвязанных с соответствующими общими потребительскими свойствами машинной техники.

Заключение

Потребительские свойства и их показатели на стадии проектирования определяются выбранными системообразующими параметрами трактора, например такими, как мощность двигателя, номинальное тяговое усилие (класс трактора), сцепная и конструктивная масса, диапазон скоростей, грузоподъемность навесных систем, тип движителя и т.д.

При определении указанных параметров проектируемого трактора используются различные методы. На Минском тракторном заводе совместно с учеными Белорусского национального технического университета разработан свой, оригинальный системный метод определения параметров проектируемого трактора, который был использован при создании семейства тракторов «БЕЛАРУС» в рамках заданий Государственной научно-технической программы «Белавто-тракторостроение» 2005-2010 гг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Отчет по испытаниям садоводческого трактора БЕЛАРУС-921 / Молдавская государственная машиноиспытательная станция. – Кишинев, 2004 – 36 с.
2. В.В. Гуськов. Тракторы: теория / В.В. Гуськов, Н.Н. Велев; под ред. В.В. Гуськова. – М.: Машиностроение, 1988 – 376 с.
3. Ксенович, И.П. Технико-экономические основы проектирования машин и процессов: т. 3 / И.П. Ксенович, В.А. Роберман, Л.А. Гоберман. – М.: Машиностроение, 2003 – 775 с.
4. Пуховой, А.А.. Основные положения и практическая реализация создания типоразмерного ряда тракторов БЕЛАРУС / А.А. Пуховой, П.А. Пархомчик, И.Н. Усс. – Мн.: ПО «МТЗ», 2006 – 340 с.