

УДК 629.114.2.001.2

А. В. Гуськов, канд. техн. наук

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ СЕМЕЙСТВА «БЕЛАРУС»

Приведена методика определения потребительских свойств колесных тракторов, позволяющая оценить их тягово-сцепные, скоростные и экономические качества.

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 (МТЗ) определяется как совокупность технических, эстетических и других свойств продукции, создающей ее полезный эффект и привлекательность для потребления.

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;
- статистическими 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;

- отчёты специалистов заводов или других организаций, в том числе НИИ, вузов и т. д. о посещении 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.

Особо следует отметить источники, в которых приводятся сведения и результаты расчетов по оптимизации потребительских свойств и системообразующих параметров колесных тракторов на результатах исследований по проблемам тракторостроения в рамках заданий Государственной научно-технической программы (ГНТП) «Белавотракторостроение» за 1995...2005 гг., в которой автор принимал непосредственное участие.

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

Общетехнические потребительские свойства связаны, в основном, с обеспечением удобства работы и обслуживания, санитарно-гигиенических условий и условий безопасности работы водителя. Они оцениваются рядом показателей: предельным уровнем шума, вибрации,

запыленности, загазованности и микроклиматом в кабине, легкостью обслуживания, готовностью к работе и т. д.

Безопасность работы водителя оценивается предельными углами статической и динамической устойчивости, критическими скоростями движения, тормозными качествами и противопожарной безопасностью (наличием искрогасителей, огнетушителей и др.).

По одной из наиболее распространенных классификаций [8] 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, как правило, производительностью и экономичностью трактора. Производительность трактора характеризуется объемом выполненной работы за единицу времени при соблюдении заданных условий технологического процесса и может определяться, 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 [8] рассматриваются, главным образом, 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 [5]. 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 машин. 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, универсализация, приспособленность к техническому обслуживанию и ремонту, транспортабельность, относятся только к свойствам технологичности конструкции.

Табл. 1. Классификация потребительских свойств

Классификационный признак	Показатель, определяющий потребительские свойства машин
Свойства, преимущественно характеризующие техническую эффективность	Производительность Пропускная способность Интенсивность рабочего процесса Точность выполнения рабочего процесса
Свойства, преимущественно характеризующие безопасность машины	Показатели активной и пассивной безопасности конструкции: – напряженность электрического магнитного поля – вибрации и шум на рабочем месте оператора – механические, радиационные и иные воздействия на окружающую среду
Свойства, преимущественно характеризующие надежность машины	Средняя наработка на отказ Вероятность безотказной работы Средний ресурс (срок службы) Среднее время восстановления работоспособного состояния
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 (использование веса, габаритов и др.) Показатели унификации конструкции
Свойства, преимущественно характеризующие ресурсоёмкость машины	Средняя или удельная оперативная трудоёмкость технического обслуживания и ремонта Удельная материалоёмкость машины Удельная энергоёмкость машины
Свойства, преимущественно характеризующие человеко-машинную систему (эргономичность машины)	Антропометрические (соответствие размерам и форме оператора) Гигиенические (освещенность, состав воздуха) Физиологические (соответствие силовым и иным физиологическим возможностям человека) Психологические (соответствие возможностям восприятия информации)
Свойства, преимущественно характеризующие техническую эстетичность машины	Художественная выразительность (образная или декоративная) Рациональность формы (соответствие формы назначению изделия) Целостность композиции (соподчиненность целого и частей) Совершенство производственного исполнения (чистота восполнения контуров и сопряжений)
Свойства, преимущественно характеризующие экономическую эффективность машины или производства новой техники	Приведенные затраты Прибыль Срок окупаемости капитальных вложений Интегральный показатель качества техники

Существует тесная связь также между свойствами, характеризующими технический эффект, безопасность и надежность машин. Рациональность формы, отражающая свойства технической эстетики, связана с эргономической обусловленно-

стью машин (неслучайно ряд видных специалистов в области проектирования, например, Дж. К. Джонс, взаимоувязывают художественное и эргономическое проектирование техники) (рис. 1).

СХЕМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ

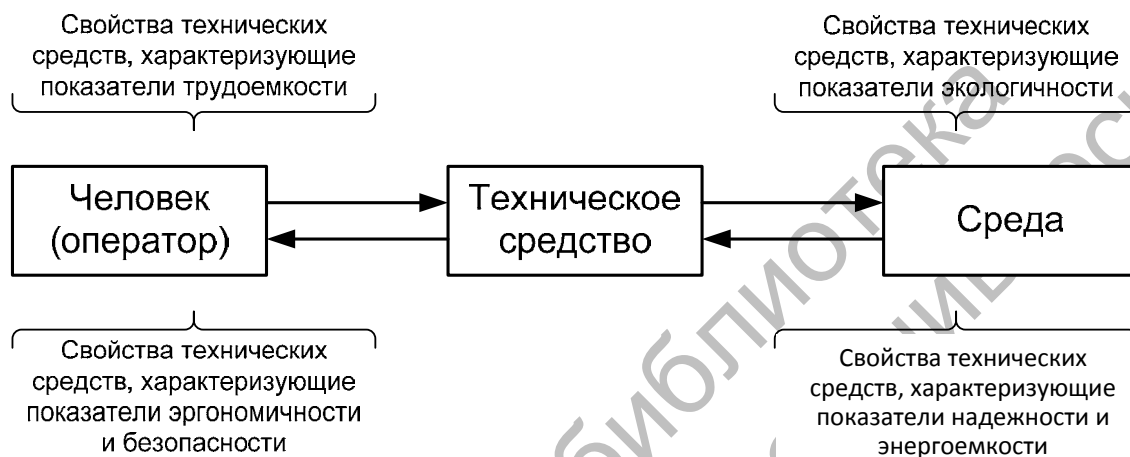


Рис. 1. Появление отдельных потребительских свойств в системе «человек – техническое средство – среда»

Свойства, характеризующие экономическую эффективность машины, по существу являются производными от остальных потребительских свойств техники.

Существует и еще одна классификация потребительских свойств, разработанная в Головном конструкторском бюро по пропашным тракторам ПО «Минский тракторный завод», по которой все потребительские свойства разделены на 17 групп, оцениваемых в долях единицы [6].

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

$$K_{псо}^i = \frac{П_{со}^T}{П_{са}^T}, \quad (1)$$

где $П_{со}^T$ и $П_{са}^T$ – численные значения показателей потребительских свойств

оцениваемой модели и аналога соответственно.

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. Здесь же приводятся ориентировочные значения их весомости для отдельных показателей разделов – α_i и для показателей разделов β_i .

Весомость показателя в группе оцениваемых показателей α_i назначается руководителем проекта на основе анализа потребительских свойств в соответствие с технико-экономическим обоснованием (ТЭО) на проектируемый трактор. Сумма показателей $\alpha_i = 1,0$.

Весомость показателя в группе

оцениваемых показателей β_i назначается руководителем проекта в зависимости от значимости этого показателя для потребительских свойств оцениваемого трактора, при этом сумма $\beta_i = 1,0$.

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

Показатель потребительских свойств по разделу рассчитывают по формуле

$$K_{нсп}^i = \sum \alpha_i \cdot K_{ПСО}^i, \quad (2)$$

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.

Табл. 2. Значения показателя $K_{ПСО}^i$ при качественной оценке показателя

Оценка показателя	Принимаемое значение показателя $K_{ПСО}^i$
Значительно лучше (на 25 % и 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

Показатель потребительских свойств по трактору рассчитывают по формуле

$$K_{нс}^i = \sum \beta_i \cdot K_{нсп}^i, \quad (3)$$

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.

В расчет среднего показателя потребительских свойств для оценки показателя качества процесса СТП СМК 110–7.3.0 [3] производится по формуле

$$K_{нс}^c = \sum K_{нс} / n, \quad (4)$$

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

Ниже приведен пример расчета по-

казателя потребительских свойств $K_{нсп}^4$ по разделу 4 «Надёжность» для садоводческого трактора «Беларус–921» по сравнению с трактором «Нью Голанд ТН 90 Ф» [7].

Расчет производится по формуле (1). Данные получены из отчета по испытаниям Молдавской МИС (г. Кишинев) № 4-2004 [7].

Надёжность (наработка на отказ):

- для садоводческого трактора «Беларус–921» составила 1050 ч;
- для трактора «Нью Голанд ТН 90 Ф» составила 1220 ч.

$$K_{ПСО}^{4.1} = 1050/1220 = 0,86.$$

Ресурс основных узлов (наработка до сложного ремонта):

- для садоводческого трактора «Беларус–921» составил 12 000 ч;
- для трактора «Нью Голанд ТН 90 Ф» составил 10 000 ч.

$$K_{PCO}^{4.2} = 12000/10000 = 1,20.$$

Трудоёмкость технического обслуживания:

– для садоводческого трактора «Беларус–921» за 1000 ч работы составила 17,8 чел.-ч;

– для трактора «Нью Голанд ТН 90 Ф» за 1000 ч работы составила 17,5 чел.-ч.

$$K_{PCO}^{4.3} = 17,5/17,8 = 0,98.$$

По результатам опроса персонала, производившего ремонт тракторов на Молдавской МИС (г. Кишинев), приспособленность к ремонту садоводческого трактора «Беларус–921» лучше, чем у трактора «Нью Голанд ТН 90 Ф». В соответствии с табл. 2 принимаем значение показателя потребительских свойств $K_{PCO}^{4.4} = 1,50$.

Наличие средств диагностики технического состояния. По данным проспектов на садоводческие тракторы, на «Беларус–921» количество средств диагностики технического состояния значительно меньше (на 30 %), чем на тракторе «Нью Голанд ТН 90 Ф». В соответствии с табл. 2 это соответствует оценке показателя «значительно хуже», принимаем значение показателя потребительских свойств $K_{PCO}^{4.5} = 0,00$.

Значение показателя потребительских свойств K_{ncp}^4 по разделу 4 «Надёжность» с учетом весомостей показателей (см. табл. 2) для садоводческого трактора «Беларус–921» по сравнению с трактором «Нью Голанд ТН 90 Ф», рассчитанное по формуле (2), составит:

$$\begin{aligned} K_{ncp}^4 &= \alpha_{4.1} \cdot K_{nc}^{4.1} + \alpha_{4.2} \cdot K_{nc}^{4.2} + \\ &+ \alpha_{4.3} \cdot K_{nc}^{4.3} + \alpha_{4.4} \cdot K_{nc}^{4.4} + \alpha_{4.5} \cdot K_{nc}^{4.5} = \\ &= 0,28 \cdot 0,86 + 0,25 \cdot 1,20 + \\ &+ 0,22 \cdot 0,98 + 0,16 \cdot 1,50 + \\ &+ 0,09 \cdot 0,00 = 0,99. \end{aligned}$$

Доля показателя потребительских свойств K_{nc}^i с учетом весомости β_i (см. табл. 2) по разделу 4 по трактору рассчитывается по формуле (3)

$$K_{nc}^4 = \beta_i \cdot K_{ncp}^i = 0,06 \cdot 0,99 = 0,059.$$

Аналогичные расчеты проводятся 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 удовлетворяют 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.

Трудность современных проектно-конструкторских задач 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 долговеч-

ность 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 фрикционов желательнее, 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 деформиру-

ванные элементы кабины не травмировали бы 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. Однако при этом резко ухудшается устойчивость машины против опрокидывания, особенно при выполнении рабочих операций; например, при механизации горного земледелия или при выполнении грузоподъемных либо монтажных работ самоходными кранами.

Наконец, потребителю продукции нередко приходится выбирать между ее ценой и качеством. В практике международной торговли потребитель (поку-

патель) 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 характеризующих свойств различают следующие виды показателей:

– единичные, характеризующие какое-либо одно свойство машины (например, интенсивность разгона трактора, номинальное крюковое усилие, агрегатируемость, максимальная скорость движения, мощность двигателя);

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

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

Отмеченные выше потребительские свойства являются общими для всех типов тягово-транспортных систем. 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 такими, как мощность двигателя, номинальное тяговое усилие (класс трактора), сцепная и конст-

руктивная масса, диапазон скоростей, грузоподъемность навесных систем, тип двигателя 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 «Белавтотракторостроение» в течение 1995...2005 гг., и в которой автор принимал непосредственное участие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беккер, М. Г. Введение в теорию местность-машина : пер. с англ. / М. Г. Беккер. – М. : Машиностроение, 1973. – 376 с.
2. Гуськов, А. В. Потенциальная и тяговая характеристики колесных тракторов с отбором мощности через ВОМ / А. В. Гуськов // Приводная техника. – 2000. – № 1. – С. 12–16.
3. Гуськов, А. В. Оптимизация тягово-сцепных качеств тракторных шин / А. В. Гуськов // Тракторы и сельхозмашины. – 2007. – № 7. – С. 14–17.
4. Гуськов, В. В. Оптимизация параметров сельскохозяйственных тракторов / В. В. Гуськов. – М. : Машиностроение, 1996. – 196 с.
5. Ксенович, И. П. Техничко-экономические основы проектирования машин и процессов / И. П. Ксенович, В. А. Гоберман, Л. А. Гоберман ; под ред. д-ра техн. наук И. П. Ксеновича. – М. : Машиностроение, 2003. – Т. 3. – 775 с.
6. Пуховой, А. А. Основные положения и практическая реализация создания типоразмерного ряда тракторов «Беларус» / А. А. Пуховой, П. А. Пархомчик, И. Н. Усс. – Минск : ПО МТЗ, 2006. – 340 с.
7. Отчет по испытаниям садоводческого трактора «Беларус-921» № 4. – Кишинев : Молдавская государственная машиноиспытательная станция, 2004. – 36 с.
8. Гуськов, В. В. Тракторы. Теория / В. В. Гуськов, Н. Н. Велев ; под ред. В. В. Гуськова. – М. : Машиностроение, 1988 – 376 с.

РУП «Минский тракторный завод»
Материал поступил 22.03.2008

A. V. Guskov
Evaluation of consumer properties
of wheeled tractors «Belarus»

Given in the paper is the technique for evaluating of consumer properties of wheeled tractors which enables to evaluate their traction-clutch, speed and economic qualities.

Электронная библиотека
Белорусско-Российского университета