

УДК 629.113

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ  
КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТРЕЛЕВОЧНОГО ТРАКТОРА

К.А. Яковлев

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный  
лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова»

Системный подход – направление методологии научного познания, в основе которого лежит исследование объектов как систем. Системный подход способствует адекватной постановке проблем прикладных наук и выработке эффективной стратегии их изучения.

Системный подход самое непосредственное отношение имеет к обеспечению правильной постановки научных проблем. Роль системного подхода в решении уже поставленных хотя бы и с системной точки зрения, проблем, значительно скромнее, чем в их постановке. Объяснение этому факту заключается в том, что системный подход до сих пор не разработал универсальной и вместе с тем достаточно эффективной совокупности специфических средств и методов решения проблем. Поэтому даже в исследовании, которое без всяких оговорок может быть названо системным, системная постановка проблемы обычно находит дальнейшее развитие в опоре на неспецифические, несистемные средства исследования.

Содержательность системных исследований заключается в том, что исследование подлежат два главных аспекта:

1 Теоретический, т.е. обобщение исследования природы, общих и отличительных свойств изучаемых систем, а также создания обобщенных конструктивных методов и средств изучения исследуемых систем.

2 Приложения достигнутых теоретических результатов к разработке конкретных методов и обобщенных рекомендаций для решения основных научных и узловых практических задач, характерных для данной области системных исследований.

При создании математических моделей важно определить предпочтительность применяемых математических методов и моделей. К отдельным математическим моделям следует предъявлять такие основные требования: точность модели, достаточная для разумного приближения ее результатов к свойствам реальной моделируемой системы;

1 Точность результатов, соизмеримая с возможной точностью используемой информации.

2 Простота и удобство построения.

3 Приемлемая скорость решения.

Можно сформулировать простое правило сопоставления математических моделей: следует пользоваться более простой моделью, если более сложная и эта более простая модель дают в главном совпадающие результаты по объектно-го и временного развития системы. Надо при этом иметь в виду, что часто даже относительно небольшие уточнения в расчетах, вносимые более сложной моделью, могут оправдать ее применение.

Применение системного подхода для исследования, анализа и синтеза технических объектов предъявляет исключительные требования к уровню и качеству информации об этих объектах. Проблема информации сама по себе чрезвычайно многогранна и сложна. Ей посвящена обширная литература. Не вдаваясь подробно в анализ соответствующих работ, можно отметить, что информацию о системах можно разделить на три основных вида.

1 Детерминированную, которая однозначно характеризует ту или иную часть элементов и связей системы.

2 Вероятностную (стохастическую), определяемую случайными событиями (процессами) в информации о системе; в нее в основном входят события, обладающие вероятностными характеристиками. В такой вероятностной информации целесообразно выделить: а) вероятностно-определенную, для которой известны законы распределения случайных величин и их характеристики. В этом случае для большинства задач можно найти одно решение, наилучшее в «среднем» используя в качестве критерия оптимальности математическое ожидание целевой функции; б) вероятностно-неопределенную для которой или известны лишь законы распределения в прошлом, но не в будущем, или известны только границы изменения вида некоего отрезка «от-до», но не известны законы распределения внутри его отрезка.

3 Неопределенную, не обладающую вероятностной характеристикой, и не являющуюся случайной.

Следует отметить, что весьма опасна тенденция неоправданного распространения стохастических моделей на явления, которые по существу не являются случайными. В стохастическом программировании особенно ответственен этап постановки задачи, в котором надо часто очень умело доказать, что опери-

руемые величины действительно являются случайными. Для систем с детерминированной информацией (детерминированных систем), к которым относятся почти все механические объекты, имеют место следующие условия, которым должны удовлетворять отношения между величинами системы для того, чтобы было возможно сформулировать их в виде причинных отношений:

1 Должно существовать четкое разделение величин на зависимые и независимые.

2 Независимые величины должны быть такими, чтобы их нельзя было выразить в явном виде, или их явное выражение должно быть неоднозначным.

3 Зависимые переменные должны быть такими, чтобы их можно было выразить явно и однозначно как функции только независимых величин.

Разделение величин в системе на независимые и зависимые задается заранее. Это типично для технических систем, где независимые величины обычно называют входными величинами, а зависимые – выходными величинами. В таких системах поведение рассматривается как инвариантное во времени отношение между деятельностью входных и выходных величин.

Широко применяемые тихоходные гусеничные трактора не позволяют увеличить расстояние подвозки, что приводит к необходимости строительства густой сети автомобильных дорог кратковременного действия.

Декомпозиция колесного трактора, как объекта исследования с использованием принципов системного подхода, позволяет выделить ряд основных параметров, которые могут быть рассмотрены как подсистемы, характеризующие качества машины.

Лучшей (прогрессивной) считается техника, которая в условиях ее оптимального использования требует наименьших приведенных затрат (положительный годовой эффект). Помимо годового эффекта определяются хозяйственные показатели: прирост прибыли, увеличение производительности труда, снижение себестоимости, экономия материалов и энергии, капиталовложений, числа условно высвобожденных рабочих.

Основными исходными требованиями к новой технике (машине) являются ее эксплуатационные параметры: производительность, количество обслуживающего персонала, качество работы, улучшение условий труда и техники безопасности. Первые два показателя должны быть обоснованы исходя из технических возможностей, и максимального снижения потребностей в работниках. Качество работы машины определяют как на основе исследований на экспери-

ментальных установках, так и другими методами. Мероприятия по улучшению условий труда и техники безопасности включают в себя проработку таких вопросов, как установка герметичной кабины, подрессоренного сидения, кондиционера, различных ограждений, блокировок и т.д.

Одним из основных классификационных параметров колесного трактора является номинальное тяговое усилие трактора  $P_H$ . Если считать, что оптимальной для данного трактора скоростью движения является скорость, при которой тяговый КПД трактора достигает максимума, то тяговое усилие при этой скорости и будет определять тяговый класс трактора. Под тяговым КПД в теории трактора понимается отношение мощности на крюке  $N_{кр}$  к эффективной мощности двигателя  $N_e$ , соответствующей  $N_{кр}$ .

Для трактора основным фактором, ограничивающим тяговую мощность, является сцепление. Поэтому энергетически допустимые пределы буксования рекомендуется устанавливать, исходя из оптимального использования сцепного веса.

Однако номинальное тяговое усилие трактора без установления уровня энерговооруженности не может быть критерием производительности трактора. Сельскохозяйственные трактора являются транспортными машинами, и для их классификации необходим параметр, отражающий не только целесообразный уровень тягового усилия на движителях, но и достижимый при этом скоростной режим. В связи с этим, номинальным тяговым усилием для трактора следует считать такой режим, при котором достигается максимальная производительность машины. В настоящее время при создании сельскохозяйственных тракторов предусматривается работа на скоростях до 9 ... 15 км/ч с помощью базовых моделей, определенных исходя из реализации полного тягового усилия при скорости 9 км/ч [1].

Рабочая скорость является основным параметром, характеризующим режим работы трактора. Выбор ее значения существенным образом влияет на производительность и режим работы в заданных условиях, оцениваемую обычно величиной прямых эксплуатационных, приведенных или дифференциальных затрат. Это влияние определяется зависимостью от скорости важнейших эксплуатационных параметров трактора – производительности и расхода топлива. Поэтому в работе задачу оптимизации режима работы трактора по энергетическим показателям предлагается в конечном счете свести к нахождению целевой функции

$$\eta_T / k (V) \rightarrow \max;$$

где  $\eta_T$  – тяговый КПД трактора;  
 $k$  – сопротивление перемещению груза;  
 $V$  – скорость движения в рабочем режиме.

Таким образом, установление скорости, при которой реализуется номинальная тяговое усилие, равносильно регламентации уровня энерговооруженности трактора. Современный, явно недостаточный уровень энерговооруженности отечественных трелёвочных тракторов обеспечивает при номинальном тяговом усилии скорость движения, близкую к 5 км/ч.

Для отнесения колесных трелевочных тракторов в соответствующий тяговый класс в работе рекомендуется принять такие критерии, которые легко устанавливаются из технической характеристики. При транспортировке пакета в полупогруженном положении за номинальное тяговое усилие, характеризующее тяговый класс, принимается номинальная касательная сила тяги трактора без нагрузки при коэффициенте сцепления  $\varphi = 0,35$ . Тогда

$$P_H = 0,35G_T ;$$

где  $G_T$  – вес колесного тягача, т;  
 $\varphi = 0,35$  характеризует среднее условие работы на лесных суглинках.

Это усилие трактор должен развивать при рабочей скорости движения  $V=9$  км/час. Тогда номинальное тяговое усилие будет обеспечено по мощности двигателя при выполнении условия

$$\frac{\varphi G_T V}{270 \eta_{тр} \eta_N} \leq N_e ; \quad (1)$$

где  $N_e$  – номинальная мощность двигателя, кВт;  
 $\eta = 0,9$  – коэффициент использования мощности;  
 $G_T$  – вес тягача, кг;  
 $\eta_{тр} = 0,7$  – КПД трансмиссии.

Подставив соответствующие значения величин в соотношение (1), окончательно получим

$$\frac{G_T}{60} \leq N_e$$

Удельная мощность отечественных колесных тракторов лежит в пределах от 7,2 до 18,5 кВт на тонну веса трактора, причем подавляющее количество тракторов имеют удельную мощность более 14,8 кВт/т. За рубежом удельная мощность колесных тягачей 6,9 ... 14,8 кВт/т., причем более низкие цифры у тяжелых тягачей. Так, в Канаде на трелевке применяются колесные тягачи с двигателями, имеющими мощность от 54,8 до 136,9 кВт при массе тягачей соответственно от 5,5 до 15 т [2].

В мировой практике намечается тенденция к переходу от мощных колесных тракторов большого веса к более легким по причине высокой стоимости тяжелых колесных машин.

Одним из важных параметров трактора является надежность, которая характеризуется количественно коэффициентом технической готовности

$$K_T = \frac{T_0}{T_0 + T_{\text{п.и.}}};$$

где  $T_0$  – время выполнения основной работы;

$T_{\text{п.и.}}$  – дополнительные затраты времени, необходимые для производительного использования техники (устранение отказов, обслуживание, ме-теопростои и т.д.).

Ремонтопригодность трактора – это приспособленность к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, повреждений, и устранению их последствий путем ремонтов и технического обслуживания (ГОСТ 27.002-89). От её уровня зависят и такие показатели надежности машины, как безотказность и долговечность [3].

Большое внимание в настоящее время уделяется такому параметру лесных машин, как материалоемкость. Удельную материалоемкость машин, характеризующую технический уровень изделия и эффективность использования материалов в конструкции, нельзя рассматривать в отрыве от «эксплуатационной

материалоемкости», которая характеризует затраты материалов в сфере эксплуатации на поддержание машины в работоспособном состоянии. Это важно, так как курс на повышение мощности и производительности машин, увеличение энергонасыщенности сопровождается ростом удельных нагрузок на детали, рабочих температур, скорости и относительного перемещения трущихся деталей, пути трения и т.д., способствующих ускорению процессов накопления повреждений. В результате действия этих факторов, масса годового комплекса запасных частей возрастает, например, с ростом мощности.

Для тракторов, которые в основном используются в качестве тяговых средств, влияние массы машины на экономические показатели эксплуатации (производительность, расход горючего) подробно не изучено.

Снижение материалоемкости достигается применением качественных сталей, проката с минусовыми допусками, и т.д.

Колесные трактора выполняются с шарнирно-сочлененной рамой. При применении универсального шарнира с неограниченной степенью свободы в поперечной плоскости двигается гарантированная поперечная устойчивость переднего корпуса. За счет шарнирного сочленения снижаются динамические воздействия на водителя. Желательно применение объемных рам, имеющих высокую прочность и обеспечивающих защиту агрегатов от повреждений.

Колесные трактора, работающие в тяжелых условиях должны иметь все ведущие оси. В настоящее время для этих машин могут применяться следующие типы силовой передачи: механическая, электрическая, гидравлическая.

Для сравнения различных типов силовых передач применяются следующие оценочные параметры:

1 Возможность достаточно плавного изменения передаточного числа трансмиссии.

2 Возможность распределения крутящего момента по осям пропорционально сцепным весам, и синхронизации числа оборотов колес (при активации прицепов) в различных условиях.

3 КПД трансмиссии.

4 Весовые и габаритные параметры, стоимость.

5 Ограничение нагрузки на трансмиссию.

6 Удобство передачи мощности на расстояние.

7 Удобство эксплуатации, простота конструкции.

Механические передачи характеризуются ступенчатостью преобразования крутящего момента с различной плотностью ряда передач. Для современных тракторов должна быть предусмотрена возможность переключения передач на ходу и под нагрузкой.

Гидромеханические трансмиссии, включающие гидротрансформатор с механической коробкой передач должны найти широкое применение в конструкциях трелевочных тракторов. Они позволяют переключать передачи без разрыва потока мощности с высокой автоматичностью, повышают скорость движения в лесу на 15 %.

Конструкция трансмиссии должна включать в себя устройства, позволяющие повысить проходимость колесных тракторов. Важным резервом повышения проходимости является блокировка дифференциалов, увеличивающая тяговые качества машины за счет лучшего использования сцепного веса.

Лучшим типом силовой передачи является гидромеханическая трансмиссия с использованием дифференциальных механизмов с оптимальными коэффициентами блокировки.

В качестве движителей колесных трелевочных тракторов могут применяться широкопрофильные и арочные шины.

Оценка опорно-двигательному комплексу может производиться по двум группам критериев:

1 Критерий проходимости и экологии: опорная проходимость, тяговая способность, сохранность поверхности движения.

2 Эксплуатационные и экономические: долговечность, удельные энергозатраты, первоначальные затраты (затраты на исследование и организацию производства), материалоемкость.

В заключение следует заметить, что рассмотрение колесного трелевочного трактора, позволяет достаточно обоснованно формулировать основные требования, предъявляемые к его конструкции.

#### Библиографический список

1 Всё о тракторах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.mtz1.ru/documents/art/book01/b01\\_1\\_1.htm](http://www.mtz1.ru/documents/art/book01/b01_1_1.htm). – Загл. с экрана.

2 Лесотранспортные машины : учеб.-метод. пособие по курсовому и дипломному проектированию для студентов специальностей 1-46 01 01 «Лесоин-



женерное дело», 1-36 05 01 «Машины и оборудование лесного комплекса» специализации 1-36 05 01 01 «Машины и механизмы лесной промышленности» / А. Р. Гороновский, В. Н. Лой, С. П. Мохов. – Мн. : БГТУ, 2006. – 104 с.

3 Скрыпников, А. В. Повышение надежности технического состояния парка подвижного состава, специализирующегося на перевозке лесных грузов [Текст] : монография / А. В. Скрыпников, Кондрашова Е. В., Яковлев К. А. ; ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I». – М : ФЛИНТА : Наука, 2012. – 152 с.