

Выбор транспортно-энергетического модуля для инженерных и строительно-дорожных машин

В настоящее время проблема выбора транспортно-энергетических модулей, включающих в себя шасси, базовые машины, тягачи, различные носители и спецплатформы, практически не рассматривается в периодической печати. Технологии проектирования и разработки инженерных и строительно-дорожных машин аналогичны: научно обоснованно выбирается промышленно выпускаемая базовая машина, и осуществляется её агрегатирование необходимым навесным рабочим оборудованием. В качестве базовой машины могут использоваться промышленные тракторы и тягачи, а также специализированные транспортные средства оборонного назначения.

По конструктивному исполнению базовые машины могут быть колёсными или гусеничными, одним из основных показателей которых является рельефная и опорная проходимость. При соизмеримых габаритных размерах лучшими ходовыми свойствами обладают гусеничные базовые машины: их рельефная проходимость практически соизмерима, а опорная — значительно выше.

Базовая машина должна обеспечивать: хорошую проходимость, высокое тяговое усилие, низкое удельное давление на опорную поверхность грунта, оптимальный отбор мощности для привода навесного рабочего оборудования, широкий диапазон скоростей движения, удобство управления агрегатами на всех режимах работы, а также безопасные и комфортные условия работы машиниста. Грунтовые условия внешней среды существенно влияют на эффективность применения гусеничных или колёсных инженерных машин.

Колёсные базовые машины имеют преимущество в скорости и мобильности. При длительной работе в конкретном районе на тяжёлых грунтах эти достоинства не являются решающими. Практически всегда (за редким исключением) проходимость и тяговое усилие оказывают большее влияние на эффективность работы инженерной машины, чем её скорость. На различных грунтах (от тяжёлых глин до поверхностного растительного слоя) колёсный движитель имеет коэффициент сцепления (0,4–0,55), а гусеничный — (0,6–0,9). Это значит, что для достижения одинакового тягового усилия колёсная машина должна быть в 1,5 раза тяжелее, иметь большую мощность и расход топлива. При этом на переувлажнённых грунтах гусеничный тип движителя предпочтительнее колёсного.

Гусеничные базовые машины эффективно работают на скальных породах, косогорах, при резком изменении рельефа (в том числе, неорганизованного) местности, а также на грунтах повышенной влажности и в других тяжёлых грунтовых условиях. Удельное давление гусеницы на грунт не превышает 100 кПа, а шины колеса достигает 400 кПа. Агрегатирование навесного рабочего оборудования увеличивает массу машины в 1,5–1,6 раза, изменяет положение центра массы, создаёт высокий уровень переменных нагрузок при выполнении рабочих операций. А это значит, что обеспечить высокую проходимость, статическую и динамическую устойчивость гусеничной инженерной машине значительно проще, чем колёсной.

Таким образом, гусеничные базовые машины предпочтительнее колёсных. Однако гусеничный тип движителя не универсален, т.е. для различных машин (скоростных, среднескоростных, тягачей, тракторов и др.) его проектируют по-разному. У гусеничных машин единым является лишь принцип реализации перемещения (движения), а остальные конструктивные элементы различны. В этом и состоит основная проблема разработки и проектирования (или обоснованного выбора) таких изделий. Ходовые свойства гусеничных базовых

Б.Д. КОНОНЫХИН,
д-р техн. наук
(15 ЦНИИИ
им. Д.М. Карбышева
МО РФ)

вых машин характеризуются типом подвески (конструкцией ходовой тележки): эластичная, балансирная, торсионная и полужёсткая (полужёсткая с блокиратором). В качестве примера достаточно сравнить шасси танка и промышленного трактора: обе машины имеют гусеничный движитель, но танк обладает более высокими значениями скорости передвижения и плавности хода, поэтому у них различный тип подвесок; у танка опорные катки большого диаметра, у трактора — минимального; у танка нераспределённое нагружение гусеницы, у трактора — распределённое; у танка коэффициент сцепления гусеницы с грунтом низкий, у трактора — высокий; развиваемые тяговые усилия танка и трактора (при равных энерго- и массогабаритных характеристиках) различны (у танка они меньше). Эти отличия обусловлены различием конструкций подвесок и гусеничного движителя в целом.

Из изложенного следует, что конструктивно нельзя создать единую ходовую унифицированную элементную базу (узлов, агрегатов и модулей) для всех гусеничных машин, как нельзя создать единое колесо для всего типоразмерного ряда колёсных движителей. Нельзя создать базовую машину, у которой и тяговое усилие, и транспортная скорость были бы максимальными в пределах конкретного значения мощностного (энергетического) ряда. Выигрывая в одном параметре, проигрываешь в другом, и наоборот. Большая мощность двигателя (силовой энергетической установки) позволяет обеспечить и большое тяговое усилие, и высокую транспортную скорость.

Проводить анализ всей номенклатуры инженерных машин нет необходимости, достаточно ограничиться анализом машин для преодоления разрушений и препятствий, а также для механизации земляных работ. Даже для них нельзя научно обоснованно выбрать единую универсальную базовую машину. Рекомендовать можно, но их эффективность и качество будут крайне неудовлетворительными. Путепрокладчики требуют предельных тяговых усилий, а котлованные и траншейные машины — ещё и отбор мощности на привод роторных исполнительных механизмов рабочего оборудования. При этом изначально для всех этих машин декларативно оговаривается их скорость движения (не меньше 30 и 40 км/ч по дорогам соответственно грунтовым и твёрдым покрытием).

Техническая проблема состоит в следующем: что приоритетнее — **технологическое качество или транспортная скорость движения специализированных машин?** Если следовать предписанию по транспортной скорости, то технологическое качество является вторичным. Но кроме технологического качества, необходимо обеспечивать рельефную и опорную проходимость, а это также влияет на скорость инженерной машины. Следовательно, характеристики базовой машины должны состоять из необходимых (приоритетных) и достаточных показателей, при этом приоритетные должны быть строго ранжированными. Тогда это будет не техническая характеристика, а техническое предписание, и *какой государственный орган возьмёт на себя эти функции?*

Выбор и обоснование базовой машины должны осуществляться на основе **системно-ориентированного параметрического паспорта**, который включает в себя следующие основные показатели: мощность, тип и место расположения двигателя внутреннего сгорания; тип и кинематическую схему трансмиссии; массогабаритные показатели; максимальную скорость движения (технологическую и транспортную); скорости маневрирования и обратного хода; тяговое усилие; тип, параметры и характеристики подвески; рельефную и опорную проходимость; динамическую податливость при всех видах и скоростях движения; статическую податливость (продольную и поперечную) шасси при заданном моментном нагружении; координаты центра масс; параметры и характеристики гусеницы и удельное давление на грунт; наличие систем и устройств отбора мощности.

Информационные свойства технической характеристики и системно-параметрического паспорта базовой машины несоизмеримы. Любое изделие имеет полное нормативно-техническое руководство по эксплуатации, однако, как правило, оно нацелено только на обучение, а не на обеспечение технологий качественной эксплуатации и не содержит количественных значений параметров основных систем, агрегатов и узлов. **Паспорт должен обеспечивать максимум количественной информации при минимальном объёме.** Так как выбор базовой машины должен быть научно доказательным, разработчикам следует в обязательном порядке формировать его самостоятельно. Паспорт — система открытая, в него необходимо

включать и другие характеристики подсистем: полные характеристики ходовой части (подвески, длину продольной базы, ширину гусениц и колеи, дорожный просвет, радиус поворота, размерно-геометрических параметров грунтозацепов и др.), ходоуменьшителя, системы управления, гидросистемы, муфты сцепления, коробки перемены передач, гидротрансформатора и системы электрооборудования.

В этот паспорт, кроме приведённых параметров, должны быть включены важные для проектирования динамические характеристики. Достаточно отметить, что ни один завод-изготовитель не вносит в характеристики транспортно-энергетического модуля основные динамические характеристики силовой установки (внешнюю скоростную характеристику двигателя), прямолинейного и криволинейного движения и даже тягово-скоростные характеристики базовой машины в целом, так как указывать только её тяговый класс недостаточно. Инициатива должна быть за заводами-изготовителями.

Обеспечение высокого уровня технологической эффективности работы специализированных технических средств при назначении приоритета смещается на второй план, т.е. научно доказательная база теряет силу, а это означает, что технологическая эффективность будет не потребной, а вытекающей. В этом подлинная проблема приоритетности.

В чём здесь скрытая проблемность и ответственность? Рассмотрим это на примере путепокладчика. Положим, что первым приоритетом назначается транспортная скорость, но без констатации необходимой производительности. Положим, что высокоскоростной путепокладчик выдвинется на заданный рубеж за 0,5 ч, но выполнять технологическую задачу он будет челночно в течение 1 ч. Низкоскоростной путепокладчик выдвинется на рубеж за 1 ч, но выполнять задачу будет однопроходно и более качественно в течение 0,5 ч. *Вопрос: кто берёт ответственность за назначение приоритетов?* Ответственность на себя должен брать головной отраслевой государственный орган, а не разработчик, который такими функциями не наделён и руководствуется предписаниями сверху. В этом специфика инженерного машиностроения, в отличие от специфики дорожного и строительного машиностроения.

Из примера следует, что суммарное время может быть равнозначным. По умолча-

нию не констатируется: кем и как проводилось ситуационное моделирование способов решения технологической задачи, и кто берёт ответственность за назначенные приоритеты? Как в инженерном, так и в строительно-дорожном проектировании всё должно быть достаточно прозрачным, а главное — научно доказательным. За приоритеты должны нести ответственность «высшие инстанции», а за остальное — разработчик. Подлинными «мозговыми центрами» для принятия таких решений должны стать научно-технические комитеты, и лишь потом — разработчики.

При отсутствии разграничения ответственности всё может свестись к порочной схеме: разработчик (НИИ, центры) создаёт замысел нового инженерного (технического) средства, выходит с инициативой, доказывает и убеждает, пишет задание, выполняет, сам себя контролирует и даёт оценку, результаты отправляет в комитет и ждёт «умного приговора».

Физические законы резания и копания грунта не меняются со временем. В 50-е годы прошлого столетия транспортная скорость инженерных машин назначалась не менее 20 км/ч, а спустя почти полвека — 40 км/ч, при этом о производительности (быстродействии) умалчивается.

Главный параметр (приоритет) путепокладчика — это тяговый класс базовой машины, который характеризует тяговое усилие, развиваемое при скорости 0,7 м/с (менее 3 км/ч) и минимальном буксовании гусеничного движителя. Это техническое средство должно выполнять однопроходную планировку, послойное копание и перемещение грунта, при этом его транспортная (20, 30, 40 км/ч) и технологическая (2, 3, 4 км/ч) скорости несоизмеримы и отличаются на порядок. Однако если предписывается, что он должен перемещаться в боевых условиях, то главным приоритетом должна быть транспортная скорость, а не тяговое усилие. Так появляется проблема назначения приоритета. Достаточно изменить приоритет, и на выходе будет инженерная машина с иным технологическим качеством, однако можно с опережением проделывать маршевые перемещения, а затем передислоцироваться, тогда приоритет снимается.

Процесс проектирования должен быть предельно прозрачным и доказательным. Сопоставление паспортов выступает как инструмент доказательной основы выбора базовых машин.

На основании изложенного можно констатировать следующее:

— началом в проектировании и разработке является транспортно-энергетический модуль, т.е. базовое шасси. Технологическая задача предопределяет выбор шасси, в то время как в инженерном машиностроении — назначенный приоритет. При человеко-операторном способе управления машиной трансмиссия может быть различной, а при автономном программном управлении (т.е. при мехатронизации) она должна быть электромеханической. В СССР была разработана целая серия артиллерийских тягачей, исчерпывающе описанных в открытой печати. Они получили широкое распространение и в инженерном машиностроении, но область их применения ограничена.

Руководствуясь назначаемыми параметрами и характеристиками системно-параметрического паспорта, разработчик выбирает из промышленного арсенала соответствующую базовую машину, оценивает качественно или количественно степень соответствия, делает заключение о пригодности конкретного базового изделия под планируемое агрегатирование необходимым технологическим оборудованием и создание конкретной инженерной машины (путепрокладочной, землеройной, грузоподъемной и др.). Параметрические портреты необходимого и располагаемого должны совпадать, если не во всём, то по главным параметрам;

— любая инженерная машина разрабатывается с «перспективой на завтра», поэтому назначение конкретных параметров требует проведения научно-технических исследований, при этом значение каждого параметра должно базироваться на научно-доказательной основе и доказательствах возможной физической реализуемости. *Системно-параметрический паспорт разработчика, который формируется на базе предварительных научных исследований по обо-*

снованию необходимых значений параметров, в сочетании с соответствующим паспортом завода-изготовителя обеспечивает успех при решении изложенной научно-технической проблемы.

Выводы:

- разработка и проектирование базовых машин для различных отраслей современной экономики — это в первую очередь прерогатива государственной политики;

- арсенал базовых машин — это техническая основа создаваемых специализированных технологических средств. Создание новых образцов базовых машин сопряжено с длительными сроками проектирования и значительными материальными затратами, но разрабатывать их необходимо;

- за назначенные приоритеты следует нести персональную ответственность, так как за их реализацию приходится дорого расплачиваться;

- на технических советах и тематических диспутах, конференциях и семинарах можно слышать, что на основе известных типовых узлов и агрегатов серийных базовых машин можно проектировать и создавать новые базовые машины с заданными показателями технического уровня и качества. Однако на едином типовом наборе необходимых узлов и агрегатов нельзя синтезировать новые транспортно-энергетические модули (шасси) даже теоретически;

- необходимо, чтобы системно-параметрический паспорт заводам-изготовителям предписывался специальным нормативным документом государственного уровня — стандартом;

- разработчикам и проектировщикам технологических машин на создание системно-параметрического паспорта не требуется никаких предписаний, их к этому принуждает обеспечение высокого технического уровня, эффективности и качества технических средств;

- проблеме создания базовых машин не уделяется должного внимания со стороны правительства страны. В СССР в инженерном машиностроении эта проблема не была решена, а распад государства лишь усугубил её, она стала неразрешимой для всего отечественного машиностроения по разработке наземных технологических машин различного назначения.