

## МЕТОДЫ РЕАЛИЗАЦИИ ШАГАЮЩЕГО СПОСОБА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ В ТЯГОВО-ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Интерес к шагающему способу передвижения с целью использования его в движителях транспортных средств проявляется уже давно. Еще в позапрошлом столетии русский математик П.Л. Чебышев одним из первых занимался вопросами создания шагающих машин. Однако наиболее интенсивные исследования этого способа передвижения начались в конце 50-х годов прошлого столетия.

В общем случае шагающий способ передвижения может быть реализован как в собственно шагающих движителях или машинах, так и в комбинации с другими способами передвижения. В свою очередь, собственно шагающие движители или шагающие машины можно классифицировать на следующие категории, характеризующиеся способом построения траектории опоры или управления ею: на основе жестких рычажных систем; с моделированной траекторией; с педипуляторным управлением; адаптивные.

Шагающие машины на основе рычажных систем обеспечивают жесткую траекторию опоры и характерны тем, что в качестве механизма шагания используется какой-либо готовый механический преобразователь или по выбранной оптимальной траектории синтезируется нужный механизм. Родоначальником этого направления является П.Л. Чебышев, а прообразом этого класса машин является его стопоходящая машина, которая состоит из четырех прямил, имеющих общий привод к кривошипам, и шарнирно соединенных с ними опорных стоек. При вращении кривошипов корпус перемещается горизонтально и равномерно.

К характерным недостаткам этого класса машин можно отнести следующие: неравномерность вращения, в большинстве случаев, ведущего вала привода; отсутствие управления высотой машины; отсутствие возможности выбора точки опоры.

Желание обеспечить более эффективное передвижение привело к созданию шагающих машин с гибкой моделированной траекторией. В этом случае выбранная номинальная траектория может изменяться оператором по нужным параметрам. Примером этого класса машин является шагающая машина Шигли, созданная на основе копирующего пантографного механизма. Конструктивно шагающая машина состоит из 16 пантографных механизмов, по четыре в каждой угловой части машины. Использование гидравлики устранило некоторые недостатки привода. Характер траектории опоры и структура движителя обеспечивали достаточную уравновешенность инерционных сил, что позволяло передвигаться со скоростью до 9 м/с. Однако, реализация имеющихся возможностей по изменению траектории оказалась затруднительной, так как в этом случае оператору пришлось бы одновременно управлять 16-ю опорами. Таким образом, создание конструкции без обеспечения простого способа управления оказалось невозможным.

Поиски эффективной системы управления передвижением шагающей машины привели к идее использования естественных способностей человека управлять своим движением. Это привело к созданию шагающих машин с так называемым педипуляторным управлением. Этот принцип основан на использовании обратной силовой связи. В этом случае человек контролирует свои физические действия посредством не-

скольких органов чувств, а основной механизм шагания реагирует на усилие и перемещение конечностей человека. При этом часть усилия на механизме шагания в виде отраженного сигнала через обратную силовую связь воздействует на органы чувств человека, воспроизводя в соответствующем масштабе реальную физическую картину внешнего воздействия. С целью отработки системы обратной силовой связи был создан ряд механизмов такого типа под общим названием «кибернетические антропоморфные системы» (фирма-изготовитель «Дженерал электрик К<sup>о</sup>»). По мере отработки системы управления с обратной силовой связью «Бронетанковое и автотракторное управление армии США» совместно с фирмой «Дженерал электрик К<sup>о</sup>» впервые изготовило четырехопорную шагающую машину, в которой оператор управлял опорами машины с помощью ручных рычагов и ножных педалей, причем правая рука оператора управляла правой передней опорой, правая нога – правой задней опорой и т.д.. Машина может двигаться вперед и назад, поворачиваться, преодолевать препятствия высотой 1.2 м, транспортировать груз массой 200 кг, максимальная скорость – 4.5 м/с, длина опоры – 2 м, собственная высота – 3.3 м. Система привода и управления выполнена так, что может быть достигнуто увеличение силы оператора в 120, а перемещения – в 4 раза. Несмотря на то, что шагающие машины с педипуляторным управлением имеют весьма благоприятные предпосылки по реализации возможностей шагающего способа передвижения, они имеют существенный недостаток, заключающийся в том, что движение осуществляется при непосредственном участии человека и при этом интенсивность работы машины определяется физическими возможностями оператора.

Другим направлением является создание так называемых адаптивных шагающих машин, в которых человеческие возможности, с точки зрения мышления и органов чувств, заменяются соответствующими датчиками адаптации и вычислительной техникой. Продолжающиеся успешные разработки систем управления и адаптации позволяют говорить о возможности создания подобных шагающих машин, представляющих практический интерес. Машины этого направления имеют много общего и развиваются параллельно с промышленными роботами и манипуляторами, управляемыми от ЭВМ.

Стремление повысить скорость шагающих движителей с возвратно-поступательным движением переноса опорных башмаков привело к созданию схемы с цепным конвейером, несущим каретки с направляющими, в которых (с возможностью возвратно-поступательного движения) установлены ноги с опорными башмаками. Такие конвейеры с горизонтально расположенными плоскостями цепей установлены вдоль левого и правого бортов машины и приводятся в движение тяговыми звездочками. Макетный образец машины с описанной ходовой системой изготовлен в Волгоградском политехническом институте. В настоящее время он проходит стадию доводки и испытаний, в том числе в качестве машины сельскохозяйственного назначения. Схема конвейерной шагающей системы разрабатывалась также изобретателем В.И. Лобачевым. Введение конвейера позволяет повысить скорость движения, но значительно увеличивает сложность и вес конструкции движителя, а также делает его громоздким и малонадежным. Кроме того, в конвейерной схеме сохранено вертикальное возвратно-поступательное движение ног и башмаков с присущими ему недостатками, по-прежнему ограничивающими дальнейшее повышение скорости.

Несмотря на большое разнообразие конструктивных решений реализации способа шагания в машинах, практически нет примера его удачного воплощения, который мог бы быть использован конструкторами транспортных машин. Как показывают исследования, использование способа шагания в движителях тягово-транспортных машин дает качественный рост основных показателей передвижения по сравнению с обычными распространенными движителями, причем в том как и каким методом осуществлять

шагание, заложены большие потенциальные возможности по улучшению этих показателей.

**Литература.** 1. Liston R.A. Walking machine studies//The Military Engineer, 1967. – vol.59, №338, p.10. 2. Бескин И.А. Транспорт для бездорожья. М.: «Знание», 1971. – 48с. 3. Агейкин Л.С. Вездеходные колесные и комбинированные движители. М.: «Машиностроение», 1972, 181с. 4. Беккер М.Г. Введение в теорию систем местность-машина. М.: «Машиностроение», 1973. – 507с. 5. Новые виды транспорта и движения/Молярчук В.С., Мельник А.Д., Михайлов В.В. М.: «Транспорт», 1975. – 129с. 6. Движители. М.: «Знание», 1983. – 63с. 7. Тезисы докладов I-ой Всесоюзной конференции «Механика и управление движением шагающих машин», г. Волгоград, 1-3 июня 1988г., Волгоградский политехнический институт. – 121с.