электронный журнал
МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51038.

 # 04, апрель 2016

УДК 62-822

От истории к современным конструкциям шагающих машин

***Куликова С.А.**, студент*
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Гидромеханика, гидромашины и гидро-пневмоавтоматика»

Научный руководитель: Семенов С.Е., к.т.н, доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Гидромеханика, гидромашины и гидро-пневмоавтоматика»
kulikovasa@student.bmstu.ru

В случае необходимости перемещения грузов или передвижения аппаратов по сложной пересеченной местности наиболее актуальными являются шагающие машины, способные с легкостью адаптироваться к меняющимся условиям рельефа и внешних условий. Это обуславливается тем, что шагающее устройство само способно выбирать точку опоры на поверхности, учитывая при этом ее особенности.

В источнике [2] дано следующее определение шагающей машины, отражающее основное свойство такой машины - оставлять дискретный след (рис.1):

Шагающая машина - это машина которая оставляет дискретный след на поверхности перемещения. Шагающая машина должна быть способна упорядоченным образом выбирать места для постановки опор (ног) на поверхность.

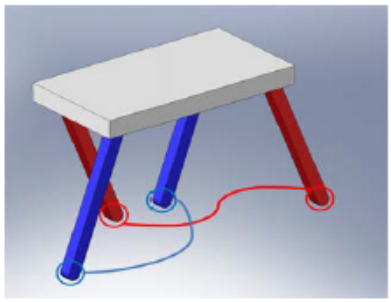


Рис.1. Траектория движения ног шагающей машины [3]

Первые разработки – простейшие шагающие механизмы – обеспечивали фиксированное движение стопы относительно корпуса (стопоходящая машина

П.Л. Чебышева (рис.2), шагающие игрушки), такие механизмы не способны были передвигаться по неровной поверхности и зыбким грунтам.

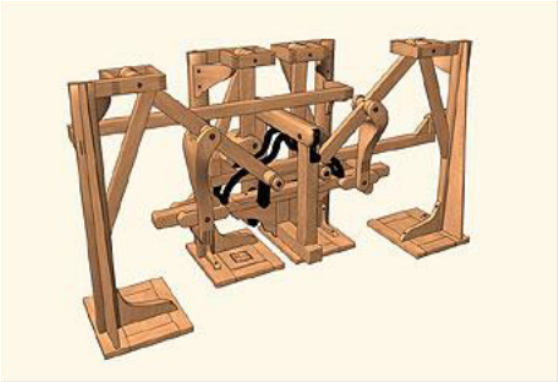


Рис.2. Стопоходящая машина П.Л.Чебышева [1]

Для шагающих машин с повышенной проходимостью (передвижение по пересеченной местности) необходимо применять принцип независимого движения корпуса от дороги.

Такие проекты были выполнены почти во всех технологически развитых странах – России, Японии, Германии, Испании, Англии, Финляндии и др. Наиболее ранних результатов удалось достичь Японии и США.

На рис.4. представлена одна из первых разработок США Phoney-Poney («Калифорнийская лошадь»).

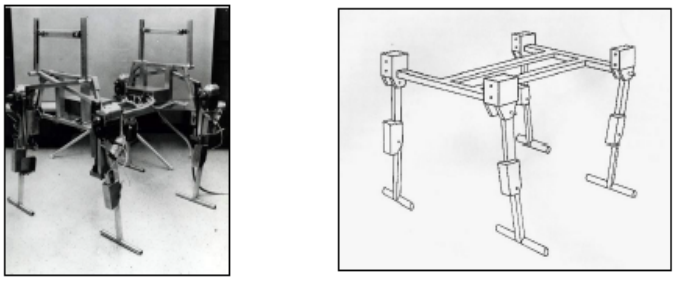


Рис.4. 1968г. Phoney-Poney [3]

В настоящее время в США ведущем разработчиком шагающих машин является дочерняя компания Google Inc.- Boston Dynamics, начавшая свою деятельность с 1992 года, создавая роботов, которые маневрируют и передвигаются как животные.

Один из известнейших роботов компании BigDog - четырёхногий робот с адаптивным управлением, созданный в 2005 году совместно с Foster-Miller, Лабораторией реактивного движения (NASA) и Harvard University Concord Field Station. Проект BigDog финансируется Defense Advanced Research Projects Agency с

надеждой на то, что он сможет переносить снаряжение и помогать солдатам на территории, где не способен передвигаться обычный транспорт.

BigDog имеет бортовые системы, которые обеспечивают мощности, приведение в действие, распознавания, управления и связи. Блок питания состоит из двух-тактового двигателя внутреннего сгорания с водяным охлаждением, который обеспечивает около 15 лошадиных сил. Двигатель вращает вал гидравлического насоса, который обеспечивает высокое давление гидравлического масла, проходящего через систему фильтров, коллекторов, аккумуляторов и других гидравлических элементов в приводах ног робота. Приводы - гидравлические цилиндры с низким коэффициентом трения, регулируемые двухступенчатым сервоклапаном аэрокосмического качества (рис.5.).

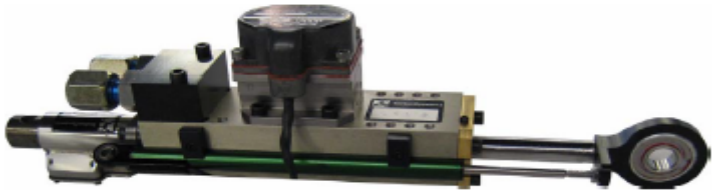
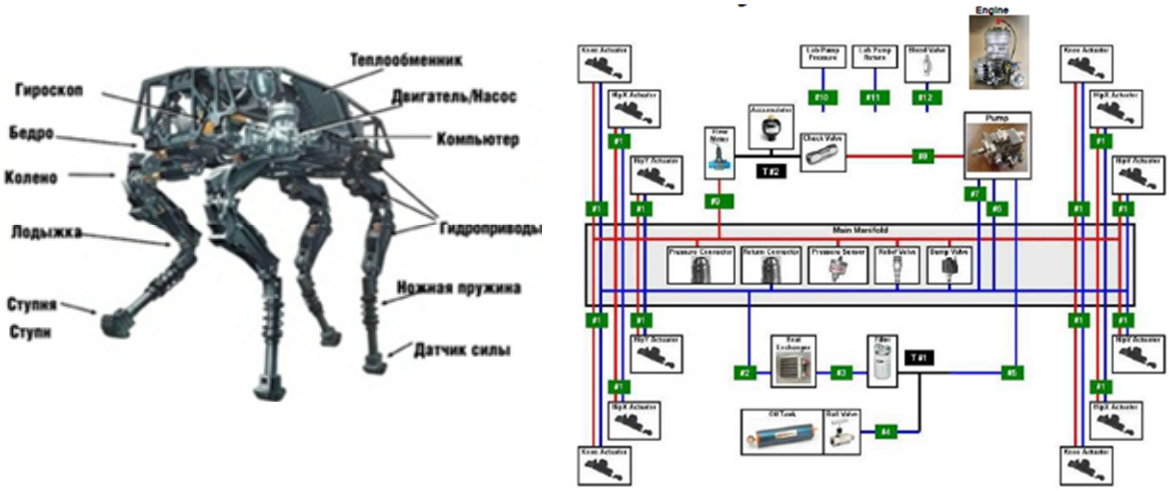


Рис.5. Электрогидравлический привод, установленный в BigDog [9]

Каждый привод имеет датчики положения и усилия. Каждая нога имеет 4 гидравлических привода (рис.6 а,б).



а) б)

Рис.6. BigDog: а) основные компоненты; б) гидравлическая система [9]

Бортовой компьютер управляет поведением BigDog, снимает сигналы с датчиков, и обрабатывая их, передает информацию удаленному человеку-оператору.

Управляющий компьютер также записывает большие объемы инженерных данных для анализа производительности, анализа отказов и технической поддержки.

BigDog имеет около 50 датчиков. Инерциальные датчики определяют положение и ускорение тела, в то время как совместные датчики определяют силу приводов, работающих в суставах. Бортовой компьютер объединяет информацию из этих датчиков для оценки того, как BigDog движется в пространстве.

BigDog весит около 109 кг (240 фунтов), около 1 метра в высоту, 1,1 метра в длину, и 0,3 метра в ширину.

BigDog обычно контролируется человеком-оператором, который работает через блок управления оператора (OCU), который в свою очередь взаимодействует с роботом через IP связь. Оператор использует OCU обеспечивая на высоком уровне рулевое управление и скорость ввода, направляя робота на его пути и контролируя скорость движения. Оператор может также дать команду роботу, чтобы тот запустил или остановил свой двигатель, присел, шел рысью, или бежал трусцой.

Основной отличительной особенностью BigDog является высокая устойчивость, в том числе и способность устоять на скользкой поверхности (льду) под действием боковой внешней силы (рис.7).

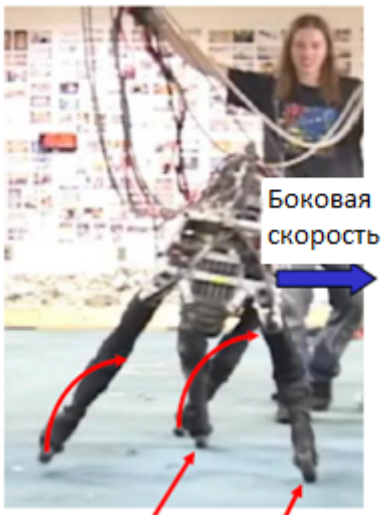
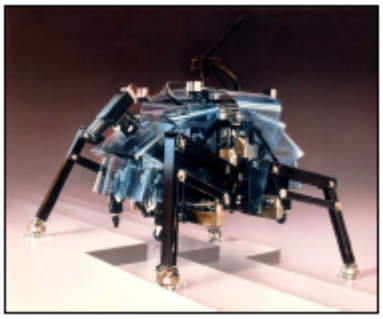
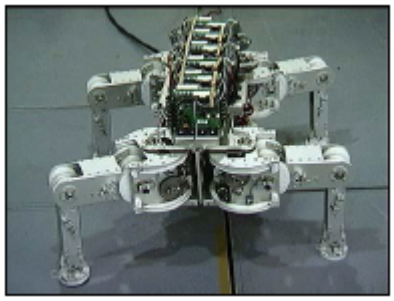


Рис.7. BigDog на этапе разработке [9]

Разработки Японии – роботы семейства Titan (рис. 8), от малогабаритных вплоть до самого тяжелого, масса которого 7т, аппарат Titan11 (рис.11.). Эти роботы выполнены в лаборатории профессора Шигео Хиросе (Hirose Fukushima Robotics Lab.).





а) Titan4 б) Titan10 в) Titan11

Рис. 8. Роботы семейства Titan [3]

Начиная с 1992г. в исследовательском информационном центре технического университета Карлсруэ (Германия) непрерывно ведутся работы по созданию шестиногих паукообразных шагающих машин. На сегодняшний день уже разработано пять поколений роботов семейства Laurone (рис. 9).

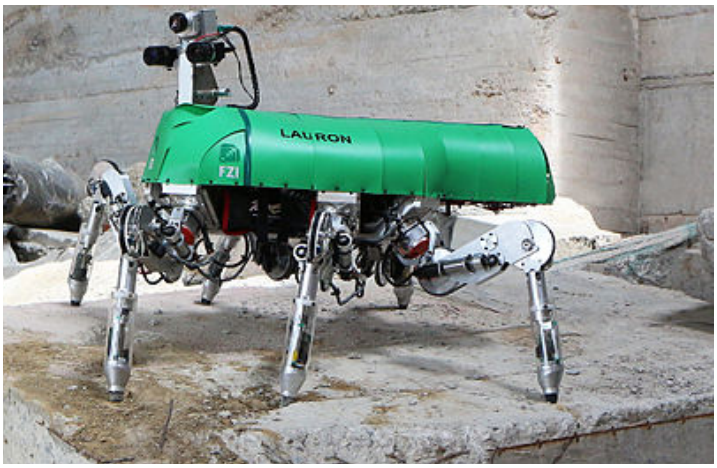


Рис.9. Шагающий робот LauroneV, 2013г. [11]

Активную работу по созданию шагающих машин проводит и испанский совет по научным исследованиям (CSIC). Основными задачами для робота Silo (рис.10) являются поиск мин и других взрывчатых веществ, а также их последующая детонация или разминирование.

Рис.10. Silo 6, 2004г. [3]

Mantis – турбо-дизельный управляемый робот группы Micromagic Systems, предназначен для транспортировки человека (рис.11). Является самым большим в мире всепроходным роботом-гексаподом. Для координации движения робот использует HexEngine, на базе Linux PC, который следит за движением 18 гидравлических приводов, установленных в ногах.

Рис.11. Mantis (Великобритания) [13]

Финская компания Plustech Oy создала «Ходящую машину» (Walking Machine). Пока её основная сфера применения лесное хозяйство: лесозаготовка, транспортировка и расчистка завалов. Сами разработчики обещают, что их детище будет удивительно дружелюбным к природе: шесть ног позволяют эффективно распределить нагрузку и снизить давление на лесную почву и повреждения, наносимые корням (рис. 12).

Рис. 12. Walking Machine, разработчик Plustech Oy *[3]*

Робот, созданный командой из Istituto Italiano di Tecnologia (IIT) получил новый алгоритм, который позволяет ему ловко преодолевать препятствия не спотыкаясь. Для этого используются не камеры и датчики, который могут отказать в условиях плохой видимости или в густой траве, а рефлекторная реакция при столкновении конечности с препятствием, как у животных и людей (рис.13).

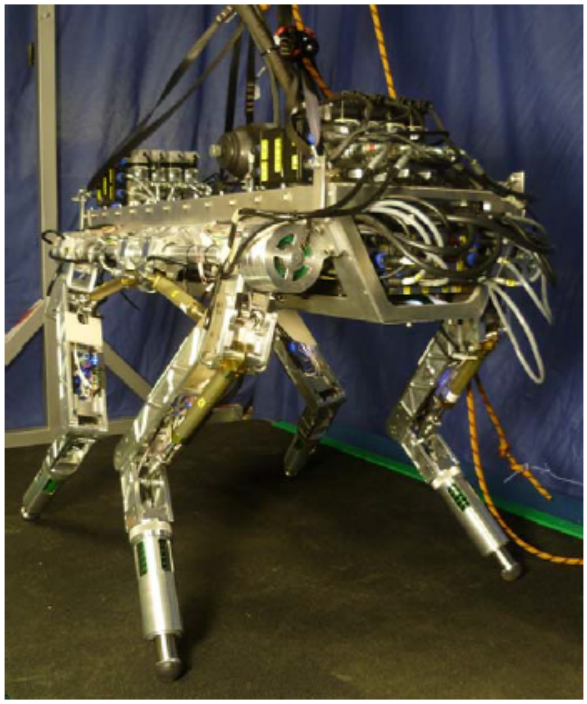


Рис. 13. HyQ Robot, 2007 г. [10]

Эффективность высокодинамичных машин-роботов непосредственно связана как со способом приведения в действие, так и со специфическими механическими свойствами/конфигурацией системы. На основание выше изложенного можно утверждать, что многие разработчики в своих машинах применяют гидравлический привод, который демонстрирует значительные конкурентные преимущества. При минимальном весе и объеме развивает большие усилиях и широкий диапазон выходных скоростей, и это делает его очень подходящим для таких систем, как ноги роботов. Также большое внимание уделяется геометрии и конструкции механизмов ног, ведь это оказывает большое влияние на производительность системы приведения в действие, например, требуемый расход, который непосредственно определяет вес, размер и требуемые мощности.

Список литературы

[1]. Андреев Н.Н. Математические этюды. Стопоходящая машина П.Л. Чебышёва. Режим доступа: http://www.etudes.ru/ru/etudes/stopohod/ (дата обращения 23.09.2015).

[2]. Лапшин В.В. Механика и управление движением шагающих машин. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. 199 с.

[3]. Павловский В.Е. О разработках шагающих машин // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. Электрон. журн. 2013. № 101. 32 с. Режим доступа: http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2013-101 (дата обращения 23.09.2015).

[4]. Тимофеев А.В. Адаптивные робототехнические комплексы. Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1988. 332 с.

[5]. Фу К., Гонсалес Р., Ли К. Робототехника:Пер. с англ./ под ред. д-ра тех. наук В.Г.Градецкова. М.:Мир, 1989. 624с.[K.S.Fu, R.G.Gonzalez, C.S.G.Lee. Robotics: Control, Sensing, Vision and Intelligence. New York: Hill Book Company,1977.].

[6]. Шаронов Н.Г. Методы расчета системы приводов шагающих движетелей многоопорных машин: автореф. дис. на соис. уч. степени кан. тех. наук. Волгоград, 2012. 16 с.

[7]. Юревич Е.И. Основы робототехники. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 416 с.

[8]. Boston Dynamics Corp. (2008). Bigdog overview. (Online) Accessed January 2010 at. Available at: http://www.bostondynamics.com/img/ BigDog-Overview.pdf (accessed 27.09.2015).

[9]. Boston Dynamics Corp. (2010). Website. Available at: http://www.bostondynamics.comб accessed 27.09.2015.

[10]. Semmi C., Tsagarakis N.G., Vanderborght B., Yang Y., Caldwell D.G. HYQ - Hydraulically Actuated Quadruped Robot: Hopping Leg Prototype // IEEE'RAS bit. Conf. on Biomedical Robotics and Biomechatronics (Biorob), 2005. P. 593-599.

[11]. FZI Research Center for Information Technology. Lauron V – a six-leged walking robot. Available at: http://www.fzi.de/en/forschung/projekt-details/lauron/, accessed 27.09.2015.

[12]. Playter R., Buehler M., Raibert M. BigDog. // Unmanned Systems Technology VIII: Proceedings of SPIE 6230, 62302O. 2006. P. 896-901.

[13]. Matthew Knight, CNN. «Mantis»: the monster-sized hexapod robot. Available at: http://americanonlinenews.net/2013/04/mantis-the-monster-sized-hexapod-robot/, accessed 27.09.2015.