

венные отличительные особенности ПИЭЛ, а соответствующее программное обеспечение практически отсутствует. Поэтому создание эффективных методов численного моделирования ЭОС с плазменным эмиттером электронов представляется актуальным.

Заключение. Поскольку анализ электронно-оптических свойств систем с плазменным эмиттером (в отличие от источников с твердотельным эмиттером) и условия формирования электронного пучка в таких системах оказываются значительно более сложными, то для оценки результатов первичного формирования пучка наиболее эффективным является использование численного моделирования промежутков ускорения, поскольку в результате такого моделирования могут быть получены распределения плотности тока в пучке, вольт-амперные характеристики плазменных источников электронов и огибающие пучка (траектории электронов), что существенно снизит затраты на разработку, конструирование и изготовление подобных систем, а также позволит ускорить экспериментальные исследования и введение в эксплуатацию разработанные конструкции.

1. Барченко, В.Т. Плазменные эмиссионные системы с ненакаливаемыми катодами для ионно-плазменных технологий. / В.Т. Барченко. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011. – 220 с.
2. Окс, Е. М., Источники электронов с плазменным катодом: физика, техника, применения. / Е.М. Окс – Томск: Изд-во НТЛ, 2005. – 216 с.
3. Ионно-плазменные методы формирования тонкопленочных покрытий / Ю. Е. Крейнделъ [и др.] ; под общ. ред. Ю.Е. Крейнделя. – Новосибирск: Наука, 1983. – 120 с.
4. Antonovich, D.A. Plasma emission systems for electron and ion-beams technologies / D.A. Antonovich, V.A. Gruzdev, V.G. Zaleski, I.L. Pobol, P.N. Soldatenko // High Temperature Material Processes (An International Quarterly of High-Technology Plasma Processes) v. – 21 is. 2. – P. 143–159.
5. Gruzdev, V.A. Universal plasma electron source / V.A. Gruzdev, V.G. Zaleski, D.A. Antonovich, Y.P. Golubev // Vacuum. – 2005. – № 77. – P. 399–405.

АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ LEGO POWER FUNCTIONS ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ШАССИ МОБИЛЬНОГО РОБОТА

Шлепоченко М.А.,

*учащийся 3-го курса Оршанского колледжа ВГУ имени П.М. Машерова,
г. Орша, Республика Беларусь*

Научный руководитель – Романцов Д.Ю., магистр техн. наук, преподаватель

Множество фабрик и складов оборудованы роботами и манипуляторами, которые облегчают производство продукции. Часто встречаются роботы для транспортировки, которым необходимо перемещаться из точки А в точку Б, так называемые мобильные платформы. Существуют колесные, гусеничные шасси и у каждого типа есть свои нюансы. Несколько упрощённые схемы таких роботов находят применение в образовании. Тогда перед преподавателями встаёт задача – брать полностью готовое решение или составлять какую-то комбинацию [1]. Для развития творчества широко применяют конструкторы, которые хоть и обладают ограниченным числом элементов, но позволяют собрать множество разных по конструкции узлов, например, продукция LEGO. У компании существуют специализированные наборы по робототехнике, но стоимость достаточно высокая. С другой стороны, есть просто technic-детали и набор Power Functions с двигателями.

Цель исследования выявить преимущества и возможные недостатки построения шасси мобильного робота для обучения при использовании деталей LEGO в рамках разработки собственной платформы.

Материал и методы. В качестве привода использовались L-моторы (артикул 88003, 380 об/мин, крутящий момент до 10.5 Н·см, ток до 1.3 А). Питание подавалось из батарейного отсека Power Functions 8881 на 6 аккумуляторов АА, что в тестах давало 8В и это чуть ниже номинала. Управление осуществлялось посредством инфракрасной связи (пульт 8885 и приёмник 8884) [2]. Смена направления движения осуществлялась по дифференциальной схеме, с двумя ведущими движителями, в качестве которых выступали гусеницы из пластиковых траков с резиновыми вставками и два вида колёс, что отражено в таблице ниже. Вместе с колёсами устанавливался опорный шарик (99948 + 92911) диа-

метром 18мм. Шасси должно быть совместимо с разрабатываемой рамой робота, поэтому должно иметь размеры до 19x19 см.

Учебные роботы обычно для движения используют площадки вроде стола или ровного пола, поэтому основные тесты проводились на ламинированном покрытии под дерево. Однако, бывает нужно преодолевать некоторые препятствия, следовательно, проводились тесты въезда на препятствие «ступенька» и замерялся максимальный угол подъёма. Т.к. анализировалась работа шасси, то большая часть электроники и другие механизмы отсутствовали. Чтобы это скомпенсировать, сверху дополнительно устанавливался груз в 500 грамм.

Результаты и их обсуждение. Тип шасси, который был протестирован первым – это гусеницы. Для начала, чтобы понять хватает ли мощности L-моторам, была измерена тяга. Шасси устанавливалось на ровную поверхность и при помощи безмена замеряли усилие, направленное в противоположную от движения сторону. Первые попытки оказались слабоватыми, поэтому поставили дополнительные редукторы 2:1.

В ходе следующего теста по замеру угла подъёма, был найден небольшой недочет в конструкции шасси. Из-за того, что батарейный отсек находится не по середине, а на задней стороне, то при определённом уклоне, отсек перевешивал, и передняя часть подымалась. Это ухудшало устойчивость, и робот под собственным весом начинал сползать вниз. Шасси смогло осилить высоту ступеньки в 3 см, но учитывая недостаток расположения батарейного отсека, при попытке заезда на препятствие выше, данный отсек тянул всю конструкцию вниз и гусеницам не хватало сцепления для заезда. Так же нужно отметить, что в последнее время в наборах LEGO с гусеницами нет дополнительных резиновых вкладышей (24375) для траков. Из-за этого, при запуске на столе и гладкой напольной плитке, гусеницы имели плохое сцепление и сильно проскальзывали. Купить оригинальные вкладыши не получилось, были установлены аналоги и в целом проблему сцепления это решило. Далее, траки имеют достаточно большую ширину по отношению к диаметру ведущих катков, из-за чего шасси сильно трясёт при движении и использование каких-либо видеокамер будет затруднено. Чтобы иметь возможность использовать конструкцию в дальнейшем, была составлена инструкция по сборке в BrickLink Studio 2.

Для того, чтобы испытать колесный привод, пришлось изменить компоновку предыдущего шасси – двигатели сместились к центру, а батарейный блок поместили сверху. Колеса имеют точечное место сцепления с поверхностью, поэтому угол заезда уменьшился по сравнению с гусеницами. Высота преодоления перпендикулярного препятствия, да и неровностей в целом тоже упала. Тут в первую очередь сказывается опорный шарик, который просто застревает на препятствиях выше 5 мм, хотя ведущие колёса могут проехать больше, что и указано в таблице. Также отметим, что колесо 96×20 хоть и имеет больший диаметр, но у него покрышка с мотоциклетным профилем и меньшей площадью контакта, поэтому зацеп хуже, чем у 81,6×38.

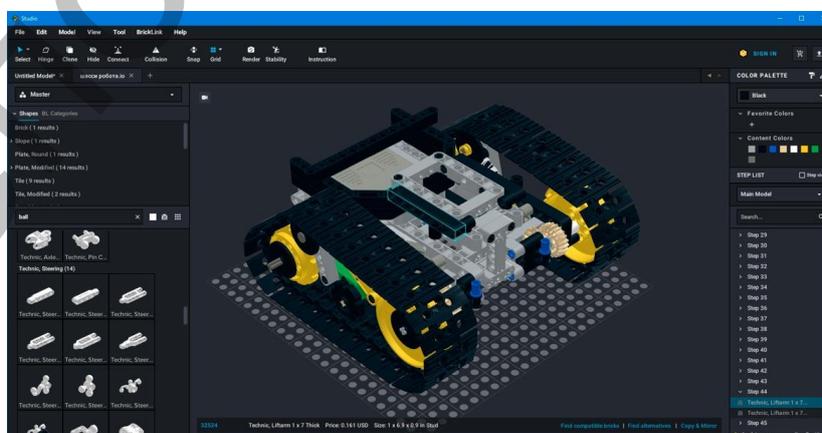


Рисунок 1 – Гусеничное шасси в 3D модели

Таблица 1 – Результаты измерений

Тип колеса	Гусеницы	Колесо 96×20	Колесо 81,6×38
Название эксперимента			
Тяга (кг)	0,8	0,57	0,57
Угол подъема(°)	35	16	23
Высота ступеньки (см)	3	1,5	2,5
Скорость движения (см/с)	38	83	43
Прямолинейность движения	Хорошая	Плохая	Нормальная

В тестах выяснилось, что L-моторы не имеют полностью одинаковой скорости вращения, что видимо связано с несколько различным трением в редукторах, поэтому при движении вперёд происходит отклонение от прямой. Встроенных энкодеров в этих моторах нет, поэтому отследить эту погрешность бортовой электроникой будет трудней, чем при использовании обычных T-моторов. Эффект несколько нивелируется тем, что у гусениц и колеса 81,6×38 возникает достаточно большое трение с поверхностью, если их пытаться двигать в направлении оси вращения, т.е. не катить вперёд, а тянуть в сторону.

Заключение. В целом можно сказать, что применение Power Functions в конструкции мобильного робота возможно. Колесное шасси выиграло в скорости и плавности, но имеет проблемы с проходимостью неровностей. Это связано с не очень удачным профилем покрышек и маленьким опорным колесом. Поэтому в дальнейшем стоит поэкспериментировать с установкой покрышек от RC моделей, а также заменить опорное колесо, сменить схему управления на «обратный трицикл». Улучшить работу гусениц можно, если заменить отдельные пластиковые траки на цельную резиновую ленту.

1. Бишоп, О. Настольная книга разработчика роботов / О. Бишоп. – К.: МК-Пресс, 2010. – 400с.: ил.
2. Каталог деталей LEGO [Электронный ресурс] / bricklink.com – магазин и сообщество любителей LEGO. – Кейлуа, Гавайи, США, 2020. – Режим доступа: <https://www.bricklink.com/>. – Дата доступа: 02.09.2020.