

ство и размеры БЧ снаряда) вероятность поражения, определяется типом МБЛА (самолетный, вертолетный и т.п.) и его размерами. При стрельбе очередью из 10 выстрелов применение шрапнельных снарядов позволяет достичь вероятности поражения более 0,7 даже для случая неоптимального соотношения угла разлета ПЭ и дистанции подрыва.

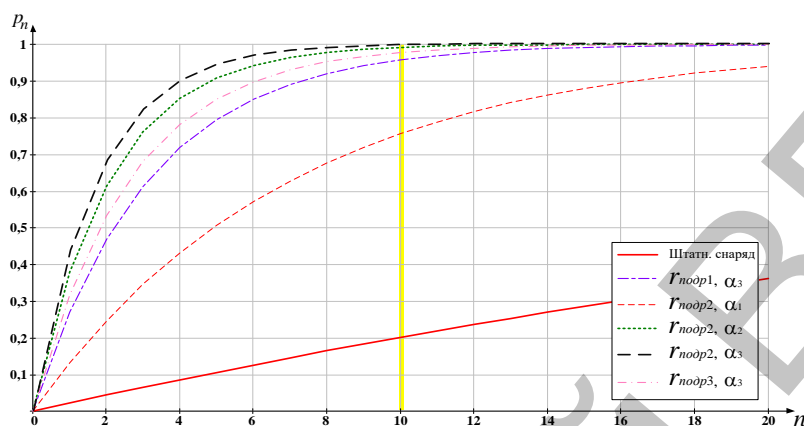


Рисунок 1. – Зависимость вероятности поражения МБЛА от количества выстрелов при стрельбе шрапнельными снарядами

Заключение. Основные параметры шрапнельного снаряда определяются применительно для каждого образца вооружения отдельно. Исходным параметром является размер ПЭ, он определяется задаваемой пробивной способностью материалов, из которых изготавливаются современные и перспективные МБЛА. Максимально возможное число ПЭ и угол их разлета определяются габаритами снаряда конкретного образца вооружения. Скорость ПЭ в момент встречи с поверхностью МБЛА зависит от дальности до цели и статической скорости ПЭ. Максимальная вероятность поражения для выбранных условий будет достигаться выбором оптимальной дистанции подрыва, поэтому на средстве поражения должны решаться задачи измерения дальности до цели и определения ее типа (размеров). Достоинствами шрапнельных снарядов являются существенно меньшая стоимость по сравнению с ЗУР; меньшая стоимость по сравнению с МБЛА.

1. Чигирь, И.В. Повышение эффективности стрельбы зенитного (стрелкового) вооружения по малогабаритным беспилотным летательным аппаратам за счет применения шрапнельных снарядов / И.В. Чигирь, А.Е. Курейчик, О.Р. Маврин, А.С. Солонар, С.А. Горшков // Вестник ВАРБ, 2020. – № 2. С. 66–77.

2. Колодяжный, В.В. Стрельба, боевая работа и управление огнем подразделений, вооруженных ЗПК 2К22 «Тунгуска», Учебник / В.В. Колодяжный, К.С. Рай. – Минск: ВАРБ, 2002. – 226 с.

ЗАДАЧА МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЛАЗМЕННЫХ ЭМИССИОННЫХ ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Шиенок Ю.В.,

старший преподаватель ВГУ имени П.М. Машерова, г. Витебск, Республика Беларусь

Научный руководитель – Антонович Д.А., канд. техн. наук, доцент

Электронно-лучевые технологии занимают существенное место в ряду современных высокоэффективных методов металлообработки и получения материалов с новыми свойствами. Широкий спектр технологических возможностей электронно-лучевой термической обработки определил использование электронных пучков во многих технологических процессах [1–4], в том числе для резки, плавки, сварки и термической обработки – закалки, упрочнения и модификации поверхности.

Основу электронно-лучевых технологических установок составляют электронные пушки, которые включают электронно-оптические системы (ЭОС), обеспечивающие

эмиссию электронов, формирование и ускорение электронного пучка. Традиционно в качестве источников электронов в лучевых установках используются термокатодные пушки, принцип работы которых основан на явлении термоэлектронной эмиссии. Теория таких ЭОС в настоящее время разработана наиболее полно, так как принципы их работы были изучены еще до возникновения электронно-лучевых технологий в рамках развивавшихся устройств электронно-вакуумной техники.

Наряду с несомненными достоинствами таких пушек – возможностью получения электронных пучков большой мощности с высокой яркостью – термокатодные ЭОС при их технологическом использовании обладают рядом недостатков [1–3]. К ним относятся: использование в качестве термокатодов дорогостоящих тугоплавких материалов (молибден, тантал, ванадий, вольфрам), ухудшение качества формируемого электронного пучка, снижение стабильности и эффективности процесса электронно-лучевой обработки материалов вследствие протекания ионно-плазменных процессов, уменьшение ресурса работы и надежности источников вследствие эрозии катода обратным ионным потоком. Жесткие ограничения на вакуумные условия в технологической камере не всегда оправданы и часто ограничивают производительность электронно-лучевого оборудования.

Указанные недостатки стимулировали разработку альтернативных электронных источников с безнакальными эмиттерами, для которых технологические условия реализации электронно-лучевых технологий не являются настолько жесткими, как для термокатодных источников электронов. Принцип работы такого класса ЭОС основан на использовании плазменных образований для формирования электронных пучков, что требует повышенных рабочих давлений в области генерации газоразрядной плазмы, в промежутке формирования и ускорения пучка. Одним из наиболее перспективных классов безнакальных ЭОС являются плазменные источники электронов (ПИЭЛ), где формируется плазма низковольтного тлеющего разряда служащая источником электронов. Инжекция электронов из плазмы в ускоряющий промежуток осуществляется через канал (каналы) в эмиттерном электроде, который разделяет области ускорения пучка и генерации эмиттирующей плазмы. Источники с плазменным эмиттером электронов превосходят пушки с термокатодом по ресурсу работы (на два порядка) и надежности, отличаются от них гораздо меньшими требованиями к вакуумным условиям в технологической камере. ПИЭЛ в отличие от термокатодных пушек могут работать в условиях форвакуума (при давлениях порядка 0,7 – 1,4 Па) и в химически активных средах, не содержат редких и дорогостоящих материалов. Высокая электронная температура плазменного эмиттера, превышающая на порядок температуру термокатодов, ограничивает возможность фокусировки пучков, однако это компенсируется высокой плотностью эмиссионного тока [1; 2].

Достижимые в ПИЭЛ мощности пучка позволяют реализовывать до 80% объема используемых электронно-лучевых технологий. Все это стимулировало перспективы развития этого класса ЭОС и привело к разработке целого спектра таких устройств и их внедрению в промышленное производство [4; 5]. Несмотря на то, что физические принципы действия источников с плазменным эмиттером близки к принципам, лежащим в основе работы пушек с термокатодом, ПИЭЛ характеризуются рядом отличительных особенностей. К ним относятся: подвижность плазменной границы, динамика формы и площади эмиттирующей поверхности, повышенная интенсивность ионизационных процессов в промежутке ускорения, высокие значения начальной тепловой энергии электронов, влияние обратного ионного потока на параметры эмиттирующей плазмы.

Указанные отличия приводят к тому, что ЭОС с плазменным эмиттером являются более многофакторными, чем ЭОС с твердотельным катодом. Это увеличивает объем экспериментальных исследований при разработке плазменных источников электронов.

Для сокращения объема экспериментальных работ при проектировании современных технологических электронно-лучевых установок на базе пушек с термокатадами в настоящее время широко применяется компьютерное моделирование. Для моделирования пушек с плазменным эмиттером электронов использовать пакеты прикладных программ, предназначенные для расчета термокатодных источников, не представляется возможным, так как методы моделирования ЭОС с термокатодом не учитывают существ-

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. Крейндел [и др.] ; под общ. ред. Ю.Е. Крейндела. – 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-