

ТЕХНОЛОГИИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ СИЛОВОГО ПРИВОДА НАЗЕМНОГО БЕСПИЛОТНОГО АППАРАТА

В. Н. Жуковец, ФММП БНТУ, г. Минск

Резюме. Выполнено обоснование применения радиоизотопных источников энергии, дистанционных систем управления на основе волоконно-оптических линий связи для беспилотных наземных роботов. Разработка машин данного типа целесообразна для их применения в условиях химического и радиационного заражения.

Ключевые слова: мобильные роботы, беспилотная наземная техника, колёсно-шагающий движитель, системы управления, волоконная оптика, радиоизотопные источники энергии.

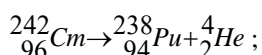
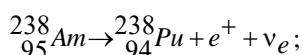
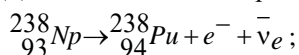
Введение. Современная беспилотная наземная техника создаётся для различных целей, выполняют свои задачи без присутствия на борту человека-оператора, поэтому к каждой модели предъявляется свой набор требований. При этом, крайне необходима беспилотная машина достаточно унифицированной конструкции с высокой геометрической и грунтовой проходимостью, устойчиво удерживающая высокую скорость на продолжительной дистанции рабочего маршрута, надёжно доставляющая габаритные и массивные грузы без дополнительной зарядки электробатарей или дозаправки топливом при длинном переходе. Беспилотная наземная техника находит своё применение в исследованиях космического пространства (небесные тела Солнечной системы), сельском хозяйстве, при экстремальных условиях чрезвычайных ситуаций природного и техногенного происхождения, для потребностей вооруженных сил [1, 2]. Система управления наземным беспилотным аппаратом должна надёжно работать в условиях, неблагоприятных для работы радиоэлектронных устройств.

Основная часть. Беспилотные машины (дроны) в современном мире получили очень широкое распространение, особенно беспилотные летательные устройства небольших габаритов. Развитие водной беспилотной техники и наземных беспилотных аппаратов серьёзно отстает – как по утверждённой номенклатуре разработанных моделей, так и по числу выпускаемых экземпляров мобильных машин.

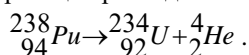
Сухопутный дрон преодолевает обычно длительный маршрут в сложных погодных условиях и по опорной поверхности с деформированной геометрией, из-за чего требуются повышенные характеристики проходимости. Поэтому, желательно использовать бионические шагающие и колёсно-шагающие комбинированные движители для нестандартных ходовых систем наземных дронов [3, 4]. При этом, существующие шагающие машины (киноидные, антропоморфные, инсектоморфные) развивают высокую скорость только на коротких дистанциях, дальность их передвижения ограничена (четвероногие роботы-киноиды, имитирующие собак) [4, 5].

В тех случаях, когда требуется длительная автономная работа без подзарядки, целесообразно использовать опыт создания планетоходов с радиоизотопными источниками энергии. Многоцелевые радиоизотопные термоэлектрические генераторы используют энергию распада таких изотопов как плутоний $Pu-238$, стронций $Sr-90$, никель $Ni-63$. Далее приведены ядерные реакции получения этих изотопов и их распада [6].

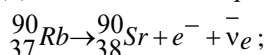
Для изотопа $Pu-238$ реакции получения:



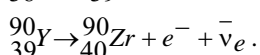
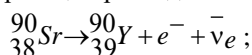
реакция распада:



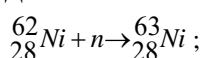
Для изотопа $Sr-90$ реакция получения:



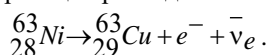
реакции распада:



Для изотопа $Ni-63$ реакция получения:



реакция распада:



Можно сделать вывод, что с точки зрения безопасности, целесообразно использовать элементы питания на основе изотопа никеля $Ni-63$, который при β -распаде превращается в стабильный изотоп меди $Cu-63$.

Следует отметить, что заметно доминирующее большинство наземных беспилотников используют колёсные или гусеничные ходовые системы [2]. Подобная ситуация, чаще всего, обусловлена рядом широко распространённых недостатков уже созданных шагающих машин: неоправданно сложная конструкция, высокая стоимость производства и технического обслуживания, недостаточный уровень надёжности, малая средняя скорость на продолжительной дистанции. Необходимые эксплуатационные характеристики наземного дрона должны реализовываться при умеренной себестоимости производства, надёжностью машины в работе, простотой при ремонте [7]. Звенья ходовой системы должны обладать статической и динамической уравновешенностью, поскольку рост сил инерции пропорционален квадрату скорости, что ограничивает мобильность колёсно-шагающего аппарата [8, 9].

Оценив подобную ситуацию, следует прийти к концептуальной идее, что при создании конструкции наземного дрона с высокими скоростью, проходимостью, уравновешенностью, экономически рентабельными грузоподъемностью и дальностью перемещения целесообразно усовершенствовать образцы колёсно-шагающего движителя, ранее созданные в БНТУ [10, 11]. Подобная ходовая система способна проявить свою эффективность по уровню тягового усилия, геометрической и грунтовой проходимости. Поскольку в природе, колёсный способ движения среди животных не используется, конструктивный подход сочетает воедино природный принцип биомеханики (шагание) и искусственный принцип колеса (качение). Комбинация идей человека и взятых у живой природы образцов многозвенных механизмов – наглядный пример эффективности синергетических методов конструирования.

Учитывая конструкции современных ходовых систем, представляется перспективным применять многоконтурную электромеханическую систему, когда каждый колёсно-шагающий движитель получает мощность вращательного движения от отдельного электродвигателя. Такая схема полного привода ходовой системы наиболее эффективна, поскольку должна значительно увеличить дальность перемещения и проходимость наземной беспилотной машины [12]. Силовые электродвигатели запитываются или от аккумулятора большой ёмкости, или через электрогенератор от двигателя внутреннего сгорания, работающего при минимальном удельном эффективном расходе топлива, на режиме постоянной частоты вращения коленчатого вала.

Современные системы управления беспилотными аппаратами используют, как правило, радиоэлектронные устройства связи. Вместе с тем, радиоэлектронные системы могут перестать работать в условиях мощного радиоактивного излучения [6], что наблюдалось при чрезвычайных ситуациях на объектах ядерной энергетики. В этом случае, представляется перспективным использование волоконно-оптических линий связи для управления мобильным роботом. Для этого следует использовать специальные кабели с повышенным уровнем защиты от радиационных, химических и механических воздействий. Через защищённый кабель, также может осуществляться электроснабжение мотор-редукторов, приводящих в действие комбинированные движители ходовой системы. В этом случае, источник энергоснабжения можно не размещать на борту наземного дрона.

Заключение. Обоснованные принципы энергоснабжения и управления позволяют серьёзно расширить область применения беспилотной наземной техники, что имеет большое прикладное значение при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Все о беспилотниках – виды, тактико-технические характеристики, классификация. – URL: <https://uav-bpla.com/bespilotniki/>. (дата обращения: 12. 04. 2025 г.
2. Слишком научно-фантастично! Шестигусеничный робот нашей армии может ходить, бегать и карабкаться по стенам, а также преодолевать препятствия так, как будто он идет по ровной поверхности. – Автоматический перевод в сети Интернет заглавия оригинала на китайском языке. – URL: https://k.sina.cn/article_2331382571_8af6132b02000wt5s.html. (дата обращения: 12. 04. 2025 г.
3. В Южной Корее создали самую быструю робособаку в мире. – URL: <https://www.gazeta.ru/tech/news/2023/12/14/21926557.shtml>. (дата обращения: 12. 04. 2025 г.
4. Робособака установила новый рекорд Гиннеса в забеге на 100 метров. – URL: <https://habr.com/ru/news/780726/>. (дата обращения: 12. 04. 2025 г.
5. BigDog – четырехногий робот для переноски грузов. – URL: <https://www.facte.eu/proekty/bigdog-robot-perenoski-gruzov>. (дата обращения: 12. 04. 2025 г.
6. Радиоизотопы. – URL: <https://www.atomic-energy.ru/radionuclides>. (дата обращения: 12. 04. 2025 г.
7. Скойбеда, А. Т. Колесно-шагающие движители – перспективное направление создания ходовых систем мобильных роботов / А. Т. Скойбеда, А. А. Калина, О. Н. Протасеня, В. Н. Жуковец / Сборник научных трудов «Актуальные вопросы машиноведения». Выпуск 13. – Минск, 2024. – Стр. 197-200.
8. Брискин, Е. С., Сравнительный анализ колесных, гусеничных и шагающих машин / Е. С. Брискин, В. В. Чернышев, А. В. Малолетов, Н. Г. Шаронов / Робототехника и техническая кибернетика. – 2013. – № 1. – С. 6-14.
9. Павловский, В. Е. О разработках шагающих машин // Препринты Института прикладной математики им. М. В. Келдыша. – 2013. – № 101. – 32 с. URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2013-101>.
10. Скойбеда, А. Т. Колесно-шагающие движители для транспортного средства высокой проходимости / А. Т. Скойбеда, В. Н. Жуковец / Теоретическая и прикладная механика. Международный научно-технический сборник. Выпуск 28. 2013. – С. 228–233.

11. Скойбеда, А. Т. Шагающие движители – перспективное направление создания агрофильных ходовых систем мобильных машин/ А. Т. Скойбеда, В. Н. Жуковец, И. М. Комяк, А. А. Калина, В. С. Давыдов / Сборник научных трудов «Актуальные вопросы машиноведения». Выпуск 3. – Минск, 2014. – Стр. 102–105.

12. Скойбеда, А. Т. Обоснование рациональной конструкции кривошипного механизма колёсно-шагающего движителя / А. Т. Скойбеда, В. Н. Жуковец // Международный научно-технический журнал «Механика машин, механизмов и материалов», 2024 г., № 2 (67). – Минск.: ГНУ ОИМ НАНБ, 2024 г. – С. 44-52.

УДК 378.14

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА»

А. А. Куликова, ФММП БНТУ, г. Минск

Резюме. Рассмотрена разработка программы для контроля и оценки знаний студентов по дисциплине «Инженерная графика».

Ключевые слова: интерфейс пользователя, тесты, база данных, бизнес-логика, автоматизация, Windows Forms.

Введение. На сегодняшний день для контроля и оценки знаний студентов используются два основных вида контроля знаний – это устный опрос и письменная работа. Любая из этих форм проверки знаний имеет как положительные, так и отрицательные моменты. Данные виды контроля и оценки знаний занимают большое количество времени, а также не всегда корректно оценивают знания студентов. Однако, существует независимая форма контроля и оценки знаний – это тестирование.

Развитие информационных технологий коренным образом изменило подход к обучению и оценке знаний студентов. В частности, дисциплина «Инженерная графика», являющаяся важной частью инженерного образования, также подвергается трансформации. Важнейшей задачей в условиях современного развития информационных технологий является создание системы, позволяющей эффективно контролировать и оценивать знания студентов по данной учебной дисциплине. В этой статье будет рассмотрен процесс разработки информационной системы на языке C# с использованием Windows Forms в Visual Studio для разработки тестов, автоматической оценки и анализа результатов.

Основная часть. Разработка информационной системы по контролю и оценке знаний студентов является весьма актуальной задачей в современном образовании. Тестирование является одной из самых удобных и популярных форм контроля знаний.

Основными целями разработки данной программы является создание интерактивного инструмента, который поможет:

- 1) автоматизировать процесс оценки знаний студентов;
- 2) облегчить преподавателям работу по созданию тестов;
- 3) быстро анализировать результаты теста;
- 4) предоставить студентам возможность самостоятельной подготовки и оценки уровня своей подготовки за счет прохождения пробных тестов «Тренажер»;
- 5) пользоваться дополнительными материалами для подготовки в разделе «Справочные материалы».

Для достижения поставленных целей необходимо решить следующие задачи:

- 1) разработать удобный интерфейс для пользователей;
- 2) реализовать функционал для создания и хранения тестов;
- 3) обеспечить автоматическую проверку ответов и генерацию отчетов;
- 4) интегрировать программу в образовательный процесс.

Рассмотрим архитектуру информационной системы.

Информационная система будет состоять из нескольких ключевых компонентов: интерфейс пользователя, база данных, логика приложения.

В данной программе интерфейс пользователя будет реализован на основе Windows Forms. Этот инструмент обеспечивает доступ к функционалу системы, а также позволяет создавать интуитивно понятное и доступное для пользователя меню.

База данных необходима для хранения информации о тестах, вопросах, ответах и результатах студентов. В качестве системы управления базами данных может быть использован MS SQL Server, известный своей надежностью и производительностью.

Логика приложения отвечает за обработку данных, взаимодействие с базой данных и реализацию бизнес-логики. Она должна быть эффективной и хорошо структурированной для обеспечения быстрого доступа к данным и их обработки.

Рассмотрим разработку интерфейса пользователя.

Windows Forms предоставляет мощные инструменты для создания интуитивно понятного интерфейса. Пользователям будут доступны следующие элементы управления: кнопки, текстовые поля, переключатели, списки.