

УДК 004.896 : 007.52 : 502.05 : 502.37 : 504.064

*В. Д. Аверченкова**

ОЦЕНКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ И ПЕРСПЕКТИВ ПРИМЕНЕНИЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Проведение экологического мониторинга очень важно, поскольку с ростом численности населения возрастает и негативное воздействие на окружающую среду. Именно поэтому нужен постоянный контроль за изменениями в биосфере для того, чтобы вовремя предпринять меры для защиты окружающей среды. Существует множество методов проведения экологического мониторинга – особой популярностью пользуется дистанционный метод, подразумевающий использование автоматических и механических устройств, таких как роботы [1].

Конечно, не каждое устройство может подойти под конкретную задачу, например, измерение концентрации загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы по всему исследуемому участку. Беспилотные летательные аппараты применяются для измерения только в верхних слоях атмосферы, работают недолго из-за малой емкости аккумулятора, и не могут быть использованы в темное время суток и при больших скоростях ветра. Другим устройством могут служить посты, но для измерения концентрации загрязняющих веществ по всей исследуемой площади нужно использовать их очень много, что достаточно дорого, и при этом создает большие неудобства как в их установке, так и в измерениях. А вот передвижные посты находятся под управлением исключительно человека [1].

И поэтому решением данной проблемы будет разработка мобильного экологического робота, обладающего универсальностью и многофункциональностью. Он может применяться для таких задач, как:

* Работа выполнена под руководством доктора технических наук, профессора А. Г. Дивина, кандидата технических наук, доцента А. В. Козачека, кандидата технических наук, доцента Н. И. Саталкиной, кандидата технических наук, доцента П. В. Рубинова, ФГБОУ ВО «ТГТУ».

- оценка экологической ситуации на полигонах твердых коммунальных отходов, представляющих большую опасность для природной среды, а также обнаружение несанкционированных свалок;
- выявление концентраций вредных веществ, превышающих предельно-допустимую норму;
- исследование состава атмосферы;
- наблюдение за природными характеристиками и редкими организмами;
- построение экологических карт местности [2].

Такая конструкция экологического робота позволит выполнять следующие действия:

- получение данных с разных точек при помощи датчиков, перемещаясь на дальнейшее расстояние по пересеченной местности в автоматическом или полуавтоматическом режиме;
- выполнение задач, которые задаются пользователем через специальное мобильное приложение;
- наблюдение на определенном участке за природными характеристиками;
- передача данных о своем местоположении, траектории движения, показаниях датчиков и изображениях камеры через сеть Wi-Fi на стационарное и(или) мобильное устройство пользователя;
- осуществление взятия проб воды, почвы и воздуха при необходимости [1].

Важным моментом является экономическая оценка целесообразности изготовления и использования экологического робота. Одним из факторов является экономическая эффективность проекта. Чтобы подсчитать себестоимость проекта следует учесть следующие затраты (издержки):

- комплектующие и материалы, которые потребуются для создания мобильного экологического робота;
- оборудование и инструменты для сборки и тестирования робота, включающие в себя паяльные станции, мультиметры, оснастки, компьютеры и т.д.;
- рабочая сила для сборки проекта (например, научные преподавательский состав или студенты, выполняющие работу как часть проекта);
- специализированное программное обеспечение;
- испытательные работы, представляющие собой перевозку робота на разные полигоны, расходы на транспортировку, затраты на топ-

ливо, запасные части для ремонта, а также места для проведения испытаний;

- сертификация для соответствия нормативам и стандартам;
- небольшой резервный фонд для покрытия непредвиденных расходов и изменений в размере 10% от общих затрат на проект.

После создания действующего прототипа мобильного экологического робота вся документация, наработки и программное обеспечение передаются на производство. Для массового производства может потребоваться покупка дополнительного оборудования, обучение и подготовка рабочих.

Рассмотрим стоимость комплектующих данного проекта. При разработке мобильного экологического робота могут быть использованы детали, которые были доступны для заказа через интернет. Это позволит существенно снизить как временные, так и денежные затраты на разработку прототипа, поскольку там обычно доступны по более низким ценам, чем аналоги. Зная стоимость каждой детали, можно рассчитать экономическую эффективность применения робототехнического устройства, представляющая собой суммарный эффект, создаваемый в производственной, экологической и социальной сферах с учетом издержек. Их общая величина включает в себя сумму необходимых для реализации проекта. Общая стоимость единовременных затрат на осуществление проекта составит 140 324,03 руб. (в ценах сентября 2023 г.).

Зная стоимость каждой детали, можно рассчитать экономическую эффективность применения робототехнического устройства, представляющая собой суммарный эффект, создаваемый в производственной, экологической и социальной сферах с учетом издержек. Экономический эффект определяется на основании официального инструктивно-нормативного документа, разработанного на основании методики 1986 года «UNIDO Manual for Preparation Feasibility Studies», осуществляющую соотношение выгод и затрат, полученных в результате реализации проекта. В соответствии с этим, для обоснования природоохранных затрат используются показатели общей и сравнительной эффективности. Общая (абсолютная) экономическая эффективность затрат экологического характера рассчитывается как отношение объема полного экономического эффекта к сумме вызвавших этот эффект приведенных затрат:

$$\mathcal{E}_3 = \mathcal{E} / (C + E_n \cdot K),$$

где \mathcal{E}_3 – общая эффективность природоохранных затрат; \mathcal{E} – полный годовой эффект; C – текущие затраты; K – инвестиционные затраты,

определившие эффект; E_n – норматив эффективности капитальных вложений. Последнее представляет собой данное выражение:

$$E_n = 1/T,$$

где T – срок окупаемости капитальных вложений.

При среднем сроке окупаемости по народному хозяйству равном 8,3 года, норматив эффективности капитальных затрат E_n устанавливается в размере 0,12.

По предлагаемому проекту расчеты данных показателей, следующие:

T = капитальные затраты/Доход (прибыль) от проекта.

В нашем случае в виде дохода принимаем величину экономии. Она составит примерно 420 000 руб.

Рассчитываем коэффициент эффективности по проекту ($E_n = 1/T = 1/0,33 = 3,03$) и сравниваем с нормативным коэффициентом. По нашему проекту он предположительно превысит нормативный коэффициент. Применение цифрового мониторинга предположительно может обеспечить экономию расходов на его проведение на 0,1% к валовому региональному продукту. По данным Статуправления по Тамбовской области доля затрат на экологические мероприятия в нашей области составили в 2020 г. 0,9% к валовому рентному мультипликатору Тамбовской области. Валовой региональный продукт Тамбовской области составил в 2020 г. 378 676,8 млн. руб. Если снизить долю расходов на 0,1% за счет применения цифрового мониторинга, не изменяя долю остальных экологических расходов, экономия может составить 378,7 млн. руб.

На начальном этапе сборка мобильного экологического робота может осуществляться силами преподавателей и студентов нескольких кафедр, что может привести к ценным наработкам и опыту, которые могут оказаться полезными в долгосрочной перспективе, такими как:

- приобретение технических навыков в сборке, установке и обслуживании роботов и датчиков (могут быть применены и в других проектах);

- идеи и предложения по улучшению проекта, помогающие привести к разработке собственных технических решений и инженерных разработок;

- сборка и использование оборудования научного уровня будут способствовать развитию навыков командной работы;

- развитие навыков работы с большими объемами данных, их обработки и визуализации полученных от датчиков мобильного экологического робота;

– включение в учебные программы и пособия процесса сборки, что дает студентам практический опыт и улучшение качества их образования.

Первая сборка прототипа может занять от полугода с учетом создания программного обеспечения. При получении опыта сборки и смены комплектующих будет занимать до 1 месяца силами университета. Стоимость рабочей силы на данном этапе будет 0 руб., так как научные разработки преподавателей входят в их нагрузку, а практические и лабораторные работы студентов входят в их программу подготовки.

Следующие издержки, такие как: разработка программного обеспечения, проведение испытательных работ и получение сертификата для мобильного экологического робота предварительно трудно подсчитать, так как в процессе создания такого рода работ часто возникают неожиданные технические и научные проблемы, требующие дополнительного исследования и разработки, что замедлит процесс и добавит неопределенности.

С учетом перечисленных ранее затрат, а также имеющихся в ТГТУ наработок, навыков и компетенций можно прогнозировать, что общие расходы на разработку прототипа мобильного экологического робота составят 500 тыс. руб. Дополнительно, расходы на последующее производство каждого экземпляра составят порядка 140 тыс. руб.

Существуют ближайшие конкуренты, такие как квадрокоптер и передвижные автомобильные экологические лаборатории от ООО «Невалайн» и ООО «ДИЭМ». У первого цена начинается от 300 тыс. руб. К тому же, квадрокоптер практически не пригоден на малых приземных высотах по вышеизложенным причинам. Вторые начинают свои цены от 3400 тыс. руб., в зависимости от используемого автомобиля-носителя и аналогичного измерительного оборудования. Стоит отметить, что использование лаборатории на базе автомобиля на участках с карбоновыми полигонами может быть менее эффективным и даже невозможным из-за ограниченной проходимости и негативного воздействия на биосферу. Ближайший конкурент – квадрокоптер, цена на которого начинается от 300 тыс. руб.

Учитывая отсутствие на рынке мобильного экологического робота, предложенная модель становится экономически обоснованной. Учитывая имеющийся спрос на наземных экологических роботов с возможностью установки на них разных датчиков и измерительных приборов, учитывается их мобильность, автономность и автоматизацию измерений открывается перспектива наладить их мелкосерийное производство. Таким образом разработка, применение и производство

мобильного экологического робота представляют собой перспективное и экономически оправданное решение для исследований и мониторинга окружающей среды.

На данный момент разработан небольшой прототип мобильного экологического робота, на базе которого планируется создать устройство большего размера и функциональности и провести полевые испытания.

Список литературы

1. Основные концепции мобильного экологического робота / В. Д. Аверченкова, А. В. Козачек, А. А. Комиссаров и др. // В. И. Вернадский: инженерная наука и образование для обеспечения безопасности и устойчивого развития регионов : материалы Международ. науч.-практ. конф., г. Тамбов. – 2023.

2. Конструктивные элементы для обеспечения работы мобильного экологического робота / В. Д. Аверченкова, А. В. Козачек, А. А. Комиссаров и др. // XXV Юношеские чтения имени В. И. Вернадского «Современное развитие идей В. И. Вернадского как основа ценностей научного познания и просветительства», г. Тамбов. – 2023.

*Кафедра «Природопользование и защита окружающей среды»
ФГБОУ ВО ТГТУ;*

*Кафедра «Мехатроника и технологические измерения»
ФГБОУ ВО «ТГТУ».*