

УДК 62-519. 621.391

Татур М.М.

ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Введение. Робототехнический мобильный комплекс – это машина, которая может перемещаться в пространстве и выполнять определенные функции, обусловленные ее специализацией. Под это определение подпадают все беспилотные летательные, наземные (подземные), надводные (подводные) аппараты, и исключаются роботы-станки и роботизированные производственные линии. Минимальной полезной функциональной нагрузкой мобильного робота, как правило, является фото и видеосъемка, а в дополнение могут быть: транспортировка грузов; забор проб грунта, воздуха, воды; проведение дегазации и дезинфекции и т.п. Для обеспечения таких функций машина-робот оснащается соответствующим навесным оборудованием. Таким образом, робототехнические комплексы различаются в первую очередь по своему назначению и по классам: от сверхлегких (до 100 кг) до тяжелых (десятки тонн) и сверхтяжелых. В качестве примера дифференциации робототехнических мобильных комплексов приведем один из последних ГОСТов Российской Федерации «Мобильные робототехнические комплексы для проведения аварийно-спасательных работ и пожаротушения» [1], в котором выполнена детальная градация эксплуатационно-технических характеристик, таких как время и режимы работы, средства дистанционного управления, способы привода, температурные ограничения и т.п. Аналогичные классификационные документы существуют (или находятся в стадии разработки) для других видов беспилотных аппаратов.

В настоящей работе будет изложен взгляд автора на состояние и перспективы развития мобильных робототехнических комплексов наземного применения в нашей стране. В первую очередь необходимо сделать следующие замечания.

1. Ряд отечественных компаний и организаций активно осуществляют свою деятельность по производству беспилотных летательных аппаратов, а значит, накоплен достаточный опыт и потенциал по созданию и применению средств дистанционного управления.
2. Отрасли машиностроения и приборостроения представлены крупными НИИ, НПО, заводами и уверенно занимают лидирующие позиции в промышленном производстве.
3. Мобильные робототехнические комплексы наземного (подземного) назначения востребованы в различных сферах жизнеобеспечения, в первую очередь таких как, ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций, противодействие терроризму, точное земледелие, горнодобывающая промышленность, в целом там, где может возникнуть угроза здоровью и жизни персонала.

Аналоги. Разработка и построение мобильных робототехнических комплексов развивается в двух направлениях: первое основано на создании уникальных (механизированных) платформ, второе – на применении серийных шасси или изделий в целом. Очевидно, что мобильные комплексы второго направления более конкурентоспособны по экономическим показателям, а первого направления – по тактико-техническим, т.к. разрабатываются под конкретное применение. Примерами робототехнических комплексов на специализированных шасси могут служить: изделие «Адунок» [2] (Беларусь), многофункциональный робот для служб аэропорта QinetiQ (Великобритания) [3], Brokk -роботы для демонтажа строительных конструкций, могут применяться при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (Швеция) [4].

Из мобильных роботов альтернативного направления можно

привести роботизированные машины большинства автоконцернов. Одним из первых отечественных производителей работы по обеспечению дистанционного управления своих машин осуществил БелАЗ в рамках инновационного проекта компании VIST Mining Technology «Интеллектуальные карьер» [5]. Однако, несмотря на приведенные замечания, отечественных мобильных робототехнических комплексов серийного или мелкосерийного производства, доступных для массового применения в сельском, коммунальном хозяйствах и/или силовых ведомствах, пока нет.

Постановка задачи и элементы системного проектирования.

Процесс создания сложного технического изделия, к которому без сомнения относится робототехнический комплекс, состоит из ряда этапов, среди которых можно выделить следующие:

- разработку концепции изделия;
- разработку и изготовление прототипа (в данном случае концепт-кара);
- разработку и изготовление экспериментального образца;
- разработку конструкторской документации и изготовление опытного образца;
- изготовление технологической документации и изготовление промышленного образца;
- постановку изделия на производство.

Содержание большинства названных этапов – общеизвестно и стандартизовано. Наименее формализованным из них является первый, который по сути представляет собой технико-экономическое обоснование концепт-кара. В ходе данного этапа предстоит корректно сформулировать задачу, наложить реалистичные ограничения и определить оптимальный (или хотя бы рациональный) путь решения. Продемонстрируем сказанное на конкретном примере. (Будем полагать, что маркетинговые исследования проведены, потенциальный потребитель определен, объем поставок не гарантирован, а в худшем случае – слабо прогнозируем). Приведенные исходные данные в современных условиях нашей экономики являются почти типовыми для большинства случаев создания инновационных наукоемких продуктов. Поэтому и вариантов стратегий выхода на рынок не столь много. В качестве ответного, опять же, типового варианта стратегии может рассматриваться следующий: создание собственными силами (с минимальным привлечением внешнего финансирования) опытного образца, а затем продвижение его на рынок в виде технологии и/или завершенного продукта с организацией заказного (или мелкосерийного) производства.

При разработке концепции оригинального робототехнического комплекса перед инженером возникает ряд нетривиальных задач, связанных с системным проектированием. Процесс системного проектирования (или, как иногда его называют, использование комплексного подхода в проектировании) можно представить в виде треугольника, где вершинами являются: «Спецификация функций», «Обоснование ограничений» и «Генерация (выбор) технических решений» (рис. 1). Понятно, что решение этих задач взаимосвязано, причем проблема «Спецификации функций», часто является определяющей.

Так например, в нашем случае необходимо создать робототехнический комплекс для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, тушения пожаров особой сложности и разведывания подо-

Татур Михаил Михайлович, заведующий кафедрой ЭВМ Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, директор ООО «Интеллектуальные процессоры».
Беларусь, 220013, г. Минск, ул. П. Бровки, 6.

зрительных предметов, возможно взрывчатых устройств, в условиях связанных с риском для здоровья и жизни сотрудников МЧС. Как видно из [1], существует широкий диапазон возможных направлений развития технических решений, каждое из которых будет в той или иной степени решать обозначенную задачу. Поэтому введем (в данном демонстрационном примере – подыграем) дополнительные ограничения, которые интересуют потенциального заказчика.

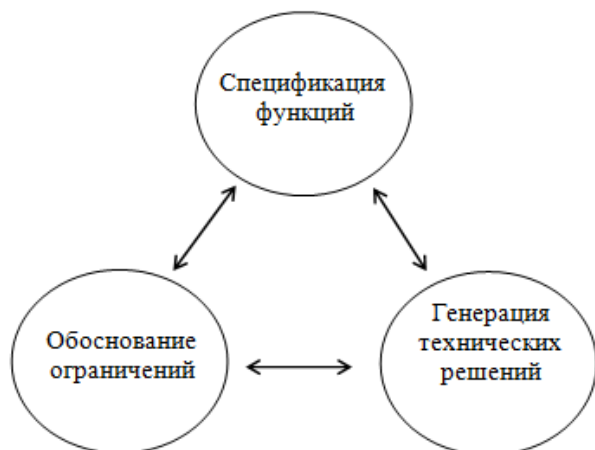


Рис. 1. «Треугольник» системного проектирования

Пусть это будут: маневренность, транспортируемость и сравнительно небольшая цена, чтобы подобными комплексами можно было оснастить подразделения МЧС районного уровня. Кроме того, в роли головной организации-разработчика рассматривается малое инновационное предприятие с опытом выполнения НИОКР в данной области, но с ограниченными материальными и финансовыми ресурсами. Таким образом, «малобюджетность» проекта, также является одним из ключевых ограничений.

При таких условиях «отпадают» варианты создания оригинальных специализированных шасси, остается: либо приобретать готовое (импортное) шасси с последующей доводкой под конкретное применение, либо создавать собственную мобильную платформу на базе отечественного серийно-выпускаемого шасси.

Следует отметить, что последнее направление, по сути, предусматривает создание оригинальной технологии роботизации определенного класса автотракторной техники. А следовательно, с учетом ограничений на бюджет этапа создания самой технологии предпочтителен выбор наиболее экономного варианта серийного шасси, полагая что технология может быть распространена на шасси других типов машин, более мощных и дорогостоящих.

Аналогичные рассуждения-обоснования, которые представляют собой элементы системного анализа, могут быть выполнены для определения состава и ключевых функций комплектующих агрегатов и подсистем робототехнического комплекса. Результатом подобного системного проектирования являлась концепция мобильного робототехнического комплекса на базе мини-трактора «Беларус 132».

Робототехнический комплекс на базе шасси мини-трактора «Беларус 132». В 2013 году консорциум Белорусских компаний и организаций, в том числе: Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси; НИИ пожарной безопасности и чрезвычайных ситуаций МЧС; ОАО «НИИ ЭВМ»; НТЦ «ЛЭМТ» БелОМО; РУП Сморгонский агрегатный завод; Научно-технологический парк БНТУ «Политехник» и ООО «Интеллектуальные процессоры» (координатор), выступили с инновационным проектом создания отечественного производства робототехнических мобильных комплексов на базе серийных сельскохозяйственных машин. Инициатива была поддержана Инновационным фондом Минского городского исполнительного комитета, а проект включен в Государственную программу инновационного развития республики Беларусь на период 2011-2015

г.г. Методическая помощь по вовлечению молодых специалистов в инновационный процесс оказывается Европейской программой TEMPUS в рамках проекта "Centers of Excellence for young RE-Searchers" № 544137-CERES.

Создаваемое изделие позиционируется как многофункциональный робототехнический комплекс для использования в условиях, связанных с риском для здоровья и жизни водителя и обслуживающего персонала:

- в чрезвычайных ситуациях – при ликвидации угроз взрывов, отравлений, при тушении пожаров и др.;
- в земледелии – при опрыскивании полей ядохимикатами.

Особенность проекта состоит в максимальном использовании комплектующих и программного обеспечения отечественного производства, что позволит сократить себестоимость конечной продукции. В качестве мобильной платформы был выбран мини-трактор «Беларус-132» производства РУП «Сморгонский агрегатный завод». Шасси комплектуется бензиновым двигателем (HONDA GX390), на 2015 год запланирована установка дизельного двигателя (KIPOR KM186F), что более приемлемо для робототехнического комплекса с точки зрения безопасности. Мощность и тяговое усилие, изначально рассчитанные на вспахивание почвы, вполне достаточны, чтобы обеспечить перемещение грузовой тележки до 500 кг или расчистки завалов с применением штатного навесного оборудования. 3D модель общего вида робототехнического комплекса приведена на рис. 2.

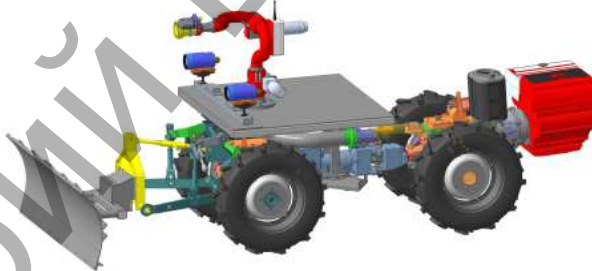


Рис. 2. Общий вид робототехнического комплекса на базе шасси «Беларус 132»

В состав комплекса в качестве компонентов входят следующие системы и агрегаты:

- видеосистема для обеспечения вождения;
- мехатронная система управления движением;
- бортовой компьютер с видеопроцессором;
- система телекоммуникации с выносным пультом управления;
- специальное навесное оборудование.

Специфика целевого использования робототехнического комплекса будет определяться устанавливаемым специальным навесным оборудованием и соответствующим программным обеспечением. Так, на экспериментальном образце робототехнического комплекса, в одном из вариантов, установлен радиоуправляемый ствол для пожаротушения от компании «Импреса» (рис. 3а), а в другом – гидроманипулятор оригинальной конструкции (рис. 3б).

Робототехнический комплекс обеспечивает следующие режимы вождения:

- дистанционное управление (оператором) по радиоканалу на расстоянии до 500 метров;
- полуавтономное и/или автоматическое управление с навигацией посредством бортовой видеосистемы.

Например, оператор «выводит» комплекс в ручной режим управления в заданную точку, указывает ориентир, относительно которого робот будет двигаться и выполнять функции (косить газон, опрыскивать поле) по определенной программе. Дополнительно, робототехнический комплекс может оснащаться спутниковой и инерциальной системами позиционирования. Расчетная точность наведения составляет около 20 см.



а)



б)

Рис. 3. Экспериментальный образец робототехнического комплекса с различными видами навесного оборудования: а) со столом для пожаротушения; б) с гидроманипулятором

Шарнирно-сочлененная рама шасси мини-трактора «Беларус - 132Н» обеспечивает исключительную маневренность робота с наименьшим радиусом поворота – 2,5 метра. Этот параметр тактико-технических характеристик может стать ключевым при применении комплекса в условиях переполненных транспортом городских улиц, в лесу, в тоннелях и даже в больших помещениях.

Вес робототехнического комплекса составляет около 400 кг при габаритах 120×120×180 см. Массогабаритные характеристики позволяют транспортировать его в грузовом микроавтобусе со средней колесной базой либо на обычном одноосном прицепе, производства Сморгонского агрегатного завода. В рамках анонсируемого проекта в качестве буксира будет изготовлена специальная транспортная машина на базе того же шасси «Беларус-132». На ней, помимо жесткой сцепки для буксировки, предусматривается организация рабочего места оператора с установкой выносного пульта дистанционного управления.

Проблемы создания серийных робототехнических комплексов. Традиционно, проблемы можно определить как научные, технические, экономические (финансовые) и организационные. Ниже приведен субъективный взгляд автора по данному вопросу, основанный на многолетнем опыте реализации наукоемких НИОКР и руководстве данным проектом в частности.

Научные проблемы, в основном, связаны с оптимизацией режимов управления, повышением уровня интеллектуальности выполня-

емых функций или операций, а также с обеспечением реализации функций в реальном времени.

Технические проблемы связаны с разработкой подсистем (для некоторых подсистем и агрегатов - с их выбором) и их интеграцией в единый надежно-работающий комплекс.

Финансовые проблемы остаются без комментариев.

Организационные проблемы осветим более детально.

а) Отдельно взятое машиностроительное, приборостроительное или научное предприятие в одиночку не в состоянии «с нуля» разработать и изготовить подобный комплекс. Так или иначе, главному исполнителю придется интегрировать возможности различных организаций и структур, при этом проявлять гибкость, чтобы обеспечить законные интересы всех участников проекта.

б) Ряд комплектующих, такие как малоразмерные двигатели внутреннего сгорания, элементы мехатроники (актуаторы, гидроклапана), полупроводниковая элементная база (DSP, FPGA), видеокамеры, телекоммуникаторы и некоторые др. не производятся в нашей стране, поэтому их стоимость с соответствующей таможенной таксировкой неумолимо отяжеляет себестоимость комплекса в целом.

в) Очевидно, что первые образцы будут далеки от совершенства и будут уступать зарубежным аналогам, производимым компаниями с большой историей, внушительными бюджетами и сложившимся рынком стратегических заказчиков. Также очевидно, что создаваемый продукт предназначен не для широкого потребления, а отечественный потенциальный Заказчик не будет торопиться закупать подобную продукцию. В этих условиях очень важно убедить потребителя в необходимости начать процесс внедрения таких отечественных изделий как единственно-возможный способ их совершенствования и технологического развития. И напротив, импортируя подобную продукцию, мы фактически отказываемся от создания собственной технологии их производства.

г) Организации, участвующие в инвестировании подобных проектов обоснованно желают видеть детальный бизнес план возврата вложенных средств, рентабельность проекта и другие экономические показатели. Но как это рассчитать при отсутствии гарантированного заказа? Более того, экономическая часть подобных проектов не должна рассчитываться по «линейной шкале», вроде «сто штук по пять тысяч». Не отрицая важности больших заказов, следует заметить, что жизнеспособность технологии еще в большей степени зависит от быстрой смены поколений создаваемых изделий. Поэтому очень важно не остановиться на первом, пусть даже удачном образце, подобно «Жигулям-копейке», а сразу же готовить новую, более совершенную версию продукта. Таким образом, профильные специалисты должны предложить особую, «нелинейную» модель экономического обоснования для высокотехнологичных наукоемких проектов.

Заключение. В настоящей работе анонсирован проект создания одного из первых отечественных мобильных робототехнических комплексов, рассчитанных на серийное производство и промышленное внедрение. Одной из основных целевых функций проекта является обеспечение ценовой доступности продукта. По результатам уже выполненных этапов проекта стоимость робота ожидается в пределах 20-50 тысяч долларов, в зависимости от опциональной комплектации и навесного оборудования. Это становится возможным за счет максимального использования комплектующих отечественного производства (как серийного так и заказного), а также жесткой экономии и оптимизации организационных механизмов реализации проекта. НИОКР вступил в завершающую фазу и есть все основания надеяться на его успешное завершение.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мобильные робототехнические комплексы для проведения аварийно-спасательных работ и пожаротушения: ГОСТ Р 54344-2011.
2. Режим доступа: www.adunok.by
3. Режим доступа: www.qinetiq.com
4. Режим доступа: www.brokk.ru
5. Режим доступа: www.navitoring.ru

Материал поступил в редакцию 23.12.14

TATUR M.M. Prospects and problems of Byelorussian mobile robotic systems creating

In the work the project to create one of the first domestic mobile robotic systems designed for mass production and industrial application is announced. Scientific, technical and organizational obstacles for such projects implementation are noted.

Репозиторий БрГТУ