

**БАТУРИН ОЛЕГ СЕРГЕЕВИЧ,
АНТОХИН ЕВГЕНИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ,
ЕФРЕМОВ ЕВГЕНИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ**

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ СИСТЕМ АВТОНОМНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ НАЗЕМНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ СРЕДНЕГО И ТЯЖЕЛОГО КЛАССОВ

АННОТАЦИЯ

В статье предложен возможный методический подход к проведению испытаний систем автономного управления движением наземных робототехнических комплексов военного назначения среднего и тяжелого классов. Рассмотрены меры безопасности, которые должны выполняться при проведении таких испытаний.

Ключевые слова: робототехнические комплексы военного назначения; показатели оценки систем автономного управления движением; система автономного управления движением; безопасность проведения испытаний.

**BATURIN O.S.,
ANTOKHIN E.A.,
EFREMOV E.V.**

METHODICAL APPROACH TO ESTIMATION OF SYSTEMS OF AUTONOMOUS CONTROL OF GROUND ROBOTIC SYSTEMS FOR MILITARY PURPOSES MEDIUM AND HEAVY CLASSES

ABSTRACT

In the article proposed methodical approach to testing systems for Autonomous control of ground robotic systems for military purposes medium and heavy classes. Reviewed security measures when conducting such tests.

Keywords: robotic system for military purposes; performance evaluation systems; autonomous motion control system; safety testing.

В настоящее время разработка и внедрение технологий робототехники является одним из приоритетных направлений, используемых при создании новых и модернизации состоящих на вооружении образцов вооружения и военной техники (далее – ВВТ) [1]. Возрастающий интерес к робототехническим комплексам военного назначения (далее – РТК ВН) обусловлен рядом факторов, к важнейшим из которых следует отнести:

- высокая маневренность и скоротечность современного общевойскового боя;
- стремление к снижению потерь среди личного состава;
- ограничения на эффективность применения ВВТ в ходе боевых действий, обусловленные пределом физиологических возможностей человека;
- новейшие достижения науки и техники в области мехатроники, автоматики и управления;

- рост психоневрологических потерь личного состава.

Анализ состояния роботизации в армиях развитых стран показывает, что основное внимание на сегодняшний день уделяется созданию робототехнических средств повышенной автономности. Признано, что в связи со спецификой задач, решаемых на поле боя, они должны быть способны действовать в реальной обстановке при частичном или полном отсутствии исходной информации о состоянии среды функционирования [2].

Согласно проведенным американскими военными экспертами исследованиям, существующие образцы дистанционно управляемых роботизированных образцов вооружения по показателям автономности на сегодняшний день не соответствуют требованиям предполагаемых театров военных действий и особенностям современного общевойскового боя. Министерством обороны США принято решение о поэтапном наращива-

нии возможностей дистанционно управляемых машин с постепенным исключением функций управления и контроля со стороны оператора и обеспечением частичной автономности робота в рамках общей поставленной задачи [3].

Основные направления ведущихся в России работ в области развития наземных робототехнических систем и комплексов военного назначения в основном совпадают с зарубежными. При создании отечественных РТК ВН взят курс на постепенный переход от дистанционно управляемых к полуавтономным, а в перспективе и к автономным роботизированным образцам вооружения.

Необходимо отметить, что разработка и применение наземных роботизированных средств с высокой степенью автономности зависит, прежде всего, от возможности создания соответствующих систем управления движением в сложных условиях (индустриальная среда, городские условия, сеть дорог, пересеченная местность), способных решать следующие задачи:

- дистанционное определение геометрических и опорных характеристик в зоне движения;
- высокоточное определение текущих координат и ориентация объекта управления;
- формирование моделей внешней среды и планирование текущих траекторий движения с учетом характеристик объекта управления;
- отработка планируемых траекторий движения, включая выход/возврат образца в заданный/исходный район, с выдерживанием заданного маршрута движения и обходом препятствий;
- контроль и диагностика программно-аппаратных средств бортовой системы управления и двигательной установки [4].

Проектирование и создание систем автономного управления движением (далее – САУД) наземных РТК ВН требует разработки новых методов проведения их испытаний и исследований, при этом особое внимание необходимо уделить оценке степени автономности указанных систем. В данной статье предлагаются методический подход к оценке степени автономности систем управления движением наземных робо-

тизированных образцов ВВТ среднего и тяжелого классов, а также соответствующие показатели оценки.

При проведении испытаний САУД предлагается решать следующие основные задачи:

- определение степени ее автономности, под которой следует понимать способность системы предпринимать наилучшие (рациональные) возможные действия при решении задач управления движением в различных условиях (на марше, при развертывании в предбоевой и боевой порядки, в бою) без вмешательства со стороны оператора [5];
- оценка влияния степени автономности системы управления движением на базовые свойства подвижности роботизированного образца ВВТ – быстроходность и проходимость;
- оценка соответствия роботизированного образца ВВТ, оснащенного САУД, заданным требованиям по подвижности.

Таким образом, степень автономности системы управления движением наземных роботизированных образцов ВВТ может быть оценена:

- скоростью принятия управленческих решений;
- точностью, скоростью и качеством управления движением образца по дорогам и местности;
- скоростью распознавания и возможностью преодоления (объезда) препятствий и заграждений при решении задач управления движением образца;
- безопасностью для личного состава, других образцов ВВТ (экипажных и безэкипажных), окружающей среды.

Пробеговые испытания САУД наземных РТК ВН среднего и тяжелого классов целесообразно проводить в несколько этапов.

На первом (подготовительном) этапе необходимо определить основные характеристики систем навигации и ориентации, а также системы технического зрения исследуемого образца:

- точность (ошибку) определения координат местоположения системой навигации;
- точность (ошибку) определения крена и тангажа образца;

- дальность обнаружения и распознавания препятствий в различных условиях функционирования (светлое и темное время суток, в условиях пыли, дыма, тумана, осадков в виде дождя и снега и т.п.);
- углы поля зрения каналов в горизонтальной и вертикальной плоскостях;
- разрешающая способность каналов системы технического зрения.

При этом максимальную дальность обнаружения и распознавания препятствий (заграждений) необходимо определять как для неподвижного образца, так и в движении с заданными скоростями.

Особое внимание должно быть уделено выбору препятствий, среди которых обязательно должны быть наиболее характерные, вызывающие застревание и пробуксовку образца (заболоченные участки, мелкие речки с топкими берегами, глубокие ямы, заполненные водой и др.) [6]. Кроме того, испытательные трассы должны оборудоваться заведомо непреодолимыми препятствиями для исследования вопросов их качественного распознавания САУД.

На последующих этапах целесообразно проводить непосредственно определение степени автономности системы управления движением. Вначале выполняют проверку возможностей преодоления (объезда) образцом, оборудованным САУД, искусственных и естественных препятствий. Непреодолимые препятствия должны объезжаться в соответствии с мерами безопасности и инструкцией по эксплуатации образца в следующей последовательности:

- распознавание препятствия;
- определение траектории объезда;
- проход мимо препятствия;
- возвращение на заданный курс.

Далее проводятся исследования на возможность автономного движения образца по пересеченной местности, бетонным (асфальтированным) и грунтовыми дорогам. При этом определяют возможность автономного движения образца по маршруту, среднюю скорость движения образца на маршруте и на его отдельных участках, возможности изменения заданного маршрута и др.

Предлагаемые показатели оценки САУД

Выбор показателей оценки САУД является достаточно сложной задачей и, в первую очередь, определяется требованиями тактико-технического задания на создаваемый роботизированный образец ВВТ. Предварительно по опыту проведения испытаний в 2014–2016 г.г. к таким показателям могут быть отнесены:

1. Время начального пространственного ориентирования образца. Данный показатель определяется как промежуток времени с момента включения САУД до момента получения оператором информации о координатах местоположения образца, а также углах крена и тангажа. Показатель характеризует возможность и скорость ориентирования образца, оснащенного САУД, в пространстве.

2. Время начала движения образца с момента получения задачи. Данный показатель определяется как промежуток времени с момента окончания ввода задания в САУД до момента начала движения образца по сформированному маршруту. Показатель характеризует скорость принятия решения САУД по планированию маршрута в заданную точку.

3. Точность следования образца по указанному маршруту. Для определения данного показателя на испытательной трассе по ходу движения образца устанавливаются реперные точки, относительно которых определяют относительное и абсолютное отклонения образца от заданного маршрута.

4. Оптимальность выбранного маршрута движения. Показатель характеризует степень интеллектуализации программного обеспечения, а также способность САУД принимать рациональные решения при формировании маршрутов движения в заданную точку.

5. Продолжительность времени достижения заданного пункта назначения. Данный показатель определяется фиксацией времени от момента начала движения образца до момента достижения конечной точки маршрута.

Показатель характеризует степень рациональности программного обеспечения САУД.

6. Минимальная протяженность пути между начальной и конечной точками марш-

рута. Показатель характеризует степень рациональности программного обеспечения САУД.

7. Вероятность (частота) достижения заданного пункта назначения. Данный показатель может быть определен по числу случаев не выхода образца в заданную конечную точку маршрута при прохождении типовых испытательных трасс.

Показатель характеризует возможность ориентирования образца, оснащенного САУД, в пространстве, а также способность САУД к целенаправленному решению задач управления движением образца.

8. Вероятность (частота) поломки образца по причине некорректной работы САУД на единицу пройденного пути. Данный показатель может быть определен путем регистрации (или записи видео) процессов прохождения образцом установленных испытательных трасс с последующим анализом полученных результатов испытаний.

Показатель характеризует способность САУД предотвращать поломки образца (предпосылок к поломке) при решении задач управления его движением.

9. Вероятность (частота) обращения САУД к оператору за время выполнения задач по управлению движением. Данный показатель определяется по числу обращений САУД к оператору управления при прохождении типовых испытательных трасс.

Показатель характеризует способность САУД самостоятельно решать задачи по управлению движением образца в различных условиях его применения.

10. Точность (ошибка) достижения образцом заданной точки назначения. Данный показатель определяется измерением отклонения координат конечной точки маршрута от значений, заданных оператором.

Показатель характеризует точность работы системы навигации образца и точность задания координат точек назначения на местности.

11. Точность осуществления движения в заданных полосах. Данный показатель может быть определен визуальным осмотром следов гусениц (колес) образца на испытательной трассе и измерением отклонений следа от заданной

полосы движения.

Показатель характеризует обеспечение САУД при решении задач управления движением образца безопасности личного состава, других образцов ВВТ (экипажных и безэкипажных) и окружающей среды.

12. Количество созданных помех движению другим образцам. Данный показатель может быть определен:

- оценкой степени соблюдения заданных дистанций между образцами при совершении марша, маневра и на остановках;
- оценкой степени соблюдения правил внезапной остановки образца (в случае возникновения неисправностей и др.);
- оценкой степени соблюдения установленных интервалов и дистанций при движении в боевых порядках;
- оценкой правильности работы наружного светотехнического оборудования образца.

Показатель характеризует способность САУД управлять движением образца в составе подразделений безэкипажных и экипажных образцов.

В целом, оценка создания помех движению другим образцам ВВТ может быть выполнена на основе правил, изложенных в «Наставлении по правилам вождения боевых машин» и в боевых уставах [6].

13. Показатель оценки безопасности вождения образца.

Данный показатель характеризует способность САУД образца предотвращать застревания, поломки, аварийные ситуации и случаи утраты образца при решении задач управления движением в случаях:

- неправильного управления образцом, приводящего к возникновению аварийных ситуаций;
- неправильного управления образцом, приводящего к его поломке (наезд и столкновение с препятствиями, наезд на впереди идущую машину в колонне и т.п.);
- неправильного управления образцом, приводящего к его застреванию (болотистая местность, снежная целина, пни и др.);
- неправильного управления образцом при преодолении препятствий, приводящего к безвозвратной утрате (сваливание с

мостов, подрыв в колежном проходе в минном поле и др.).

14. Показатель оценки возможности самообучения САУД в процессе эксплуатации. Данный показатель может быть определен в ходе пробеговых испытаний образца путем многократного преодоления испытательных трасс с последующим анализом полученных результатов.

Показатель характеризует способность САУД к целенаправленному решению задач по управлению образцом.

Требования безопасности при проведении испытаний САУД

При проведении исследований автономных РТК ВН следует обеспечивать безопасность испытаний. Большинство требований по безопасности при проведении испытаний экипажных образцов ВВТ справедливы и для испытаний РТК ВН. Вместе с тем, специфика роботизированных образцов ВВТ влечет за собой необходимость разработки дополнительных мер по обеспечению безопасности в ходе проведения их испытаний и исследований, таких как:

- исследуемые роботизированные образцы ВВТ (далее – образцы) должны оборудоваться световой сигнализацией поворота и торможения, звуковой сигнализацией останова и начала движения;
- в образцах должна быть предусмотрена сигнализация об опасных режимах функционирования и выходе из строя основных составных частей;
- образцы на время испытаний должны оснащаться ручным экстренным отключением, органы отключения должны располагаться снаружи образца в легкодоступных местах (на бортах или корме) и иметь соответствующие надписи о назначении;
- образцы должны оснащаться датчиками крена и тангажа, при подходе образца к критическим углам системы должны оповещать операторов и выдавать команды на остановку исследуемого РТК ВН;
- в образцах на время испытаний должно быть предусмотрено ручное аварийное включение стояночной тормозной

системы, которая должна обеспечивать его надежное удержание на подъемах (спусках) с углами до 35 градусов в течение длительного времени (не менее 24 часов), в том числе и при неработающем двигателе; органы включения стояночной тормозной системы должны располагаться снаружи образца в легкодоступных местах (на бортах) и иметь соответствующие надписи о назначении;

- испытания РТК ВН следует проводить только на испытательных трассах, на которых достигается вероятность устойчивой работы каналов приема-передачи данных не ниже заданной;
- при отсутствии устойчивой связи между пунктом (пультом) управления образцы должны действовать по заранее известному алгоритму (останов образца, выдача соответствующего оповещения оператору, следование к последнему месту уверенной связи по ранее пройденной траектории и др.);
- система связи между образцами и пунктами (пультами) управления должна быть продублирована (должно быть организовано не менее двух каналов связи – основного и резервного), при воздействии на каналы связи преднамеренных и непреднамеренных помех система должна автоматически переходить на резервные частоты;
- скорость движения образцов в различных условиях испытательной трассы должна обеспечивать своевременную остановку образца.

Результатом проводимых испытаний должно являться определение границ возможного использования образца по условиям функционирования, мероприятий по его дальнейшей доработке или решение о прекращении испытаний в виду их нецелесообразности по причине невозможности устранения выявленных недостатков [6].

Выводы

1. Проектирование и создание САУД роботизированных образцов ВВТ требует разработки:
 - новых методических подходов к их испытаниям и исследованиям;

- дополнительных организационных, конструктивных, алгоритмических и программных средств обеспечения безопасности испытаний.

2. В статье предложен возможный методический подход к оценке САУД РТК ВН среднего и тяжелого классов, а также предварительный перечень показателей оценки указанных систем.

Список литературы

1. *Каляев И. А., Рубцов И. В.* Боевым роботам нужна программа // Национальная оборона. – 2012. – №8 (77). – С. 34-48.
2. Unmanned Ground Systems Roadmap // Robotics Systems Joint Project Office. – 2011.
3. *Рубцов И. В.* Вопросы состояния и перспективы развития отечественной наземной

робототехники военного и специального назначения // Известия ЮФУ. «Технические науки». – 2013. – № 3 (140). – С. 14-20.

4. *Ланшов В. С., Носков В. П., Рубцов И. В.* Опыт создания автономных мобильных робототехнических комплексов специального назначения // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. «Специальная робототехника и мехатроника». – 2011. – С. 7–24.

5. *Рассел С., Норвинг П.* Искусственный интеллект. Современный подход. 2-е издание. – Москва, Санкт-Петербург, Киев. 2006.

6. *Корнилов В. И., Турков С. В., Егоров А. В.* Методический подход к оценке интеллектуальности систем автономного управления движением образцов бронетанковой военной техники // Сборник рефератов депонированных рукописей. Серия Б. – 2010. – № 93. – С. 117-124.



КНИЖНЫЕ НОВИНКИ



Комаров М. П., Щербина Г. Ф. К 63 Закат советской морской мощи. – СПб.: Стратегия будущего, 2017. – 350 с.: фото

В книге представлены результаты реконструкции и исследования долговременных и медленно протекающих процессов: реорганизации Вооружённых сил и Военно-морского флота в ходе развала СССР и становления новой России; сокращения состава объединений, соединений, частей, кораблей и летательных аппаратов всех четырёх родов сил ВМФ; утилизации подводных лодок, боевых надводных кораблей и судов, в том числе с участием международного сообщества. Установлены тенденции и закономерности указанных процессов. Приведено большое количество иллюстраций и полученных статистических материалов.

Книга предназначена для специалистов, участвующих в создании и реорганизации вооружённых сил и других больших и сложных социальных организационно-технических систем, историков, изучающих развитие этих систем, а также для всех заинтересованных в данной теме читателей.

По вопросам приобретения книги обращаться в редакцию журнала «Национальная безопасность и стратегическое планирование» (www.to-future.ru; e-mail: to-future@mail.ru; тел.: +7-911-7910880)