

УДК 623.09

В.О. ЕГУРНОВ, кандидат
технических наук, доцент
Н.В. НИКОЛАЕВ, кандидат
экономических наук
М.И. НЕКРАСОВ

К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ ОБЛИКА СИСТЕМЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСАМ НА ЗАЩИЩАЕМЫХ ОБЪЕКТАХ

В статье представлены функциональная и структурная модели системы противодействия робототехническим комплексам (РТК). На основании результатов моделирования предложен подход к обоснованию облика системы противодействия РТК, характеризующийся интеграцией в единую организационно-техническую систему разнородных средств и комплексов противодействия РТК. Реализация данного подхода позволит повысить защищенность объектов от угроз безопасности, связанных с групповым применением РТК.

Ключевые слова: система физической защиты; робототехнические комплексы; противодействие робототехническим комплексам; безопасность защищаемых объектов; функциональная модель; структурная модель.

Введение

Интенсивное развитие технологий в области робототехники предопределило появление РТК, способных достаточно эффективно решать широкий перечень задач [1]. При этом себестоимость производства таких комплексов снижается, что повышает их доступность для потребителей, в том числе и потенциальных нарушителей. Кроме того, в последние годы наблюдается тенденция к увеличению случаев использования РТК для совершения противоправных действий, включая террористические акты.

Результаты анализа публикаций¹ показывают, что для этих целей чаще всего применяют беспилотные воздушные суда (БВС), характеризующиеся относительной простотой в эксплуатации и невысокой стоимостью при достаточно высоком техническом уровне [2].

В настоящее время одним из основных направлений совершенствования РТК является развитие технологий их группового применения, в частности, разнородных РТК в составе единой системы. Групповое применение РТК позволяет повысить эффективность решения задач, а также увеличить живучесть робототехнической системы в целом². Вместе с тем в случае применения нарушителем групп РТК нивелирование угрозы безопасности может быть существенно затруднено³. Данный факт определяет необходимость совершенствования систем безопасности защищаемых объектов в направлении расширения функциональных возможностей по противодействию группам РТК.

Существующий научно-методический аппарат в части противодействия РТК характеризуется определенным уровнем проработки. Так, в Минобороны России имеется значительный научно-методический задел и практический опыт использования средств поражения – стрелкового оружия, артиллерийского вооружения, комплексов ПВО, а также средств радиоэлектронной борьбы большого радиуса действия. Однако, применение такого подхода для обеспечения безопасности защищаемых объектов существенно ограничено, поскольку использование указанных средств в условиях мирного времени может привести к неприемлемому сопутствующему ущербу (человеческим жертвам, значительному разрушению объектов инфраструктуры и др.).

Результаты анализа публикаций [3-13], посвященных вопросам противодействия РТК, позволили определить, что наиболее

¹ Боевики ИГ уничтожили склад боеприпасов сирийской армии с помощью беспилотника [Электронный ресурс] // новостной портал lenta.ru. URL: [m.lenta.ru/news/2017/10/25/ig_drone/amp/](https://m.lenta.ru/news/2017/10/25/ig_drone/) (дата обращения: 17.02.2020); Нефтяная атака века. Три главных вопроса о нападении дронов на НПЗ в Саудовской Аравии [Электронный ресурс] // Новая газета. URL: novayagazeta.ru/articles/2019/09/16/81989-neftyanaea-ataka-veka (дата обращения: 17.02.2020).

² Scharre P. Robotics on the Battlefield Part II. The coming Swarm [Электронный ресурс] // Center for a New American Security: [сайт]. [2014]. URL: www.cnas.org (дата обращения: 03.03.2020); Offensive Swarm-Enabled Tactics (OFFSET) [Электронный ресурс] // DARPA. URL: www.darpa.mil/work-with-us/offensive-swarm-enabled-tactics (дата обращения: 03.03.2020).

³ Боевые роботы и беспилотники [Электронный ресурс] // Tadviser. URL: www.tadviser.ru/index.php (дата обращения: 03.03.2020).

исследованными являются методы и способы обнаружения и противодействия БВС. Однако вопросы противодействия РТК с помощью разнородных средств и комплексов, а также их интеграции в единую систему не нашли должного отражения.

Недостаточная проработка вопросов сопряжения различных средств и комплексов противодействия РТК обуславливает наличие на защищаемых объектах совокупности образцов, функционирующих автономно. Такие изделия позволяют успешно бороться с одиночными РТК, однако в случае реализации нарушителем сценария группового применения РТК эффективность противодействия им снижается.

С учетом отмеченного, актуальность работы определяется необходимостью обоснования облика системы противодействия РТК на защищаемых объектах, состоящей из разнородных изделий. Поскольку противодействие РТК осуществляется путем реализации совокупности организационно-технических мер, то объектом исследования является система противодействия РТК.

В данной работе предлагается новый подход к обоснованию облика системы противодействия РТК, заключающийся в объединении разнородных средств обнаружения и воздействия на РТК в единую организационно-техническую систему с учетом их достоинств и недостатков. Его реализация позволит повысить оперативность и избирательность поражения целей за счет автоматизированного управления.

В интересах обоснования облика системы противодействия РТК на защищаемых объектах построим ее функциональную и структурную модели.

1. Функциональная модель системы противодействия РТК

Построение функциональной модели системы противодействия РТК осуществляется в соответствии с нотацией *IDEFO*⁴, что обеспечивает:

- полноту описания процессов: управление, информационные и материальные потоки, обратные связи;
- комплексный подход к декомпозиции процессов;
- возможность агрегирования и детализации потоков данных.

⁴ ГОСТ Р 50.1.028–2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования. М., 2001. 49 с.

Основными функциями системы противодействия РТК являются⁵ [7]:

1. Обнаружение РТК потенциальных нарушителей.
2. Рациональный выбор сценария противодействия РТК.
3. Деструктивное воздействие на РТК согласно выбранного сценария.
4. Поддержание системы в работоспособном состоянии.

На рисунке 1 изображена диаграмма верхнего уровня (А-0) функциональной модели системы противодействия РТК. На «вход» блока А0 поступают электромагнитные, оптические или акустические волны, генерируемые (отражаемые) РТК. В работе для обозначения колебаний, характерных для РТК, будет использоваться термин «сигнатуры целей». На «выходе» блока А0 формируются деструктивные воздействия, позволяющие прервать или существенно затруднить функционирование РТК. Управляющим потоком данных для рассматриваемого процесса являются требования по противодействию РТК, в том числе регламентированные соответствующими нормативными правовыми документами.

Процесс противодействия РТК декомпозируется на три основных составляющих: обнаружение РТК, выбор рационального сценария поведения системы в зависимости от условий обстановки и непосредственное воздействие на РТК, результатом которого может быть его физическое уничтожение или нарушение нормального функционирования. На рисунке 2 представлена диаграмма декомпозиции блока А0 диаграммы А-0 процесса противодействия РТК.

Основным ее элементом является блок А1, потоки данных которого включают [10]:

– данные о целях – перечень сведений, отражающих местоположение РТК, его скорость и направление движение, класс или иная информация, полученная средствами обнаружения;

– оперативная информация – вся информация, необходимая оператору для осуществления управления системой противодействия РТК. Для взаимодействия оператора и системы противодействия РТК используется автоматизированное рабочее место;

– данные от других подсистем системы физической защиты (СФЗ) объекта включают в себя информацию о дружественных РТК, а также об обнаруженных другими подсистемами СФЗ РТК нарушителей.

⁵ Michel H. Counter-Drone Systems: report [Электронный ресурс] // Center for the Study of the Drone. URL: <http://dronecenter.bard.edu> (дата обращения: 03.03.2020).



Рисунок 1 – Диаграмма А-0 функциональной модели системы противодействия РТК

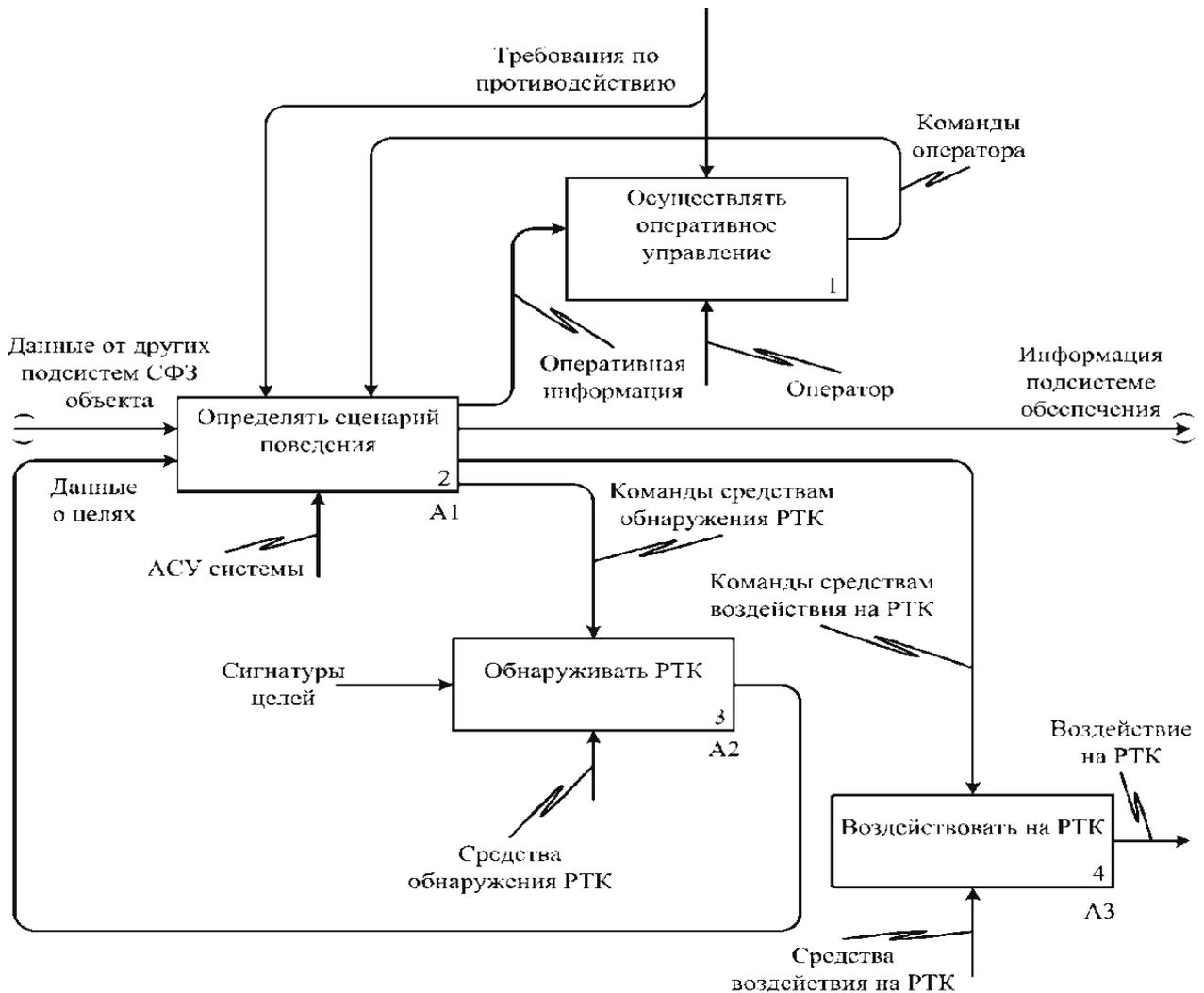


Рисунок 2 – Декомпозиция блока А0 «Противодействовать РТК»

В интересах исследования представим следующий порядок рассмотрения составляющих процесса противодействия РТК, исходя из важности для предлагаемого облика системы.

Процесс определения сценария поведения представлен на рисунке 3 в виде диаграммы декомпозиции блока А1. Данный процесс выполняется автоматизированной системой управления (АСУ), которая реализует следующие функции:

1. Построение модели конфигурации системы противодействия РТК, заключающееся в сборе и обобщении информации об имеющихся средствах обнаружения и воздействия на РТК, а также о защищаемом объекте и прилегающей к нему территории.

2. Построение модели оперативной обстановки – отображение РТК в едином виртуальном пространстве с привязкой к модели системы противодействия.

3. Прогнозирование изменения оперативной обстановки с целью оценки угрозы, исходящей от каждого РТК нарушителей, и, соответственно, определения их приоритетов и последовательности поражения.

4. Выбор оптимального средства воздействия с учетом приоритета целей, а также их уязвимостей.

Важное значение при анализе диаграммы (рисунок 3) имеют следующие потоки данных:

– данные о средствах – перечень используемых в расчетах тактико-технических характеристик средств обнаружения и воздействия на РТК, а также информация об их размещении на объекте;

– картографическая информация – набор данных о защищаемом объекте и прилегающей к нему территории с указанием зданий, строений и сооружений, а также иных объектов, влияющих на процесс противодействия РТК;

– параметры движения целей – мгновенные значения модуля и вектора скорости целей;

– параметры целей – сведения, отражающие характерные особенности обнаруженных РТК, на основании которых принимается решение о выборе рационального способа воздействия.

Процесс обнаружения РТК представлен на рисунке 4 в виде диаграммы декомпозиции блока А2.

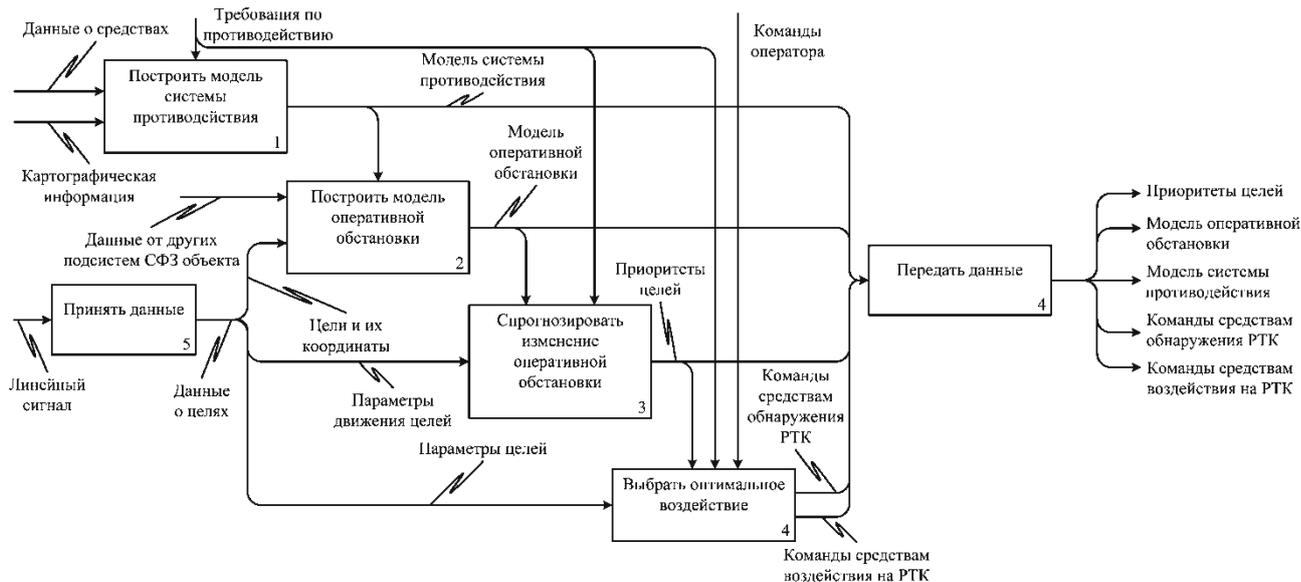


Рисунок 3 – Декомпозиция блока А1 «Определять сценарий поведения»



Рисунок 4 – Декомпозиция блока А2 «Обнаруживать РТК»

Рассматриваемый процесс обеспечивается устройством обнаружения РТК, функционал которого включает:

1. Прием сигнатур объектов и их преобразование к виду, пригодному для последующей обработки.
2. Обработку полученного сигнала и определение объектов, которые могут являться РТК.
3. Селекцию обнаруженных объектов на предмет выявления РТК.

4. Обеспечение информационного обмена с АСУ системы в части передачи информации, а также приема и преобразования команд управления.

Процесс воздействия на РТК отображен на рисунке 5 в виде диаграммы декомпозиции блока А3. За его реализацию отвечают соответствующие средства, которые должны обеспечивать выполнение следующих функций:

1. Преобразование информации от АСУ к виду, пригодному для обработки управляющим устройством средства воздействия на РТК;
2. Формирование управляющих воздействий для соответствующих элементов средства.
3. Наведение на цель и взятие ее на сопровождение.
4. Непосредственное воздействие на цель.

Управление средством воздействия на РТК может осуществляться автоматически, в автоматизированном и ручном режимах. При использовании автоматизированного и ручного режимов управления расчет средства воздействия на РТК получает от АСУ системы данные целеуказания и приоритеты целей. На основании этой информации оператор принимает решение на поражение РТК и подает команду на начало воздействия.



Рисунок 5 – Декомпозиция блока А3 «Воздействовать на РТК»

Таким образом, применение полученных в ходе функционального моделирования системы противодействия РТК результатов позволит:

- обеспечить согласованность элементов системы на функциональном уровне;
- построить структурную модель системы. При этом один и тот же функционал может достигаться применением различных структур;
- отобразить взаимосвязи между процессами, в том числе для построения информационной модели системы противодействия РТК.

2. Структурная модель системы противодействия РТК

Результаты исследования, полученные в ходе функционального моделирования, позволяют определить структуру и состав системы противодействия РТК, требуемые для обоснования ее нового облика. Так, в качестве основных подсистем системы противодействия РТК следует выделить: боевую, управляющую, связи, обеспечивающую [14].

Боевая подсистема – это совокупность технических средств, предназначенных для обнаружения РТК и оказания деструктивного воздействия на них.

Управляющая подсистема – элемент системы противодействия РТК, обеспечивающий сбор и обработку информации от других элементов системы, определение рационального сценария поведения в различных условиях обстановки, а также генерацию управляющих воздействий для реализации выработанного сценария.

Подсистема связи обеспечивает автоматизированное информационно-управляющее взаимодействие элементов системы.

Обеспечивающая подсистема предназначена для поддержания системы противодействия РТК в работоспособном состоянии.

Кроме того, полученные в ходе функционального моделирования результаты позволили предложить модульную распределенную структуру системы противодействия РТК (рисунок 6) [10]. Взаимодействие ее элементов целесообразно организовать посредством сети высокоскоростного обмена данными. Рассмотрим структурную модель системы противодействия РТК [14].

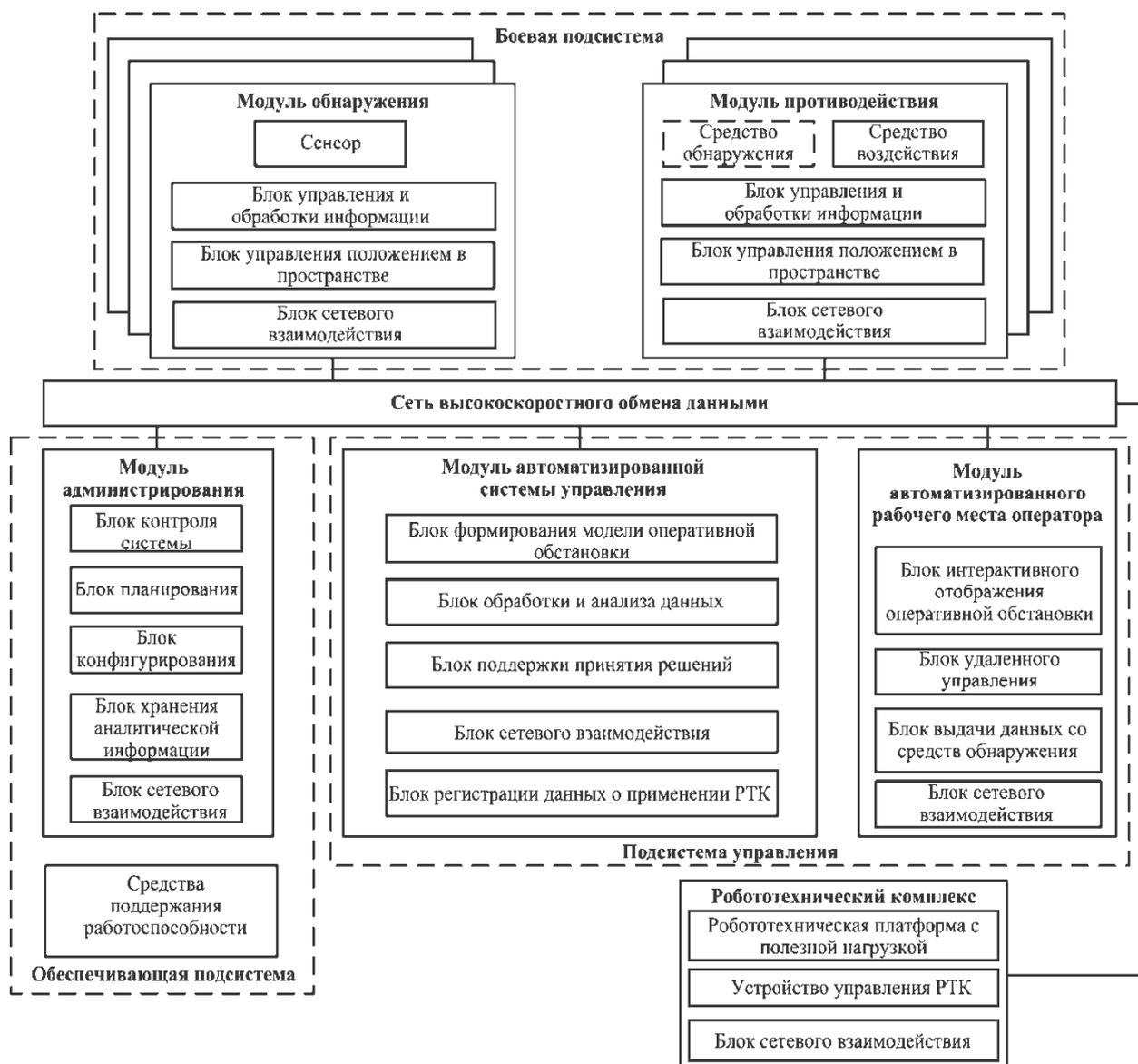


Рисунок 6 – Структурная модель системы противодействия РТК

Модуль обнаружения РТК включает следующие основные блоки:

1. Один или несколько сенсоров, которые обеспечивают преобразование принимаемых физических воздействий к виду, пригодному для анализа блоком управления и обработки информации.
2. Блок управления и обработки информации, который представляет собой специализированное вычислительное устройство. Его основными функциями являются обработка получаемых от сенсора сигналов с целью обнаружения и селекции целей, определения их параметров, а также анализ получаемых от АСУ системы команд и управление модулем.

3. Блок управления положением в пространстве, который обеспечивает наведение сенсора на заданную область пространства.

4. Блок сетевого взаимодействия, предназначенный для организации интерфейса с сетью высокоскоростного обмена данными.

Основными блоками модуля противодействия РТК являются:

1. Средство воздействия на РТК.

2. Средство обнаружения, которое предназначено для обнаружения и взятия на сопровождение указанных целей. В некоторых технических средствах данный элемент может отсутствовать.

3. Блок управления и обработки информации, который представляет собой специализированное вычислительное устройство. Его основными функциями являются анализ данных от средства обнаружения для наведения на цель, расчет параметров воздействия, а также обработка получаемых от АСУ системы команд и управление модулем.

4. Блок управления положением в пространстве представлен приводами и механизмами, которые обеспечивают изменение положения в пространстве средств воздействия.

5. Блок сетевого взаимодействия, предназначенный для организации интерфейса с сетью высокоскоростного обмена данными.

Основной функцией модуля АСУ системы противодействия РТК является высокоскоростная обработка потоков информации от модулей обнаружения и комплексный анализ возникающих событий с целью определения рационального сценария поведения системы [14]. Для этого АСУ должно обеспечивать функции формирования модели единой оперативной обстановки, прогнозировать ее изменение, а также иметь возможность выбора рационального способа воздействия на обнаруженные цели.

В состав АСУ должны входить следующие блоки [10]:

1. Блок формирования оперативной обстановки. Этот блок, как следует из названия, реализует процесс построения модели оперативной обстановки. Также одной из его функций является контроль состояния элементов системы для обеспечения их работоспособного состояния.

2. Блок обработки и анализа данных. Основной его функцией является прогноз изменения оперативной обстановки.

3. Блок поддержки принятия решений, который осуществляет выбор рационального воздействия на РТК нарушителей.

4. Блок регистрации данных о применении РТК, который служит для получения системой противодействия РТК информации о применяемых в интересах защищаемого объекта средствах робототехники. Данная информация предоставляет возможность корректировки сценариев противодействия РТК нарушителей таким образом, чтобы минимизировать негативное воздействие на собственные комплексы.

5. Блок сетевого взаимодействия, предназначенный для организации интерфейса с сетью высокоскоростного обмена данными.

Модуль администрирования предназначен для решения задач по настройке, установке, диагностике, техническому обслуживанию и конфигурированию системы в целом, а также ее отдельных элементов.

Модуль автоматизированного рабочего места оператора предназначен для организации человеко-машинного интерфейса между оператором и АСУ системы противодействия РТК. Оно должно обеспечивать возможность как предоставления оператору полного объема оперативной информации, так и высокоуровневого управления системой.

Таким образом, предложенная в статье модульная распределенная структура системы противодействия РТК (рисунок 6) обеспечит [14]:

- увеличение эффективности за счет объединения разнородных средств обнаружения и воздействия на РТК;
- масштабируемость и открытость за счет подключения разнородных технических средств, а также сопряжения с иными системами защиты объекта;
- возможность проведения работ по модернизации развернутой системы без ее отрыва от эксплуатации за счет модульности построения.

Реализация изложенного в статье подхода позволит повысить оперативность, избирательность поражения целей и, как следствие, защищенность объектов от угроз безопасности с применением РТК.

Заключение

В настоящей статье рассмотрен подход к обоснованию облика системы противодействия робототехническим комплексам на защищаемых объектах. Представлены результаты функционального и структурного моделирования системы противодействия РТК, обеспечивающие возможность интеграции в единую организационно-техническую систему разнородных средств и комплексов противодействия РТК. Такое объединение повысит защищенность объектов от угроз безопасности, связанных с групповым применением РТК.

Приведенные в статье результаты исследований могут быть использованы для обоснования облика системы противодействия РТК при построении систем физической защиты объектов.

Список использованных источников

1. Леонов А.В., Тюлькин М.В., Трущенко В.В. Критерии оценки целесообразности и эффективности использования робототехнических комплексов военного назначения // Вооружение и экономика. 2019. №1(49). – С. 24-29.
2. Демьянович М.А. Использование беспилотных летательных аппаратов в преступных целях: методы противодействия и борьбы // Правопорядок: история, теория, практика. 2019. №2(21). – С. 108-112.
3. Егурнов В.О., Ильин В.В., Некрасов М.И., Сосунов В.Г. Анализ способов противодействия беспилотным летательным аппаратам для обеспечения безопасности защищаемых объектов // Вопросы оборонной техники. Научно-технический журнал. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. 2018. №115-116. – С. 51-58.
4. Семенец В.О., Трухин М.П. Способы противодействия беспилотным летательным аппаратам // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2018. Т.10. №3. – С. 4-12.
5. Теодорович Н.Н., Строганова С.М., Абрамов П.С. Способы обнаружения и борьбы с малогабаритными БПЛА // Интернет-журнал «Науковедение». 2017. Т.9. №1.
6. Stoica P.M., Molder C. Comparative analysis of methods to detect radio-controlled commercial UAVs. // Scientific Bulletin of Naval Academy. 2018. №21. – С. 45-49.
7. Birch G.C., Griffin J.C., Erdman M.K. UAS Detection, Classification and Neutralization: Market Survey 2015: report. Albuquerque: Sandia National Laboratories, 2015. – 74 p.
8. Подстригаев А.С., Слободян М.Г., Можяева Е.И. Система критериев для оценки эффективности способов противодействия беспилотным летательным аппаратам // Труды МАИ. 2019. №106. – С. 78-88.

9. Краснов С.В., Малышев С.Р., Краснова С.А., Шишков В.А. Модель угроз от малогабаритных беспилотных летательных аппаратов // Вопросы оборонной техники. Научно-технический журнал. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. 2019. №7-8(133-134). – С. 49-58.

10. Tchouchenkov I., Segor F., Kollmann M., Schönbein R., Bierhoff T., Herbold M. Detection, Recognition and counter measures against unwanted UAVs. // Future Security. Session 13: Critical Infrastructure Protection 1. 2015. – P. 333-340.

11. Зикратов И.А., Козлова Е.В., Зикратова Т.В. Анализ уязвимостей робототехнических комплексов с роевым интеллектом // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. №5(87). – С. 149-154.

12. Мариненков Е.Д., Виксин И.И., Жукова Ю.А., Усова М.А. Анализ защищенности информационного взаимодействия группы беспилотных летательных аппаратов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2018. Т.18. №5. – С. 817-825.

13. Зикратов И.А., Виксин И.И., Зикратова Т.В., Шлыков А.А., Медведков Д.И. Модель безопасности мобильных мультиагентных робототехнических систем с коллективным управлением // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2017. Т.17. №3. – С. 439-449.

14. Егурнов В.О., Соколов А.М., Некрасов М.И. Модель универсальной управляющей платформы системы противодействия робототехническим комплексам // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2020. Т.12. №2. – С. 79-87.