

О показателях живучести стационарных радиотехнических систем

© С.В. Бачевский, А.Л. Молчановский, С.Н. Торговкин

АО «НПО дальней радиолокации имени академика А.Л. Минца»

Проведен анализ существующего порядка задания требований к живучести вооружения и военной техники, предложен возможный перечень показателей живучести стационарных радиотехнических систем военного назначения.

Ключевые слова: *живучесть ВВТ, вооружение и военная техника, стационарные радиотехнические системы.*

Введение. Опыт проведения специальной военной операции (СВО) Вооруженными Силами Российской Федерации свидетельствует, что обеспечение бесперебойного функционирования стационарных объектов вооружения и военной техники (ВВТ), среди которых особо выделяются радиотехнические системы (РТС) военного назначения, приобретает все большую актуальность. Противник активно использует ударные беспилотные летательные аппараты (БпЛА) для нанесения ущерба военным и гражданским объектам Российской Федерации на расстоянии многих сотен километров от линии боевого соприкосновения.

Дальность полета современных ударных БпЛА самолетного типа, стоящих на вооружении иностранных армий, а также применяемых противником во время СВО, может превышать 1000 км, а вес боевой части — 50 кг [1, с. 244–245; 2], что делает их оружием, способным нанести существенный ущерб стационарным объектам ВВТ. При этом в зоне досягаемости таких БпЛА находятся и некоторые стационарные РТС военного назначения.

В специальной литературе встречаются сведения об особенностях стационарных объектов ВВТ [3, с. 26; 4, с. 180], вследствие которых они могут быть уязвимыми для обычных средств поражения, в том числе и для ударных БпЛА. В первую очередь это — неперебазируемость объектов, их большие габаритные размеры и непрерывное излучение, что делает такие объекты разведдоступными и значительно облегчает задачу наведения на них средств огневого поражения. Далее отметим компактность размещения основных элементов стационарных объектов на местности и как следствие — возможность поражения большего числа элементов одним носителем боеприпасов.

Среди особенностей стационарных объектов ВВТ можно выделить следующие:

- невысокую пассивную степень защиты основных элементов стационарных объектов, либо полное ее отсутствие;
- наличие нескольких ключевых элементов, вывод из строя которых приведет к прекращению функционирования стационарного объекта в целом;
- необходимость содержания разнотипного оборудования ЗИП (группового, объектового, аварийного) для проведения ремонтно-восстановительных работ;
- уникальность конструкции, схемных решений и применяемых электронной компонентной базы, комплектующих изделий, устройств и агрегатов, что затруднит маневрирование аппаратурой и оборудованием при ремонте изделий, длительный цикл повторного изготовления отдельных устройств и крупных металлоконструкций для замены поврежденных, неисправных и при этом неремонтопригодных.

Как следствие указанных угроз и особенностей стационарных объектов особое значение в настоящее время (в ходе продолжающейся СВО и перспектив развития ударных вооружений исходя из опыта СВО) приобретает задача обеспечения живучести стационарных объектов ВВТ. При этом само понятие «живучесть ВВТ» часто трактуется разработчиками ВВТ, а также специалистами, применяющими (эксплуатирующими) ВВТ, по-разному — от надежности до восстанавливаемости и ремонтпригодности.

Содержание понятия «живучесть ВВТ». Существует несколько отраслевых определений понятия живучести [5, с. 5–6; 6, с. 105], например, межгосударственный стандарт СНГ ГОСТ 15.016–2016 трактует живучесть как свойство объекта сохранять ограниченную работоспособность при воздействиях, не предусмотренных условиями эксплуатации. ГОСТ Р 56024–2014 определяет живучесть судна как способность сохранять и восстанавливать свои навигационные качества. В электроэнергетике под живучестью понимается свойство объекта противостоять возмущениям, не допуская их каскадного развития с массовым нарушением питания потребителей.

Однако исследователи указывают (например, [6, с. 103–107]) на то, что в настоящее время в государственных стандартах на разработку ВВТ (доступных в открытых источниках) отсутствует общепринятое понятие «живучесть ВВТ». В свою очередь, в военной справочно-энциклопедической литературе есть несколько схожих определений живучести, но при этом в них нет четкого разграничения понятий «жи-

вучесть ВВТ» и «живучесть войск (сил)». Например, согласно военному энциклопедическому словарю [7], живучесть — это «способность войск (сил) и военной техники сохранять или быстро восстанавливать свою боеспособность» [7, с. 258]. Военная энциклопедия [8] трактует живучесть, как «свойство войск (сил), образцов вооружения и военной техники, объектов тыла, систем и комплексов боевого и технического обеспечения сохранять или быстро восстанавливать способность выполнять боевые (функциональные) задачи в условиях всех видов воздействия противника» [8, с. 180]. Определение живучести объектов, под которыми понимаются как отдельные элементы ВВТ, так и группировки войск (сил), оснащенные такими элементами ВВТ, дано в работе [9]: «Живучесть — свойство объектов сохранять или быстро восстанавливать боеспособность (способность выполнять боевые задачи в соответствии с предназначением) при ведении боевых действий» [9, с. 381].

Обобщив и конкретизировав по отношению к ВВТ вышеприведенные определения, под живучестью элементов ВВТ будем понимать *их свойство сохранять или быстро восстанавливать способность выполнять задачи в соответствии с предназначением в условиях всех видов воздействия противника.*

Таким образом, живучесть элементов ВВТ рассматривается как совокупность двух составляющих:

- 1) как свойство элементов ВВТ противостоять неблагоприятным внешним воздействиям;
- 2) как свойство элементов ВВТ восстанавливать свою способность выполнять задачи в соответствии с предназначением после отказа (аварии, катастрофы), вызванного неблагоприятным внешним воздействием.

Ключевым в определении живучести является указание на то, что свойство объекта проявляется при неблагоприятных внешних воздействиях, под которыми для ВВТ мы подразумеваем поражающее воздействие противника (последствия такого воздействия), и в первую очередь — огневое поражение.

Отдельные авторы к неблагоприятным внешним воздействиям, помимо воздействия противника, также ошибки эксплуатирующего персонала и факторы окружающей среды (наводнения, пожары, землетрясения) [10, с. 347].

Считается, что для отдельного элемента ВВТ живучесть характеризуется двумя свойствами более низкого уровня — неуязвимостью и восстанавливаемостью (рис. 1) [9, с. 383].

Требования к живучести ВВТ. Требования к живучести ВВТ задаются тактико-техническими заданиями (ТТЗ) на их разработку, обеспечиваются в процессе разработки ВВТ и поддерживаются в течение всего периода эксплуатации. Согласно ГОСТ РВ 15.201–2003, в ТТЗ на опытно-конструкторскую работу по разработке образцов ВВТ раздел «Тактико-технические требования к изделию» должен содержать подраздел «Требования живучести и стойкости к внешним воздействиям» [6, с. 107].

Классификация, номенклатура, характеристики и значения технических требований к аппаратуре, приборам, устройствам и оборудованию по стойкости к внешним воздействиям (механическим, климатическим, биологическим и специальным средам) в соответствии с условиями их применения в составе объектов ВВТ определены ГОСТ РВ 20.39.304–98.



Рис. 1. Структура живучести элементов ВВТ

При этом никакой конкретизации в отношении живучести (показатели, критерии и т. п.) стандартами не установлено, не регламентирован и порядок составления требований к живучести в ТТЗ. Нередко это приводит к тому, что в ТТЗ достаточно подробно указываются требования по стойкости к внешним воздействиям и упускаются или записываются в самом общем виде требования по живучести. Это не позволяет количественно оценить уровень (степень) живучести элементов ВВТ, их составных частей на этапах разработки и в процессе эксплуатации.

Рассмотрим подробнее, какие показатели живучести, по мнению авторов, целесообразно ввести в отношении стационарных РТС.

Показатели живучести ВВТ. В работах по теме живучести технических систем к настоящему времени предложено множество различных показателей живучести. Среди них есть вероятностные и детерминированные, аддитивные и минимаксные [5, 11]. При этом, рассматривая РТС как информационные системы, можно опереться и на анализ работ по оценке живучести информационных систем, сделанный, например, в работе [12].

Обобщив различные подходы к систематизации показателей живучести и приняв во внимание определение живучести объектов ВВТ как их свойство сохранять способность выполнять задачи в соответствии с предназначением в условиях всех видов воздействия противника, предлагаем следующие показатели живучести стационарных РТС.

Вероятностные показатели живучести стационарных РТС:

- $P_{\text{пр}}$ — вероятность выполнения задачи в соответствии с предназначением при заданном типе (величине, объеме) воздействия противника по стационарной РТС;
- $P_{\text{в}}$ — вероятность восстановления способности выполнять задачи в соответствии с предназначением при заданном типе (величине, объеме) воздействия противника по стационарной РТС в течение заданного промежутка времени;
- $M_{\text{в}}$ — математическое ожидание числа типовых огневых воздействий по стационарной РТС, приводящих к потере системой боеспособности.

Выполнение задачи в соответствии с предназначением при воздействии противника и восстановление способности выполнять задачи в соответствии с предназначением при нарушении работоспособности после воздействия противника — непересекающиеся события, однако второе возможно только при ненаступлении первого. Таким образом, вероятности этих событий можно объединить по формуле полной ве-

роятности в вероятностный показатель живучести восстанавливаемых стационарных РТС $P_{\text{ж}}$:

$$P_{\text{ж}} = P_{\text{пр}} + P_{\text{в}} (1 - P_{\text{пр}}), \quad (1)$$

где $P_{\text{пр}}$ — вероятность выполнения задачи в соответствии с предназначением при заданном типе (величине, объеме) воздействия противника по стационарной РТС; $P_{\text{в}}$ — вероятность восстановления способности выполнить задачи в соответствии с предназначением при заданном типе (величине, объеме) воздействия противника по стационарной РТС в течение заданного промежутка времени.

Согласно математическому смыслу вероятностного показателя живучести (1), чем выше вероятность выполнения задачи в соответствии с предназначением, тем меньший вклад в вероятностный показатель живучести вносит вероятность восстановления способности выполнить задачи в соответствии с предназначением, при этом обратная зависимость не является тождественной, т. е. основной вклад в вероятность живучести восстанавливаемых стационарных РТС вносит вероятность выполнения ими задачи в соответствии с предназначением, но никак не вероятность восстановления.

При этом вероятность восстановления способности выполнять задачи в соответствии с предназначением является монотонно возрастающей функцией времени восстановления $T_{\text{в}}$:

$$P_{\text{в}} = f(T_{\text{в}}) \quad (2)$$

и зависит от построения организационно-технической системы восстановления объекта — наличия холодного резерва, полноты состава ЗИП всех уровней, возможности оперативного пополнения запаса, наличия подготовленных мобильных подразделений восстановления и пр. Временные параметры восстановления являются весьма важными и могут характеризоваться такими показателями:

- предельно допустимое время восстановления $T_{\text{в.пред}}$, под которым понимается обоснованная оперативно-тактической обстановкой допустимая продолжительность восстановительных работ и при превышении которого объект считается не подлежащим восстановлению для текущего эпизода боевых действий;

- среднее время восстановления $T_{\text{в.ср}}$, определяемое по ансамблю временных затрат на устранение возможных последствий огневого воздействия, которое характеризует эффективность организационно-технической системы восстановления объектов.

Можно полагать, что $P_B(T_B) = P_B$ для расчета комплексного вероятностного показателя живучести восстанавливаемых стационарных РТС, приведенного выше.

Для невозстанавливаемых стационарных РТС $P_{\text{ж}} = P_{\text{пр}}$.

В качестве детерминированных показателей живучести стационарных РТС предлагается использовать:

а) пороговые значения параметров стационарной РТС, определяющие переход системы в небоеспособное состояние;

б) пороговые значения параметров воздействия противника, приводящие к переходу стационарной РТС в небоеспособное состояние.

Могут быть рассмотрены и частные вероятностные показатели живучести стационарных РТС:

- $P_{\text{нп}}$ — вероятность непоражения стационарной РТС, т. е. вероятность нейтрализации самой системой поражающих факторов воздействия противника;

- $P_{\text{нп}}$ — вероятность неуязвимости стационарной РТС, т. е. вероятность сохранения основных функций системы в заданном объеме и на протяжении заданного времени после получения заданных повреждений от воздействия противника.

Помимо перечисленных показателей живучести стационарных РТС могут использоваться и другие, как частные, так и интегральные показатели.

Заключение. Комплексное использование предложенных показателей в анализе и оценке живучести стационарных РТС даст достаточно полную характеристику их свойства сохранять или быстро восстанавливать способность выполнять задачи в соответствии с предназначением в условиях всех видов воздействия противника.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Добридень В.И., Уланов А.С. *Малоразмерные беспилотные летательные аппараты и средства борьбы с ними ведущих зарубежных производителей*. Созинов П.А., ред. Москва Наш мир, 2024, 264 с.
- [2] «Бобры» и «Лютые» атакуют. Какими беспилотниками Украина бьет по России. URL: <https://www.gazeta.ru/army/2024/09/10/19726489.shtml?updated> (дата обращения: 16.09.2024).
- [3] Лапшин Г.А. К вопросу противовоздушной обороны стационарных объектов космических войск. *Мат. Всерос. научно-технической конференции «Проблемы обеспечения функционирования и развития наземной инфраструктуры комплексов систем вооружения»*. Гера В.И., ред. Санкт-Петербург, ВКА, 2018, с 26–31.

- [4] Лунис И.В., Федоренко А.В. Алгоритм обеспечения живучести стационарных объектов при воздействии обычных средств поражения. *Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского*. 2018, № 663, с. 180–186.
- [5] Черкесов Г.Н., Недосекин А.О. Описание подхода к оценке живучести сложных структур при многоразовых воздействиях высокой точности. *Надежность*. 2016, № 2, с. 3–15.
- [6] Селиванов В.В., Ильин Ю.Д. Влияние живучести на боевую и военно-экономическую эффективность военно-технических систем. *Военная мысль*. 2021, № 9, с. 99–112.
- [7] *Военный энциклопедический словарь*. Сердюков А.Э., пред. гл. ред. комиссии. Москва, Воениздат, 2007, 832 с.
- [8] *Военная Энциклопедия*. В 8 томах. Т. 3. Грачёв П.С., пред. гл. ред. комиссии. Москва, Воениздат, 1995, 543 с.
- [9] *Справочник офицера воздушно-космической обороны*. Бурмистров С.К., общ. ред. Тверь, ВА ВКО, 2006, 564 с.
- [10] *Модели военных, боевых и специальных действий*. Новиков Д.А., ред. Москва, ЛЕНАНД, 2025, 528 с.
- [11] Черкесов Г.Н. *Методы и модели оценки живучести сложных систем*. Москва, Знание, 1987, 32 с.
- [12] Елисеев А.И., Долгов А.А., Хорохорин М.А., Лаута О.С., Набатов К.А. Обеспечение живучести информационных систем (Часть 2. Показатели живучести). *Вестник Воронежского института ФСИН России*. 2012, № 2, с. 55–57.

Бачевский Сергей Викторович — д-р техн. наук, профессор, первый заместитель генерального конструктора АО «НПО дальней радиолокации имени академика А.Л. Минца». e-mail: sbachevskiy@npodr.ru

Молчановский Андрей Леонидович — начальник отдела АО «Научно-производственное объединение дальней радиолокации имени академика А.Л. Минца». e-mail: amolchanovskiy@npodr.ru

Торговкин Станислав Николаевич — канд. техн. наук, доцент, начальник управления АО «Научно-производственное объединение дальней радиолокации имени академика А.Л. Минца». e-mail: storgovkin@npodr.ru

On the survivability indicators of stationary radio engineering systems

© S.V. Bachevskii, A.L. Molchanovskii, S.N. Torgovkin

Long-Range Radar, JSC

An analysis of the existing procedure for setting requirements for the survivability of weapons and military equipment has been carried out, and a possible list of survivability indicators for stationary military radio engineering systems has been proposed.

Keywords: *survivability of weapons and military equipment, weapons and military equipment, stationary radio engineering systems.*

Bachevskii S.V., Dr. Sci (Eng.), Prof., First Deputy General Designer of Long-Range Radar, JSC. e-mail: sbachevskiy@npodr.ru

Molchanovskii A.L., Head of Department of Long-Range Radar, JSC.
e-mail: amolchanovskiy@npodr.ru

Torgovkin S.N., Ph.D. (Eng.), Assoc. Prof., Head of Department of Long-Range Radar, JSC. e-mail: storgovkin@npodr.ru