

УДК 623-9

doi: 10.53816/23061456_2025_5–6_118

**ОРГАНИЗАЦИЯ ДВОЙНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО РЕЗЕРВИРОВАНИЯ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ
СИСТЕМЫ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ**

**ORGANIZATION OF A DUAL FUNCTIONAL REDUNDANCY OF THE SYSTEM'S
PRODUCTION CAPACITY REPAIR AND RESTORATION BODIES**

Канд. техн. наук С.А. Бирюков

Ph.D. S.A. Biruykov

Военная академия материально-технического обеспечения им. А.В. Хрулева

В рамках настоящей статьи, на примере мотострелковой или танковой дивизий, являющихся основными оперативными единицами при планировании предстоящих действий, рассмотрен процесс восстановления вооружения, военной и специальной техники по уровням иерархии. Предложены новые требования к резервированию производственных мощностей ремонтно-восстановительных органов и возможные способы их резервирования для обеспечения живучести организационно-технических систем военного назначения, которые обусловлены возможностью применения на любых иерархических уровнях за счет простоты понимания и ограниченного количества анализируемой информации при принятии решения на их применение. При этом, для принятия решения рассматривается функциональное резервирование, ограничиваемое оценкой эффективности применения ремонтно-восстановительных органов в условиях воздействия противника при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Ключевые слова: ремонтно-восстановительный орган, функциональная живучесть, резервирование.

Within the framework of this article, using the example of motorized rifle or tank divisions, which are the main operational units in planning upcoming actions, the process of restoring weapons, military and special equipment by hierarchy levels is considered. New requirements for reserving the production capacities of repair and rehabilitation facilities and possible ways of reserving them to ensure the survivability of military organizational and technical systems are proposed, which are due to the possibility of using them at any hierarchical levels due to the ease of understanding and the limited amount of analyzed information when deciding on their use. At the same time, functional redundancy is considered for decision-making, limited by evaluating the effectiveness of the use of repair and restoration bodies under enemy influence with an established maintenance and repair system.

Keywords: repair and restoration organ; functional survivability, redundancy.

В настоящее время парадигма резервирования каналов и резервных линий связи, а также технических устройств реализована в сложных образцах

техники, линиях коммуникации и в промышленных коммуникациях [1]. В разрезе проблематики исследования живучести организационно-технических

систем военного назначения возникает противоречие в том, что эта парадигма сложно реализуема в архитектуре функционирования системы ремонтно-восстановительных органов (СРВО) входящих в группировку войск, которая предполагает строгую материальную отчетность при реализации процесса восстановления вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ), тем самым запрещая резервные каналы передачи трафика неисправных образцов ВВСТ. Однако живучесть системы, которая может обеспечиваться дублированием ремонтно-восстановительных органов, что в свою очередь возможно только в функционально-полной системе, была и остается базовым требованием руководящих документов. Поэтому для использования системного резервирования в организационно-технических системах военного назначения СРВО необходимы специальные подходы, позволяющие определить возможные пути преодоления противоречия между стандартными алгоритмами решения поставленных задач, определенных при планировании боевых действий, и задач, возникающих в результате резкого изменения оперативной обстановки.

Цель резервирования элементов системы ремонтно-восстановительных органов группировки войск

Резервирование ремонтно-восстановительных подразделений и частей, являющихся элементами СРВО группировки войск (ГВ), осуществляется с целью исключения сценария, который ведет к гибели всей системы. В настоящее время отдельный или линейный ремонтно-восстановительный орган (РВО) выполняет задачи по восстановлению неисправных ВВСТ воинской части, соединения или объединения, в состав которого он входит. При этом РВО находятся на значительном удалении от района выполнения задач боевыми подразделениями и подразделениями боевого обеспечения, а также входит в общую систему восстановления ВВСТ как единственный элемент, способный в кратчайшие сроки выполнить задачу по предназначению. При этом отказ РВО приведет к остановке процесса восстановления и запустит алгоритм восстановления неисправных образцов ВВСТ силами старшего начальника, что повлечет снижение вероятности оперативного восстановления образцов, обеспе-

чивающих боевую готовность [5]. Если же рассматриваемый РВО резервирован другим РВО, который не находится в прямом подчинении старшего начальника, в случае отказа первого элемента система, лишенная двойного резервирования, неминуемо возвращается в исходное состояние. Двойное резервирование становится спасительным оплотом, позволяя системе сохранить свою функциональность, пока происходит восстановление поврежденного компонента.

Резервирование организационно-технической системы позволит достигнуть следующих целей:

- сохранение работоспособности в условиях воздействия противника;
- регулирование нагрузки на СРВО;
- повышение устойчивости к сценариям, ведущим к прямым и каскадным повреждениям.

В строгой иерархической СРВО, подразумевающей монорезервирование силами старшего начальника, производственные мощности которых ограничены, объемы восстанавливаемых образцов ВВСТ ниже, чем в двойно-резервированной системе путем увеличения количества реализуемых алгоритмов функционирования в быстроменяющейся оперативной обстановке. Для гарантированной реализации количественной оценки функциональной живучести [3] в заданный промежуток времени реализуется метод построения гарантированного критерия живучести системы ремонтно-восстановительных органов группировки войск, рассматриваемых как сложная биномиальная структура. В условиях постоянного воздействия противника своевременная корректировка действий приведет к более приемлемым последствиям.

Базовые требования к живучести систем

С целью формирования парадигмы двойного резервирования производственных мощностей СРВО необходимо произвести анализ существующих требований к живучести систем и объектов, а также определить, к каким подсистемам существующей системы технического обеспечения Вооруженных сил Российской Федерации они применимы.

Во-первых, основные требования к живучести элементов СРВО отражены в руководящих документах.

Во-вторых, наряду с этим в нормативной базе и государственных стандартах определены требования, обеспечивающие способность изделия выполнять свои функции в условиях влияния окружающей среды, сопрягаемых и других объектов, а также при возможных повреждениях и в аварийных ситуациях, в подразделе 6.1.4.5 «Требования живучести и стойкости к внешним воздействиям» [4]:

- восстановления и поддержания работоспособности изделия после эксплуатационного повреждения;

- воздействия климатических условий (колебаний и предельных значений температуры, влажности воздуха и атмосферного давления, солнечной радиации, атмосферных конденсированных осадков, агрессивных сред, пыли, воды и т.д.);

- стойкости к воздействию механических нагрузок (вибрационных, ударных, скручивающих, ветровых и др.);

- износостойкости (в том числе к абразивному действию песка и пыли, к воздействию снега, обледенения и др.);

- устойчивости к влиянию внешних физических полей (магнитного, электрического);

- устойчивости к моющим средствам, топливу, маслам, биологическим факторам.

В отличие от гражданской продукции, объекты военного назначения подчиняются строгим государственным стандартам, где живучесть определяется не только влиянием окружающей среды, но и потенциальным воздействием противника или экстремальными условиями эксплуатации.

Таким образом, в подразделе 5.1.4.4 «Требования живучести и стойкости к внешним воздействиям» [5] установлены требования, обеспечивающие способность изделия выполнять свои функции в условиях воздействия противника, влияния окружающей среды (ОС), сопрягаемых и других объектов, а также при боевых повреждениях и в аварийных ситуациях. Номенклатуру, характеристики внешних воздействующих факторов и содержание требований по стойкости устанавливают с учетом требований [6].

Проанализировав изложенное, можно сделать вывод о том, что нормативные правовые акты Российской Федерации не рассматривают требования к живучести сложных организационно-технических систем. Исходя из этого, основываясь на особенностях работы СРВО, а также выполнении сис-

темой определенного функционала, необходимо сформулировать требования к живучести СРВО.

Для реализации этой частной задачи предлагается провести связь с информационными сетями, которые в настоящее время достигли высоких результатов в эффективности передачи информации и дублировании каналов связи, что позволяет не перегружать элементы системы в целом, а проводить перераспределение потоков.

Одним из краеугольных требований к информационным сетям является исключение петель, проблемных замкнутых маршрутов в топологии. Представьте себе лабиринт, где между отправителем и получателем данных нет единственного пути, а лишь его множасьщиеся отражения. Появление такого замкнутого контура — равносильно открытию неуправляемого потока трафика, обрекая сеть на лавинообразную перегрузку. В традиционных информационных системах возникновение подобных петель предотвращают различными способами.

Один из наиболее эффективных — это создание протоколов резервирования, следящих за дублированными каналами связи, с целью недопущения хаоса коллизий. В случае аварийной ситуации они перераспределяют трафик, направляя его в обход разрушенной секции. Протокол резервирования — гарант того, что в каждый момент времени существует лишь один, логически выверенный путь доставки информации, несмотря на физическое изобилие каналов. Из множества путей выбирается тот, который обладает наибольшей пропускной способностью, а остальные являются резервными.

На основе изложенного, можно сформулировать новые требования к живучести сложной организационно-технической системы, представленной в рассматриваемой проблематике СРВО.

1. Наличие резервных логистических линий восстановления неисправного ВВСТ с определенным допустимым значением количественной оценки живучести СРВО.

2. Резервирование должно базироваться на стандартизированном методе или алгоритме обеспечения функциональной живучести СРВО. Только так можно гарантировать унификацию выполнения задач.

Для реализации новых требований к живучести СРВО рассмотрим возможные методы резервирования элементов системы.

**Обоснование
функционального резервирования
производственных мощностей системы
ремонтно-восстановительных органов
группировки войск**

Независимо от сферы применения и целевого назначения систем, во множестве вариантов резервирования выделяются пять основополагающих видов: структурное, временное, функциональное, информационное и нагрузочное [7]. Они имеют пять эманаций избыточности, каждая из которых соответствует своему виду резервирования. К этой квинтэссенции необходимо добавить шестой элемент — алгоритмическую избыточность, пересекающуюся с функциональной, как одну из ее разновидностей.

Структурное и временное резервирование, по сути своей, представляют собой введение в архитектуру системы дополнительных элементов, наделенных способностью зеркально отражать функции основных в случае поражения основного элемента. Эти виды резервирования рассматриваться не будут — так как СРВО является строго определенной количеством элементов, определенных штатной численностью объединений, соединений и частей, выполняющих задачи на оперативных или тактических направлениях.

Информационное резервирование обеспечивается созданием нескольких семантических надежных источников информации, что не позволяет адекватно рассмотреть установленную проблематику исследования, необходимую для достижения цели.

Нагрузочное резервирование напрямую зависит от нормативного использования или применения образца, или системы без учета внешних воздействий, тем самым является основой резервирования теории надежности.

Формулируя вывод о возможности применения резервирования к СРВО, можно утверждать, что функциональное резервирование является оптимальным применительно к рассматриваемой системе, так как гипотетически она функционально избыточна.

Функциональное резервирование имеет место в многофункциональных системах, к которым относятся СРВО, так как восстановление производится нескольких видов ВВСТ (ракетно-артиллерийского, бронетанкового и военной

автомобильной техники), в которой отдельные элементы или подмножества элементов обладают способностью принимать на себя функции поврежденных элементов обусловленную схожестью организационно-штатной структуры, на время восстановления поврежденных элементов, без существенного снижения производственных мощностей системы в целом. При таком подходе к функциональному резервированию не требуется дополнительное создание резервных элементов в отличие от структурного резервирования.

Функциональное резервирование СРВО обеспечивается:

1. Установлением дополнительных связей между элементами и подмножествами системы;
2. Оперативностью и гибкостью перенастройки элементов и подмножеств на выполнение заданной функции.

Характеристики функционального резервирования СРВО.

1. Кратность резервирования, определяемая числом алгоритмов, которыми может быть достигнуто выполнение задачи по функциональному предназначению и количественной оценке СРВО.

2. Сфера применения определяется как общим, так и групповым, покомпонентным дублированием. Общий резерв позволяет компенсировать сбои в любом элементе системы.

Общий резерв способен парировать отказы в любом из элементов системы. Данный способ характерен для уровня заместителя командующего группировкой войск по вооружению и будет представлен далее ввиду большого количества факторов, рассматриваемых в других исследованиях.

Групповой резерв предупреждает отказ только в элементах рассматриваемой группы (подмножества) элементов. В разрезе рассматриваемой проблематики групповое резервирование может быть применено к соединению.

Особенностью резервирования, представленного на рис. 1, является создание вертикальных резервных линий, отображающих принцип того, что старший начальник дублирует производственные мощности подчиненных, что ставит под угрозу возможности восстановления ВВСТ при повреждении нескольких элементов системы восстановления дивизии.

Дисциплина резервирования устанавливает порядок использования избыточных производственных мощностей.



Рис. 1. Существующая система резервирования производственных мощностей мотострелковой (танковой) дивизии

Функциональный резерв используется после того, как исчерпан ресурс производственных мощностей СРВО тактического, оперативного или стратегического уровня, в связи с тем, что переход на другой способ восстановления неисправного ВВСТ связан с ухудшением эффективности резервных элементов. Поскольку дисциплина резервирования — это один из факторов, влияющих на СРВО, для достижения уровня живучести, обеспечивающего бесперебойное функционирование системы, то необходим поиск оптимальной дисциплины резервирования.

Иерархия резервирования создается в соответствии задачам, выполняемым ремонтно-восстановительным органом.

В связи с этим в разрезе рассматриваемой проблематики существуют 3 иерархических уровня резервирования: стратегический, оперативный и тактический.

Требования к функциональному резервированию производственных мощностей СРВО.

1. Условия применения СРВО ГВ и множества подсистем, входящих в нее.

2. Ограничение на совокупные затраты на средства обеспечения живучести (СОЖ).

3. Допустимое снижение эффективности функционирования системы.

4. Реализация способов резервирования.

5. Степень взаимозаменяемости элементов системы.

Способ двойного функционального резервирования производственных мощностей СРВО

Установленный нормативными правовыми актами, приказами и наставлениями, регламентирующими работу отдельных ремонтно-восстановительных органов и системы в целом, порядок, определенный вертикальным резервированием, представленным на рис. 1, ограничивается производственными мощностями ремонтно-восстановительных органов старшего начальника, которые не в состоянии обеспечить оперативность восстановления неисправных ВВСТ при определенных сценариях воздействия противника (рис. 2).

При данном варианте недопустимо даже минимальное время, отводимое на восстановление боеготовности элементов, подвергшихся воздействию противника. В случае реализации этого варианта развития событий, путем решения задачи будет являться применение нового подхода к вопросу доступности к избыточным



Рис. 2. Вариант критического снижения производственных мощностей мотострелковой (танковой) дивизии

производственным мощностям ремонтно-восстановительных органов, не подвергшимся воздействию противника. Основой предлагаемого подхода является наличие минимум двух одновременно активных соединений между двумя элементами системы таким образом, что при выходе из строя одного из них восстановление неисправных ВВСТ производится не менее чем по двум резервным каналам. Старший начальник с помощью протокола резервирования принимает решение на активацию второго (горизонтального) канала резервирования производственных мощностей при невозможности функционировать первому (вертикальному) каналу резервирования (рис. 3).

Данный способ резервирования отличается от существующего наличием двух параллельных линий резервирования с топологией, установленной должностным лицом, не имеющей ограничений кольцами и другими структурами. Две параллельные подсистемы СРВО могут быть не зарезервированы.

Вывод: принципиальное преимущество двойного резервирования производственных мощностей системы ремонтно-восстановительных органов заключается в отсутствии не-

обходимого значительного запаса времени переключения с основной на резервную линию. Высокий уровень доступности двойного резервирования соблюдается при условии, что рассматриваемые РВО, объединенные в СРВО, не могут отказать одновременно, также не требуется затрат на оборудование, инфраструктуру и сетевые компоненты дублирующих элементов, рис. 4.

Способ бесшовного двойного функционального резервирования производственных мощностей СРВО

Бесшовное двойное функциональное резервирование (БДФР) — дальнейшее развитие идеи двоичного функционального резервирования (ДФР). Применение ДФР приемлемо для оперативного и стратегического уровня, однако опыт специальной военной операции показал, что линейные подразделения ремонтной роты мотострелкового (танкового) полка располагаются в районах со значительным удалением друг от друга, поэтому резервирование целесообразно проводить по признаку восстановления определенных видов ВВСТ, что в свою очередь являет-

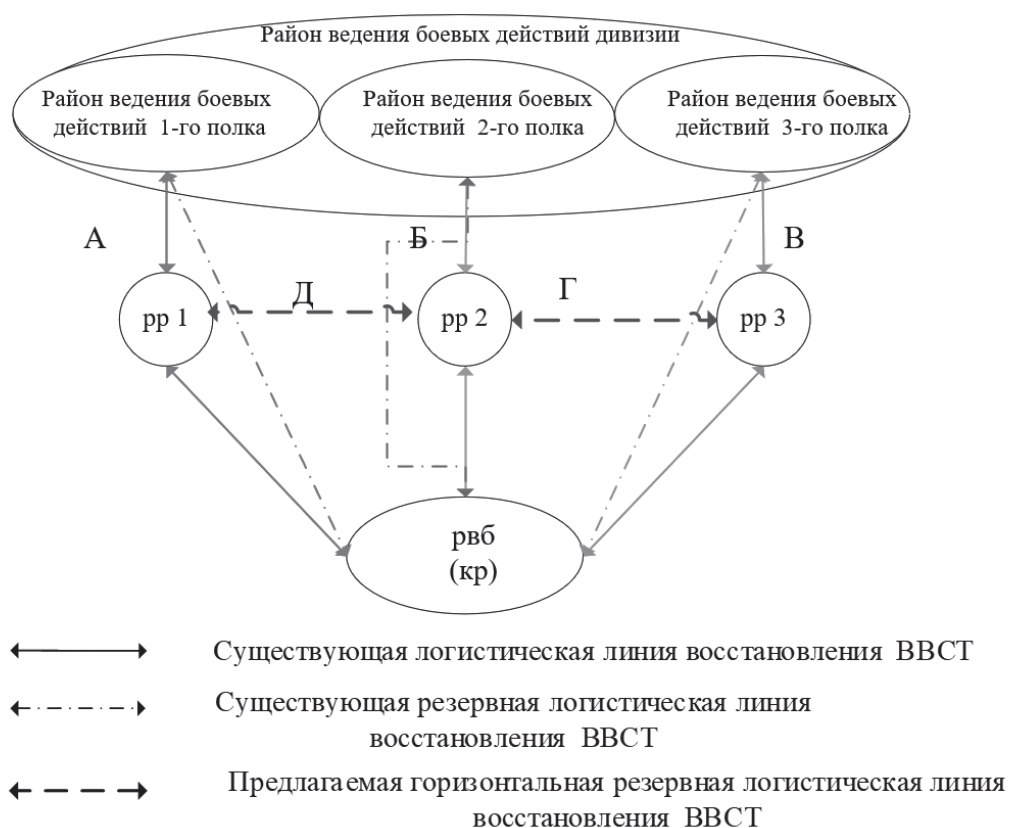


Рис. 3. Способ двойного функционального резервирования производственных мощностей мотострелковой (танковой) дивизии

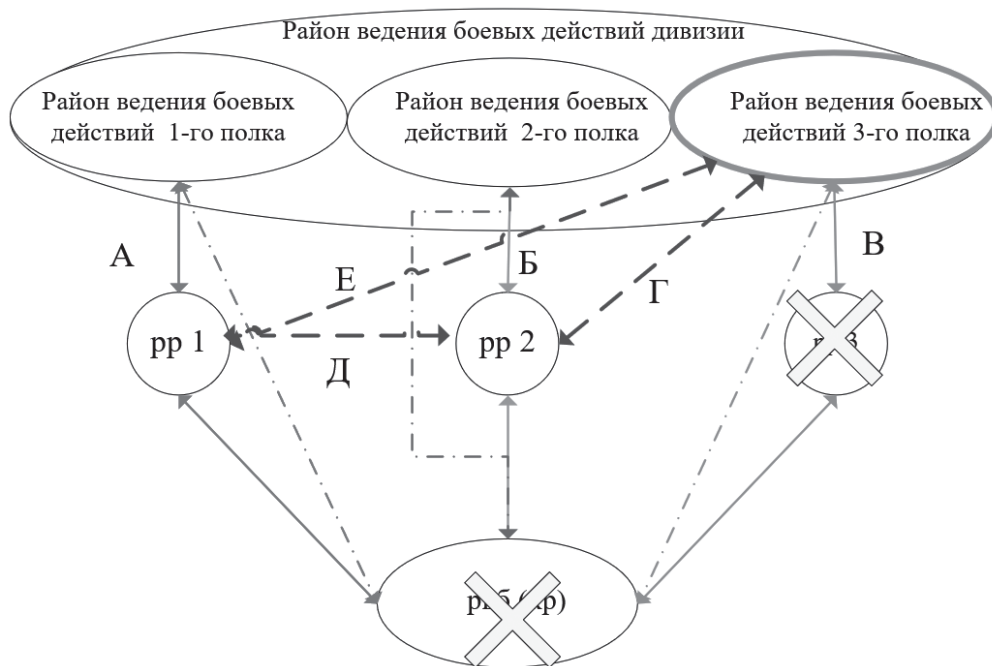


Рис. 4. Вариант применения двойного функционального резервирования производственных мощностей мотострелковой (танковой) дивизии при критическом воздействии на ремонтно-восстановительные органы

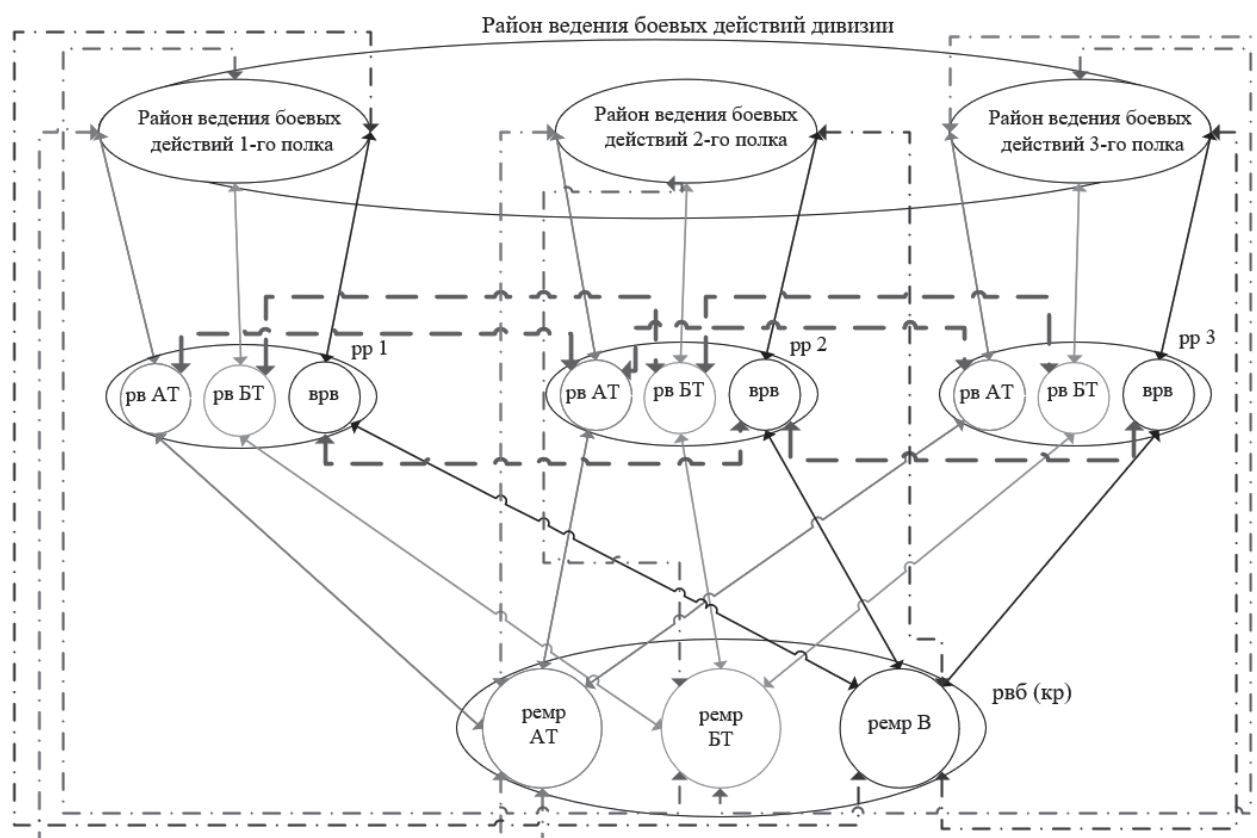


Рис. 5. Вариант применения бесшовного двойного функционального резервирования производственных мощностей мотострелковой (танковой) дивизии

ся сущностью БДФР. В отличие от ДФР способ БДФР разработан для кольцевой топологии рассматриваемой подсистемы. При этом используется несколько сетевых линий резервирования у РВО тактического звена, в виде цепочки, замкнутой в кольцо (рис. 5).

При этом в подсистему восстановления ВВСТ *мсд* (*мд*) включены следующие элементы: ремонтные роты 1, 2 и 3 полков, состоящие из ремонтного взвода автомобильной техники (*рв АТ*), ремонтного взвода бронетанковой техники (*рв БТ*) и взвода ремонта вооружения, а также ремонтно-восстановительный батальон, состоящий из ремонтной роты автомобильной техники (*ремр АТ*), ремонтной роты бронетанковой техники (*ремр БТ*) и роты ремонта вооружения (*ремр В*).

В предлагаемом варианте способа БДФР организована взаимосвязь между ремонтно-восстановительными подразделениями следующим образом: неисправная АТ 1 *мсп* (*тп*) восстанавливается *рв АТ*, который вертикально резервируется

ремр АТ *рвб*, горизонтальное резервирование производится *рв АТ* 2 *мсп* (*тп*) и *рв АТ* 3 *мсп* (*тп*); неисправная БТ 1 *мсп* (*тп*) восстанавливается *рв БТ*, который вертикально резервируется *ремр БТ* *рвб*, горизонтальное резервирование производится *рв БТ* 2 *мсп* (*тп*) и *рв БТ* 3 *мсп* (*тп*); неисправное ремонтно-артиллерийское вооружение (РАВ) 1 *мсп* (*тп*) восстанавливается *врв*, который вертикально резервируется *ремр В* *рвб*, горизонтальное резервирование производится *врв* 2 *мсп* (*тп*) и *врв* 3 *мсп* (*тп*), рис. 5.

Аналогично резервируются производственные мощности 2 и 3 *мсп* (*тп*), что подтверждает кольцевую топологию рассматриваемой подсистемы в общем СРВО ГВ.

Выводы

В связи с огромным количеством и постоянной эволюцией форм и способов ведения войны, на практике не существует идеальной сетевой топологии и идеального способа

резервирования, удовлетворяющего всем существующим требованиям к резервированию элементов систем военного назначения. Правильный выбор топологии подсистемы и способа резервирования зависит от многих факторов, таких как расположение на местности, удаление от линии боевого соприкосновения, наличие специалистов-ремонтников.

Способы ДФР и БДФР являются новыми и перспективными. Они применимы на всех уровнях управления и обеспечивают функционирование СРВО в рассматриваемом периоде времени.

Список источников

1. ГОСТ Р 27.102–2021. Надежность в технике. Надежность объекта. Термины и определения. М.: Российский институт стандартов, 2021. 40 с.
2. Бирюков С.А., Макаров А.Д., Мингалев А.Ю. Организация постановки научной задачи исследования // Известия Международной академии аграрного образования. 2021. № 53. С. 55–57.
3. Бирюков С.А. Функциональная живучесть системы ремонтно-восстановительных органов группировки войск на основе имеющейся избыточности: научная статья // Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2025. № 1 (33). С. 109–116.
4. ГОСТ 15.016–2016. Система разработки и постановки продукции на производство. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению. М.: Стандартинформ, 2017. 30 с.
5. ГОСТ 21964–76. Внешние воздействующие факторы. Номенклатура и характеристика. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1989. 31 с.
6. ГОСТ РВ 20.39.304–98. Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военно-

го назначения. Требования стойкости к внешним воздействующим факторам. М.: Стандартинформ, 2015, 54 с.

7. Р 50-54-82-88. Надежность в технике. Выбор способов и методов резервирования. Рекомендации. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1988. 94 с.

References

1. GOST R 27.102–2021. Reliability in technology. Reliability of the object. Terms and definitions. Moscow: Russian Institute of Standards, 2021. 40 p.
2. Biryukov S.A., Makarov A.D., Mingalev A.Y. Organization of the formulation of a scientific research task: a scientific article // Proceedings of the International Academy of Agrarian Education. 2021. No 53. Pp. 55–57.
3. Biryukov S.A. Functional survivability of the system of repair and restoration organs of a group of troops based on redundancy systems: a scientific article // Actual problems of military scientific research. 2025. No 1 (33). Pp. 109–116.
4. GOST 15.016–2016. System of development and placement of products into production. Technical task. Requirements for content and design. Moscow: Standardinform, 2017. 30 p.
5. GOST 21964–76. External influencing factors. Nomenclature and characterization. Moscow: USSR State Committee for Standards, 1989. 31 p.
6. GOST RV 20.39.304–98. Comprehensive system of general technical requirements. Apparatus, instruments, devices and equipment for military use. Requirements of resistance to external influencing factors. Moscow: Standardinform, 2015, 54 p.
7. Р 50-54-82-88. Reliability in technology. Selection of redundancy methods and techniques. Recommendations. Moscow: USSR State Committee for Standards, 1988. 94 p.