

Result: a probabilistic detection measure was used to assess the effectiveness of detecting an enemy drone. An integral probability indicator was introduced for consideration and the problem of optimizing this indicator was formulated. An optimized function of the relationship between the probability of detecting a drone by a video camera and the probability of detection by a thermal IR camera was also introduced.

It is determined that in the linear form of the optimized function, the newly introduced integral index of the probability of detection reaches its maximum. It is shown that the result of the optimization is valid in the case of searching for the function to be optimized within a subset of continuous and doubly differentiable functions that satisfy a certain restrictive condition.

Practical value: the results obtained can be used in planning modern methods of combat using unmanned aerial vehicles, as well as searching for specified objects on the Earth's surface, including in mountainous areas.

References

1. Nabiyeu N. M., Abdullayev A. A. The optimization of the Surveillance Capabilities of UAVs. Tuijin Jishu / Journal of Propulsion Technology. ISSN: 1001-4055. – Vol. 46. – No 02 (2025). – Pp.1212–1221.
2. Muhammad Arsalan Khan, Wim Ectors, Tom Bellemans, Davy Janssens. UAV-Based Traffic Analysis: A Universal Guiding Framework Based on Literature Survey. Transportation Research Procedia. 2017. 22:541-550. DOI:10.1016/j.trpro.2017.03.043.
3. Asadov H. G., Alieva G. V., Guseynov O. A. Analiz tyagovogo rezhima pri gruppovom polyote razlichnyh BpLA pri kontrole za dvizheniem na gornoj avtotrasse. «Aviacionnaya promyshlennost'». – 2025. – Pp. 46–50.
4. Pengnian Wu, Yixuan Li, Dong Xue. Multi-Target Tracking with Multiple Unmanned Aerial Vehicles Based on Information Fusion. Drones. November 2024. 8(12):704. DOI:10.3390/drones8120704.
5. Amirreza M. Khaleghi, Dong Xu, Sara Minaeian, Yifei Yuan, Jian Liu, Young-Jun Son. Analysis of UAV/UGV Control Strategies in a DDDAMS-based Surveillance System. May 2015. Industrial and Systems Engineering Research Conference 2015.
6. Eren Unlu, Emmanuel Zenou, Nicolas Riviere, Paul-Edouard Dupouy. An Autonomous Drone Surveillance and Tracking Architecture. Electronic Imaging. 2019(15):35-1-35-7. – DOI:10.2352/ISSN.2470-1173.2019.15.AVM-035.
7. Xing D., Unlu H. U., Evangeliou N., Tzes A. Drone Surveillance Using Detection, Tracking and Classification Techniques. Image Analysis and Processing. ICIAAP 2022 Workshops. 4 August 2022. – Pp. 446–457. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-13324-4_38.
8. M. Kontitsis, N. Tsourveloudis, K. Valavanis. A UAV Based Automated Airborne Surveillance System. IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2004. – DOI: 10.1109/ROBOT.2004.1307132.
9. Niamat Ullah Ibne Hossain, Mostafa Lutfi, Ifaz Ahmed, Aditya Akundi and Daniel Cobb. Modeling and Analysis of Unmanned Aerial Vehicle System Leveraging Systems Modeling Language (SysML). Systems 2022, 10(6), 264. URL: <https://doi.org/10.3390/systems10060264>.
10. Dzielski J., Blackburn M. Implementing a Decision Framework in SysML Integrating MDAO Tools. INSIGHT 2018, 21, Pp. 15–19.
11. Apvrille L., de Saqui-Sannes P., Vingerhoeds R. An educational case study of using sysml and tool for unmanned aerial vehicles design. IEEE J. Miniat. Air Space Syst. – 2020. – No 1. – Pp. 117–129.
12. Xing-hua L., Yun-feng C. Design of UAV flight control system virtual prototype using rhapsody and simulink. In Proceedings of the 2010 International Conference on Computer Design and Applications, Qinhuangdao, China, 25–27 June 2010. – Pp. V3–V4.
13. Queiroz P., Braga R. Combining MARTE-UML, SysML and CVL to build unmanned aerial vehicles. In Proceedings of the Ninth International Conference on Software Engineering Advances, Nice, France, October 2014. – Pp. 334–340.
14. Makarenko S. I., Afonin I. E. Modelirovanie boevykh dejstvij aviacii i ocenki ih ehffektivnosti – analiz rabot, modelej, aktual'nyh napravlenij issledovanij // Sistemy upravleniya, svyazi i bezopasnosti. – 2024. – No 3. – Pp. 78–125. – DOI: 10.24412/2410-9916-2024-3-078-125.



ОПТИМИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПЕРЕДОВЫХ ПУНКТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБСЛУЖИВАНИЯ СИСТЕМ СВЯЗИ И АСУ

Курочка В. С.¹, Колодяжный П. А.², Юшин А. И.³

DOI:10.21681/3034-4050-2026-3-74-82

Ключевые слова: восстановление техники связи, неисправность, трудоемкость, цикл ремонта, интенсивность ремонта, планирование ремонта, склады средств связи, QR-коды.

Аннотация

Цель работы: заключается в уточнении и обосновании комплексного подхода к совершенствованию подсистемы восстановления объединений путем оптимизации функционирования ППТО на основе методов математического моделирования.

Результаты исследования: выявлены основные проблемы организации восстановления техники связи и автоматизированных систем управления (ТС и АСУ) и методы их решения в условиях ведения современных операций и для оценки качества и планирования деятельности ремонтных органов объединений использованы основные технико-экономические показатели: трудоемкость видов ремонта для конкретных ТС и АСУ, продолжительность ремонтного цикла, интенсивность работ и фонд рабочего времени. Их аналитический расчёт служит основой для оценки производительности ремонтных ячеек передовых пунктов технического обеспечения (ППТО), определения требуемого количества таких пунктов, их организационной структуры и перечня выполняемых ремонтных операций. Приведено обоснование использования методов математического моделирования с целью определения рационального состава сил и средств ППТО объединения, в зависимости от складывающейся оперативной обстановки. Представлена схема планирования ремонтов на ППТО. Предложен способ повышения эффективности функционирования складов средств связи из состава ППТО за счет использования технологии QR-кодов. Разработан уточненный математический аппарат, который может быть использован в работе должностных лиц по ТОС и АСУ в ходе организации функционирования подсистемы восстановления ТС и АСУ в современных операциях.

Практическая полезность заключается в возможности использования уточненного математического аппарата отдельно или в составе автоматизированной системы управления техническим обеспечением связи и автоматизированных систем управления (ТОС и АСУ) в качестве инструмента поддержки принятия решения при организации восстановления ТС и АСУ в операции и формировании рационального варианта состава сил и средств ремонтных органов объединения.

Введение

В условиях современных операций элементы системы связи, используемые для развертывания системы управления объединения, подвергаются интенсивной эксплуатации, огневому воздействию противника и другим деструктивным факторам, что негативно влияет на обеспеченность войск исправной, боеготовой ТС и АСУ.

Для поддержания максимально возможной заданной обеспеченности войск работоспособными, готовыми к применению по назначению ТС и АСУ, развернута эшелонированная система ТОС и АСУ объединения. Важным элементом этой системы является подсистема восстановления, основным компонентом которой выступают ППТО. Оптимизация функционирования ППТО позволит значительно повысить эффективность системы ТОС и АСУ объединения.

Восполнение боевых потерь в ТС и АСУ возможно двумя путями:

- за счет подсистемы снабжения (поставка новых образцов взамен вышедших из строя);
- за счет подсистемы восстановления (ремонтно-восстановительные работы для приведения поврежденных образцов ТС и АСУ в исправное состояние и их последующего возвращения в строй).

При этом второй путь является более предпочтительным, так как при проведении ремонта замене подлежат только отказавшие части (блоки, узлы, агрегаты), стоимость которых значительно ниже стоимости всего образца [1]. Основные мероприятия восстановления выполняются развернутой сетью передовых пунктов технического обеспечения (ППТО). Задачами ППТО являются:

¹ Курочка Владимир Сергеевич, кандидат военных наук, доцент кафедры Военной академии связи. Санкт-Петербург, Россия. E-mail: Uprava223@mail.ru

² Колодяжный Петр Алексеевич, слушатель Военной академии связи. Санкт-Петербург, Россия. E-mail: petr2020.sev@mail.ru

³ Юшин Александр Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры Военной академии связи. Санкт-Петербург, Россия. E-mail: alyushin@yandex.ru

- обеспечение войск исправной техникой и имуществом связи;
- ремонт ТС и АСУ сложного текущего и среднего видов ремонта;
- обеспечение деятельности выездных ремонтных бригад (ВРБ) предприятий промышленности (ПП);
- накопление и содержание запасов ТС и АСУ и военно-технического имущества (ВТИ);
- взаимодействие с ПП по вопросам ремонта в рамках государственных контрактов, в том числе капитального, и исполнения гарантийных обязательств.

Оперативное развертывание ППТО в условиях проведения операций предусматривает создание единого комплекса, интегрирующего ремонтные посты, складские мощности для ТС и АСУ, ЗИП, ВТИ, а также выездные ремонтные отделения и подразделения охраны.

Методы определения рационального количества и состава ремонтных ячеек на ППТО при восстановлении ТС и АСУ

В современных операциях одной из главных причин снижения доступности работоспособной ТС и АСУ является деструктивное воздействие противника. При этом существуют и другие факторы, приводящие к выходу ТС и АСУ из строя (табл. 1). По этой причине основные усилия органов управления системой ТОС и АСУ должны быть направлены на поиск и использование всех доступных способов скорейшего дообеспечения войск работоспособной, готовой к применению ТС и АСУ. Одним из способов достижения этой цели является оптимизация функционирования ППТО.

В зависимости от возложенных задач и удаленности от линии боевого соприкосновения войск, ППТО могут иметь различный состав сил и средств. Основными элементами могут быть склад средств связи и посты по ремонту: телефонных аппаратов, радиостанций тактического звена управления, IT-оборудования, средств проводной связи, аккумуляторных батарей и зарядных устройств, станций спутниковой связи и др. (далее в тексте статьи, для краткости посты ремонта будут именоваться – ремонтными

ячейками). Каждая такая ремонтная ячейка укомплектовывается определенным количеством специалистов-ремонтников. Оптимизация количества и состава ремонтных ячеек критически важна, поскольку позволяет рационально распределить ремонтные мощности, сократить сроки восстановления ТС и АСУ, снизить эксплуатационные затраты на содержание ремонтной инфраструктуры и транспортировку агрегатов, вследствие чего – поддерживать требуемый уровень обеспеченности работоспособными, готовыми к применению по назначению ТС и АСУ.

В соответствии с ГОСТ 18322-2016⁴, система технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) представляет собой организованную совокупность взаимосвязанных элементов: исполнителей, технических средств и документации. Ее предназначение – планомерное поддержание и восстановление качества эксплуатируемых изделий. На рисунке 1 отображена типовая структурная схема данной системы, иллюстрирующая взаимосвязи между ее компонентами [2].

Для наглядного представления технических мероприятий по восстановлению ТС и АСУ разработана систематизированная классификация видов ремонта (табл. 2). Критериями для дифференциации послужили: сложность работ, требуемые ресурсы, место выполнения и глубина восстановления технических характеристик. Выбор конкретного вида ремонтных мероприятий – текущего, среднего или капитального – осуществляется на основе комплексной диагностики технического состояния оборудования с учетом степени повреждения, характера неисправностей и расчетной трудоемкости восстановительных работ.

Стоит отметить, что капитальный ремонт включает в себя весь комплекс работ, предусмотренный для среднего ремонта, и выполняется преимущественно на заводах-изготовителях. В исключительных случаях, при подтвержденной технической разведкой нецелесообразности восстановления отдельных образцов, капитальный ремонт организуется в полевых условиях методом перекомпоновки – сборки работоспособных образцов техники из исправных компонентов

⁴ ГОСТ 18322-2016 Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2017. 16 с.

Таблица 1.

Перечень основных факторов, приводящих к выходу из строя ТС и АСУ

Виды отказов	Причины отказов
Одиночные	Износ, старение аппаратуры, недостатки конструкции и технологии, ударные нагрузки, перегрузки, ошибочные действия личного состава
Групповые	Преднамеренные воздействия (массированное применение ядерного, высокоточного или обычного оружия; электромагнитное воздействие). Природные явления (грозы, оползни, разливы рек, землетрясения, ураганы, обледенения и т. п.)



Рис. 1. Структурная схема ТО и Р

нескольких поврежденных единиц⁵ [3]. В качестве методики планирования ремонтных работ образцов ТС и АСУ, алгоритм которой отражен на структурной схеме, приведенной на рисунке 2 [2].

Стоит отметить, что капитальный ремонт включает в себя весь комплекс работ, предусмотренный для среднего ремонта, и выполняется преимущественно на заводах-изготовителях. В исключительных случаях, при подтвержденной технической разведкой нецелесообразности восстановления отдельных образцов, капитальный ремонт после дефектовки организуется в полевых условиях методом переком-

плектации – сборки работоспособных образцов техники из исправных компонентов нескольких поврежденных единиц⁶ [2]. В качестве методики планирования ремонтных работ образцов ТС и АСУ принимается алгоритм, который отражен на структурной схеме на рисунке 2 [2].

Для выполнения капитального ремонта по методу перекомплектации выездные ремонтные отделения и выездные ремонтные бригады предприятий промышленности. В ситуациях с нехваткой ресурсов данный подход, наравне с агрегатно-участковым восстановлением, распространяется также на проведение среднего

5 Агеев Е. В., Грашков С. А. Техническое обслуживание и ремонт машин в АПК: учебное пособие. – Курск: Курская ГСХА, 2019. – 185 с.

6 Агеев Е.В., Грашков С.А. Техническое обслуживание и ремонт машин в АПК: учебное пособие. Курск: Курская ГСХА, 2019. 185 с.

Таблица 2.

Сравнительная характеристика видов ремонта ТС и АСУ

Критерий	Текущий ремонт	Средний ремонт	Капитальный ремонт
Цель работ	Локализация отказов и оперативное восстановление базовой работоспособности	Восстановление эксплуатационных характеристик и тактико-технических показателей	Полное восстановление ресурса и заводских характеристик оборудования
Объем работ	Замена неисправных модулей и блоков из комплектов ЗИП	Демонтаж, дефектовка и замена узловых компонентов	Полная разборка, дефектовка всех элементов, комплексное восстановление
Место выполнения	Расчёты (экипажи), ППТО, с привлечением ВРБ ПП	ППТО, стационарные мастерские, полевые условия с ВРБ ПП	Специализированные ремонтные предприятия и заводы-изготовители
Технологические особенности	Регулировка и настройка после замены компонентов	Диагностика всех систем, испытания под эксплуатационной нагрузкой	Комплексные проверки, продолжительные испытания на надёжность
Специальные методы	–	–	Перекомплектация из нескольких неисправных образцов
Включаемые работы	–	Все операции текущего ремонта	Все операции среднего ремонта

ремонта. Дефектное оборудование отправляется на восстановление либо на ППТО, либо на заводские ремонтные базы. После ремонта компоненты поступают для пополнения запасов ЗИП промышленных предприятий, данный подход обеспечивает [2]:

- максимальное сокращение сроков ремонта и простоя ТС и АСУ в неисправном состоянии;
- уменьшение трудозатрат и времени на возвращение ТС и АСУ в строй за счет того, что снятые неисправные агрегаты и механизмы ремонтируются, как правило, на специализированных стационарных и подвижных ремонтных базах заводов-изготовителей;
- снижение требований к квалификации ремонтников, непосредственно восстанавливающих работоспособность ТС и АСУ.

Схема технологического процесса ремонта ремонтными ячейками на ППТО представлена на рисунке 3.

Эффективность работы ремонтных ячеек определяется их способностью осуществлять качественное и своевременное восстановление вышедших из строя ТС и АСУ в сроки, обеспечивающие сохранение боеспособности войск. Ключевыми техническими характеристиками, определяющими качество функционирования ремонтных подразделений, являются следующие показатели [2]:

1. Расчет трудоемкости ремонта T для заданного типа ТС и АСУ основан на агрегировании времени, необходимого для выполнения всей совокупности технологических операций. Показатель выражается в человеко-часах на единицу

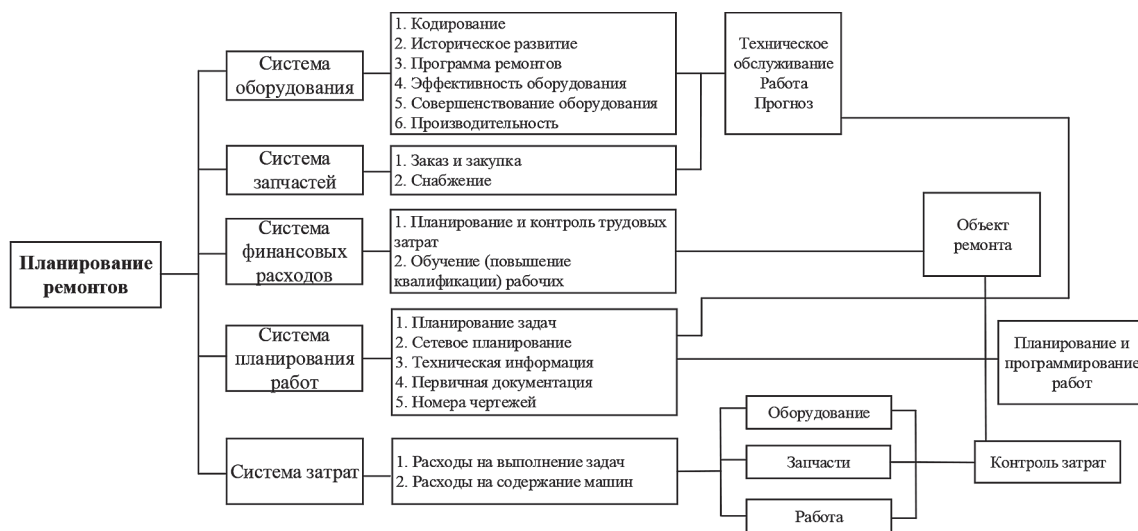


Рис. 2. Вариант структурной схемы планирования ремонтов

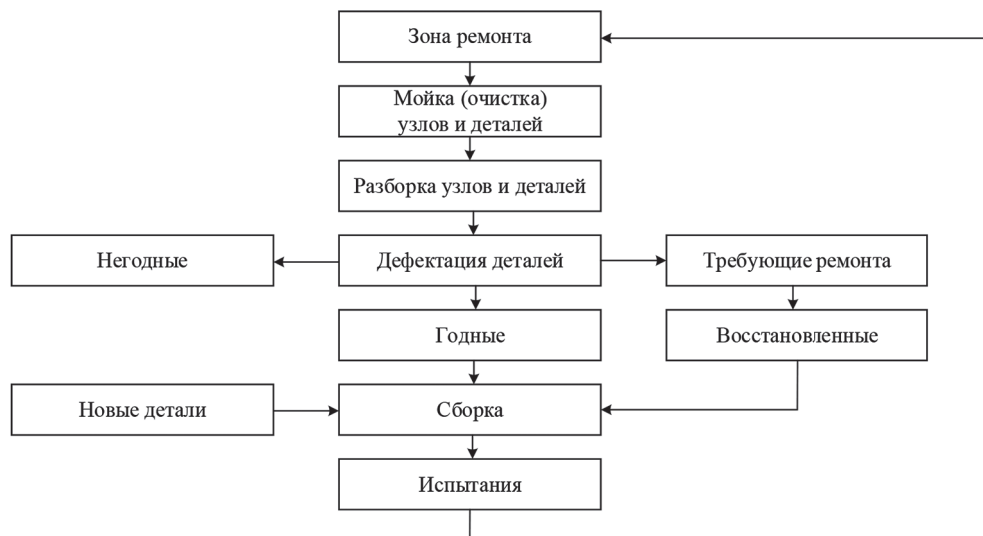


Рис. 3. Схема технологического процесса ремонта ремонтными ячейками ППТО

ремонтируемой техники и определяется по формуле:

$$T_{\text{тр}} = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^{z_{\text{pm}}} \sum_{\xi=1}^{z_{\text{po}}} t_{\text{po } ij \xi},$$

где: t_{po} – норма времени на одну ремонтную операцию; $\xi = 1, 2, 3, \dots, z_{\text{po}}$ – индекс, имеющий значения от 1 до z_{po} , где z_{po} – общее число операций на рабочем месте; $j = 1, 2, 3, \dots, z_{\text{pm}}$ – число рабочих мест на каждом участке технологической линии ремонта; $i = 1, 2, 3, \dots, l$ – число ремонтных участков на технологической линии ремонта или в ремонтном органе [2].

2. Показатель длительности ремонтного цикла $T_{\text{цр}}$ характеризует минимально необходимое время для восстановления единицы техники. Он складывается из операционных затрат времени на всех этапах ремонта, организованных по принципу кратчайшего технологического пути, и определяется по формуле (в часах на единицу) [2]:

$$T_{\text{цр}} = \sum_{i=1}^{l_{\text{кп}}} t_{\text{цр } ij},$$

где: $i, j = 1, 2, 3, \dots, l_{\text{кп}}, z_{\text{pm}}^{\text{кп}}$ – показатель, определяющий количество этапов в ремонтном процессе, которое ТС и АСУ проходят по самому короткому технологическому маршруту – от начала ремонта до его окончания; $t_{\text{цр } ij}$ – представляет собой продолжительность ремонтного цикла для конкретной позиции в технологической цепи: i – номер участка, j – номер рабочего места на этом участке [2].

Количество параллельно работающих участков $z_{\text{пр}}$ определяется как разность между общим количеством рабочих мест (ремонтных участков) в органе z_{pm} и их минимально необходимым числом для обеспечения кратчайшего технологического маршрута:

$$z_{\text{пр}} = z_{\text{pm}} - z_{\text{pm}}^{\text{кп}}.$$

Таким образом, показатель $z_{\text{пр}}$ напрямую влияет на длительность ремонтного цикла $T_{\text{цр}}$: чем больше параллельно функционирующих мест, тем короче цикл и выше производительность ремонтного подразделения. Сам ремонтный цикл $T_{\text{цр}}$ представляет собой среднее время восстановления единицы техники в данном органе и может рассматриваться как математическое ожидание длительности цикла.

Анализ выявленной зависимости позволяет утверждать, что производительность ремонтного органа имеет прямую корреляцию с числом параллельно функционирующих участков $z_{\text{пр}}$. Основным следствием увеличения данного параметра является снижение общей длительности ремонтного цикла $T_{\text{цр}}$, что непосредственно ведет к росту операционной эффективности подразделения. Показатель $T_{\text{цр}}$, будучи средним

временем восстановления единицы техники, применяется в качестве математического ожидания длительности цикла и служит ключевой метрикой для планирования и оценки работы ремонтной службы.

3. Интенсивность ремонта μ – это параметр, количественно характеризующий скорость выполнения восстановительных работ в ремонтной ячейке, на участке или рабочем месте. Она определяется как величина, обратная средней продолжительности ремонтного цикла:

$$\mu = \frac{1}{T_{\text{цр}}}.$$

Таким образом, параметр μ описывает поток восстановления техники в рамках рассматриваемого ремонтного органа [2].

4. Под фондом рабочего времени $\Phi_{\text{рв}}$ понимается совокупный ресурс времени (в человеко-часах), доступный ремонтному подразделению при заданной организации труда и штатной численности личного состава. Данный фонд рассчитывается по формуле для различных плановых интервалов: смены, суток, недели, месяца или года [2]:

$$\Phi_{\text{рв}} = \left(t_{\text{рд}} \cdot K_{\text{рс}} \cdot D \cdot N_{\text{рем}} \cdot \frac{100 + \Pi_{\text{пр}}}{100} - T_{\text{обс}} \right) \cdot \frac{100 + \Pi_{\text{пв}}}{100},$$

где: $t_{\text{рд}}$ – длительность рабочей смены в часах; $K_{\text{рс}}$ – количество рабочих смен в течение суток; D – количество рабочих дней в расчетном периоде; $N_{\text{рем}}$ – численность мастеров и рабочих в одной смене; $\Pi_{\text{пр}}$ – средний уровень потерь рабочего времени, %; $T_{\text{обс}}$ – время на обслуживание оборудования ремонтной ячейки и его профилактические ремонты; $\Pi_{\text{пв}}$ – ожидаемый процент перевыполнения норм выработки специалистами-ремонтниками [2].

Величина фонда рабочего времени характеризует потенциальные возможности ремонтной ячейки по выполнению работ.

Представленная система показателей служит основой для оценки качественных параметров ремонтных ячеек и последующей оптимизации их количества и внутренней структуры. Определение трудоемкости ремонтных операций является первоочередной задачей и требует наличия детализированных перечней работ для ремонтов различной сложности: текущего, среднего и капитального. Формирование этих перечней должно базироваться на анализе прогнозируемых видов повреждений и отказов ТС и АСУ, а также учитывать фактическую обеспеченность ремонтной базы. Ключевыми факторами здесь выступают наличие специализированного оборудования, контрольно-измерительных приборов (КИА), технологической оснастки, инструмента, приспособлений и запасов запчастей ЗИП [2].

Непосредственное нормирование трудоемкости осуществляется эмпирическим путем – методом хронометражных замеров времени, затрачиваемого на каждую операцию в реальных условиях ремонта. Полученные таким образом временные нормы на отдельные работы (ремонтные операции) одновременно устанавливают и нормы выработки для личного состава.

На заключительном этапе проводится статистическая обработка данных хронометража, в результате которой определяются расчетные (нормативные) трудозатраты на каждый вид работ. Это позволяет агрегировать и получить суммарные нормы времени на проведение всего объема работ в рамках текущего, среднего и капитального ремонта для конкретного типа ТС и АСУ [3].

Исходными данными для планирования ресурсов (рабочих мест, участков и личного состава) служат перечни ремонтных работ и установленные средние нормы трудозатрат. На основе этой информации формируются локальные таблицы, регламентирующие затраты на все виды ремонтов (текущий, средний, капитальный) для каждого образца техники. Критическим ограничением при этом выступают предельные сроки ремонта. Таким образом, оптимизация времени восстановления ТС и АСУ заключается в таком рациональном планировании технологических операций, которое одновременно удовлетворяет этим нормативным требованиям, которое должно обеспечивать [4]:

- сбалансированное распределение трудозатрат между рабочими местами и ремонтными участками;
- параллельное выполнение работ в пределах одного участка и между различными участками.

Следует отметить, что показатель трудоемкости отражает лишь объем трудозатрат в человеко-часах, но не определяет фактическую продолжительность восстановительного процесса. Временные параметры выполнения ремонтных работ непосредственно характеризуются продолжительностью циклов соответствующих видов ремонта – текущего, среднего и капитального.

Продолжительность цикла восстановления ТС и АСУ формируется под влиянием двух ключевых факторов: оптимальной последовательности операций и совокупной трудоемкости работ. Эти параметры рассчитываются для каждого рабочего места, ремонтного участка и ППТО в целом на основе анализа кратчайшего технологического маршрута при стандартных условиях выполнения операций одним специалистом на единице оборудования. Следовательно, цикл ремонта на j -м месте $t_{црj}$ равен [2]:

$$t_{црj} = \sum_{\xi=1}^{Z_{ро}^{кп}} t_{ро\xi}.$$

Параметр $Z_{ро}^{кп}$ – число операций, входящих в минимальный по продолжительности технологический маршрут на рабочем месте, а $t_{ро\xi}$ – время выполнения ξ -й операции из этого маршрута.

Оптимальная технология ремонта требует согласования: номенклатура работ $Z_{ро}^{кп}$, выполняемых одним человеком, должна быть идентична набору операций кратчайшего пути $Z_{ро}^{кп}$. Если на рабочем месте с индексом j -м задействовано $N_{ремj}$ ремонтников, то цикл ремонта для этого места вычисляется по формуле

$$t_{црj} = \frac{t_{трj}}{N_{ремj}},$$

где $t_{трj}$ – трудоёмкость ремонта на j -м рабочем месте.

Следовательно, длительность цикла проведения текущего, среднего или капитального ремонта для указанного типа техники вычисляется по формуле [2]:

$$T_{тск} = \sum_{i=1}^l t_{црi} = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^{z_{рм}} \frac{t_{трj}}{N_{ремj}},$$

где $z_{рм}$ – количество рабочих мест, задействованных на j -м ремонтном участке; l – общее число технологических участков, специализирующихся на ремонте данного типа ТС и АСУ в рамках рассматриваемого подразделения (бригады, цеха, органа).

Индексы т, с, к рассчитываются, соответственно, для текущего ($T_{цр}^т$), среднего ($T_{цр}^с$) и капитального ($T_{цр}^к$) ремонтов [2].

Продолжительность ремонтного цикла ТС и АСУ является ключевым показателем, определяющим период неработоспособности техники. Величина $T_{рц}$ служит интегральной технической характеристикой, отражающей эффективность как отдельной ремонтной ячейки, так и всей системы восстановления ППТО в целом.

Нормативы продолжительности циклов для всех видов ремонтов (текущего, среднего и капитального) устанавливаются на основе:

- экспериментальных данных, полученных методом хронометража технологических операций;
- статистического анализа производственных показателей действующих ремонтных мастерских ППТО объединения.

Данный подход обеспечивает формирование объективных временных нормативов, соответствующих реальным производственным возможностям ремонтных подразделений. Расчет требуемой численности ремонтного персонала для i -й ремонтной ячейки осуществляется на основе интегрального учета двух ключевых параметров: нормативной трудоемкости и плановой

продолжительности ремонтного цикла, что выражается следующей зависимостью:

$$N_{\text{рем } i} = \sum_{j=1}^{Z_{\text{рм}}} N_{\text{рем } j} = \sum_{j=1}^{Z_{\text{рм}}} \frac{t_{\text{тр } j}}{t_{\text{тц } j}},$$

где $j = 1, 2, 3, \dots, Z_{\text{рм}}$ – число рабочих мест в ремонтной ячейке; $N_{\text{рем } j}$ – число рабочих в j -м рабочем месте.

Общее число ремонтников на ППТО определяется по формуле:

$$N_{\text{рем ППТО}} = \sum_{i=1}^l N_{\text{рем } i},$$

где $i = 1, 2, 3, \dots, l$ – число ремонтных ячеек [2].

На основании сформированных номенклатур работ для текущего, среднего и капитального ремонтов определяются ключевые параметры процесса восстановления технических средств, представленные в таблице 3.

Таким образом, качество и полнота разработки ремонтных перечней определяют эффективность всей системы восстановления ТС и АСУ. Данные перечни служат базисом для организации ремонтного производства, расчета производственных мощностей и оптимизации работы ремонтных ячеек ППТО.

Предложения по совершенствованию функционирования склада средств связи в составе ППТО

В современных условиях, характеризующихся высокой динамичностью операций, на первый

план выходит требование к минимизации сроков доведения материальных средств до войск. Одним из основных способов выполнения этого требования является технологическая модернизация процессов планирования и обеспечения, обусловленная общим трендом на технологизацию военной сферы.

Анализ опыта Специальной военной операции демонстрирует значительное расширение номенклатуры применяемых ТС и АСУ. В настоящее время парк техники воинских формирований включает не только штатные образцы военного назначения, но и средства связи двойного применения. Указанная тенденция, усугубляемая возрастающей интенсивностью информационного обмена в системах управления, приводит к постоянному росту номенклатурного перечня средств связи.

Достаточно сложным является процесс объективного непрерывного учета наличия и состояния ТС и АСУ, находящихся в войсках и на складах всех уровней, в режиме реального времени.

Организация обеспечения войск ТС и АСУ характеризуется высокой вероятностью ошибок, обусловленных человеческим фактором. Практика современных боевых действий подтверждает, что оперативность и обоснованность управленческих решений должностных лиц ТОС и АСУ, наряду с эффективной работой системы учета, являются критически важными факторами для:

Таблица 3.

Ключевые параметры процесса восстановления техники, определяемые на основе сформированных перечней работ

№	Ключевой параметр	Содержательное описание параметра
1	Трудоёмкость восстановления	Суммарная временная оценка, необходимая для выполнения полного комплекса восстановительных операций.
2	Материально-техническая база	Номенклатурный перечень требуемого оборудования, контрольно-измерительной аппаратуры, технологической оснастки, инструмента и запасных частей.
3	Технология восстановления	Обоснованная последовательность и методы выполнения ремонтных операций.
4	Длительность ремонтного цикла	Нормативная продолжительность полного цикла восстановления единицы техники.
5	Нормирование труда	Установленные нормы выработки для различных категорий ремонтного персонала.
6	Производственная интенсивность	Показатель, характеризующий мощность восстановительного потока по видам ремонтов.
7	Кадровый потенциал	Перечень требуемых специальностей, уровень их квалификации и расчетная производительность труда.

- бесперебойного снабжения соединений техническими средствами;
- устойчивого функционирования систем связи войсковых формирований.

Сложившаяся ситуация требует разработки комплексных мер по совершенствованию системы ТОС и АСУ, включая:

- внедрение автоматизированных систем поддержки принятия решений;
- создание защищенных от человеческих ошибок учетных механизмов;
- разработку стандартизированных процедур управления снабжением.

Данные меры позволят минимизировать риски сбоев в системе обеспечения и повысить устойчивость управления войсками в современных операциях.

В настоящее время существует огромное количество современных технологий, которые помогут оптимизировать организацию учета и снабжения ТС и АСУ. В рамках использования новых подходов к обработке информации и снижению рисков, связанных с ошибками личного состава, внедрение QR-кодов позволит повысить эффективность процессов учёта и снабжения за счёт автоматизации идентификации и отслеживания ТС и АСУ [5].

QR-код (от англ. Quick Response code – «быстрый отклик») – представляет собой матричный двумерный штрихкод, состоящий из чёрных модулей, расположенных в квадратной сетке на белом фоне. Он предназначен для быстрого считывания и декодирования информации с помощью фотокамер или специализированных сканеров.

В данном случае применение QR-кодов открывает возможности для:

- идентификации ТС и АСУ путём маркировки уникальными кодами, содержащими полные данные о характеристиках, истории эксплуатации и ссылки на документацию;
- автоматизации учёта за счёт мгновенного считывания кодов мобильными устройствами

для получения актуальной информации о ТС и АСУ (принадлежность к воинской части и материально ответственному лицу, количество и состояние экземпляров);

- мониторинга технического состояния ТС и АСУ и прослеживаемости цепочки поставок через интеграцию с блокчейн-технологиями, где каждый QR-код служит криптографическим хэшем для фиксации этапов жизненного цикла ТС и АСУ [5].

В общем случае создание единого реестра графических кодов обеспечивает сквозную прослеживаемость всех ТС и АСУ от производства до боевого применения, исключая ошибки учёта и несанкционированные изменения данных.

Заключение

Проведенное исследование позволило разработать подходы к повышению эффективности функционирования ППТО – важнейшего элемента системы ТОС и АСУ в условиях современных операций. Внедрение научно обоснованной методики расчета количественного и качественного состава ремонтных ячеек позволит существенно повысить возможности ППТО в области восстановления ТС и АСУ, вышедших из строя вследствие боевых повреждений и технических отказов.

Внедрение QR-кодов и единой системы базы данных складов средств связи в рамках системы ТОС и АСУ позволит совершенствовать процессы обеспечения войск. Мгновенное сканирование QR-кодов обеспечит достоверный мониторинг наличия и перемещения ТС и АСУ во всех звеньях управления в реальном масштабе времени, что позволит сократить временные затраты, минимизировать ошибки ручного ввода данных и уменьшить потребность в привлечении личного состава для выполнения логистических операций.

Таким образом, предложенные подходы имеют потенциал для значительного повышения эффективности ТОС и АСУ в условиях современных операций.

Литература

1. Дросс В. А., Фатьянова Е. В., Губская О. А. [и др.] Определение рационального количества личного состава для обслуживания и ремонта техники связи и АСУ // Известия Тульского государственного университета. Технические науки, 2022. – № 7. – С. 108–111. – DOI: 10.24412/2071-6168-2022-7-108-112.
2. Родионов Ю. В., Ломовских А. Е., Свиридов А. А., Январёв В. С., Север А. В., Рыбин Г. В. Методы определения количества и состава ремонтных бригад при восстановлении техники // Наука в Центральной России, 2023. – Т. 66. – № 6. – С. 123–134.
3. Ломовских А. Е., Томилов А. А., Баглаев А. А. Способ повышения технической готовности машин // Специальные вопросы моделирования систем и процессов, 2021. – С. 54–63.
4. Кравченко И. Н., Корнеев В. М., Захарова М. С., Ахметов Т. А. Методика выбора критериев оптимизации при формировании машинно-тракторных парков // Вестник Московского государственного агроинженерного университета им. В. П. Горячкина, 2016. – № 4 (74). – С. 41–46.