

УДК: 623.355/359

**ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ СНАБЖЕНИЯ ВОИНСКИХ  
ФОРМИРОВАНИЙ ТЕХНИКОЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**  
**GENERALIZED MODEL OF THE SUPPLY SYSTEM FOR MILITARY UNITS  
WITH SPECIAL-PURPOSE EQUIPMENT**

*А.А. Крачков, д-р техн. наук С.С. Семёнов*

*А.А. Krachkov, DPhil S.S. Semenov*

*Военная академия связи им. С.М. Буденного*

В статье представлена обобщенная модель системы снабжения техникой связи и автоматизированных систем управления (ТС и АСУ) отдельных воинских формирований в условиях воздействия противника и влияния окружающей среды. Изложена концепция функционирования системы с вариантами состояний, в которых может находиться ТС и АСУ в зависимости от степени отказов и повреждений, и соответствующего вида ремонта, а также выбран показатель для оценки эффективности её функционирования. Рассмотренная в статье стратегия пополнения запасов соответствует существующему на данный момент подходу в снабжении ТС и АСУ отдельных воинских формирований при выполнении специальных задач. Предложенная модель системы снабжения ТС и АСУ отдельных воинских формирований представляет собой основу для разработки математической модели и дает возможность дальнейшего детального анализа системы.

**Ключевые слова:** техническое обслуживание, снабжение, ремонт, техника связи и автоматизированных систем управления, состояние.

The article presents a generalized model of the supply system for communications equipment and automated control systems (TC and ACS) of individual military formations under the influence of the enemy and the influence of the environment. The concept of the functioning of the system with the variants of states in which the vehicle and the automated control system can be, depending on the degree of failures and damage, and the corresponding type of repair, is presented, and an indicator is selected to assess the effectiveness of its functioning. The replenishment strategy considered in the article corresponds to the current approach to the supply of vehicles and automated control systems of individual military formations when performing special tasks. The proposed model of the supply system of the vehicle and the automated control system of individual military formations is the basis for the development of a mathematical model and makes it possible for further detailed analysis of the system.

**Keywords:** maintenance, supply, repair, communication equipment and automated control systems, state.

Изменение способов ведения вооруженной борьбы непременно влечет за собой повышение требований к постоянной готовности техники и вооружения к применению по назначению,

поиск новых эффективных механизмов управления и распределения материальных ресурсов. В свою очередь решению этих задач способствует ускорение научно-технического прогресса

путем внедрения новых математических методов и моделей в практику планирования и всестороннего обеспечения армии и флота.

Для решения вопросов обеспечения Вооруженных сил Российской Федерации (ВС РФ) техникой связи и автоматизированных систем управления (ТС и АСУ) и поддержания ее в работоспособном состоянии функционирует система технического обеспечения связи и АСУ (ТОС и АСУ). Элементами системы ТОС и АСУ ВС РФ являются система управления (органы управления), система снабжения (органы снабжения техникой связи и АСУ, и имуществом связи), система эксплуатации и ремонта (эксплуатирующие и ремонтные органы) [1]. Исполнительными из них являются последние две. Вместе с тем, качественное выполнение мероприятий эксплуатации и ремонта напрямую зависит от своевременности и полноты поставок необходимых ремонтных комплектов, военно-технического имущества, комплектов запасных частей, инструментов и принадлежностей (ЗИП) [2]. Поэтому роль бесперебойного функционирования системы снабжения выходит на первый план, что позволяет сделать вывод о необходимости её детального анализа, разработки модели.

Модель есть материально или теоретически сконструированный объект, который заменяет (представляет) объект исследования в процессе анализа, находится в соотношении сходства с последним и более удобен для исследования. Наиболее естественная и важная область применения моделирования — анализ систем, позволяющий вести исследование в достаточно широком контексте [3]. Разработке модели предшествует осмысление концепции работы выбранной системы — определение участвующих в процессе элементов во взаимосвязи между собой, структуры и направления движения материальных и информационных потоков. Концептуальная модель будет служить основой для построения математической модели [4].

Опыт локальных войн и вооруженных конфликтов XXI века показывает, что существует ряд факторов, которые необходимо учесть при разработке концептуальной модели снабжения ТС и АСУ. Особенности ведения боевых действий различными воинскими формированиями при выполнении специальных задач, такие как удаление от довольствующего органа, ограниченный

выбор транспортных путей и средств доставки, высокая вероятность их поражения, накладывающие определенные ограничения на функционирование системы снабжения ТС и АСУ.

В предлагаемой концептуальной модели, представленной на рис. 1, техника связи переходит из работоспособного состояния в четыре различных неработоспособных состояния под влиянием различных внешних и внутренних факторов. Каждый образец ТС и АСУ обладает как детерминированными, так и стохастическими характеристиками. Детерминированными являются надёжные характеристики, которые закладываются на стадии проектирования и производства. На протяжении жизненного цикла изделие расходует свой ресурс, подвергается различным ремонтам и техническому обслуживанию, что оказывает влияние на степень его «износа», следовательно, величины, определяющие его техническое состояние в выбранный момент времени, носят стохастический характер. Состояние изделия на момент начала боевых действий целесообразно учитывать с помощью коэффициента, который может быть рассчитан следующим образом

$$K_{ТС} = \frac{T_c - T_{и}}{T_c},$$

где  $K_{ТС}$  — коэффициент технического состояния изделия,  $T_c$  — наработка изделия с начала эксплуатации/после ремонта,  $T_{и}$  — ресурс до списания/до следующего ремонта.

Из внешних факторов, влияющих на функционирование ТС и АСУ, целесообразно выделить воздействие окружающей среды и воздействие противника, степень влияния которых выражается выбором поправочного коэффициента местности и расчетом количества потерь ТС и АСУ. ТС и АСУ выходит из строя с рассчитанной вероятностью, при этом переходит из работоспособного состояния в одно из неработоспособных состояний, которое характеризуется определённым видом ремонта, либо отсутствием необходимости в его проведении:

– текущий ремонт ( $S_{тр}$ ) — состояние ТС и АСУ в модели, в котором восстановление работоспособности осуществляется на месте силами экипажа с помощью комплектов ЗИП, поставляемых системой снабжения;

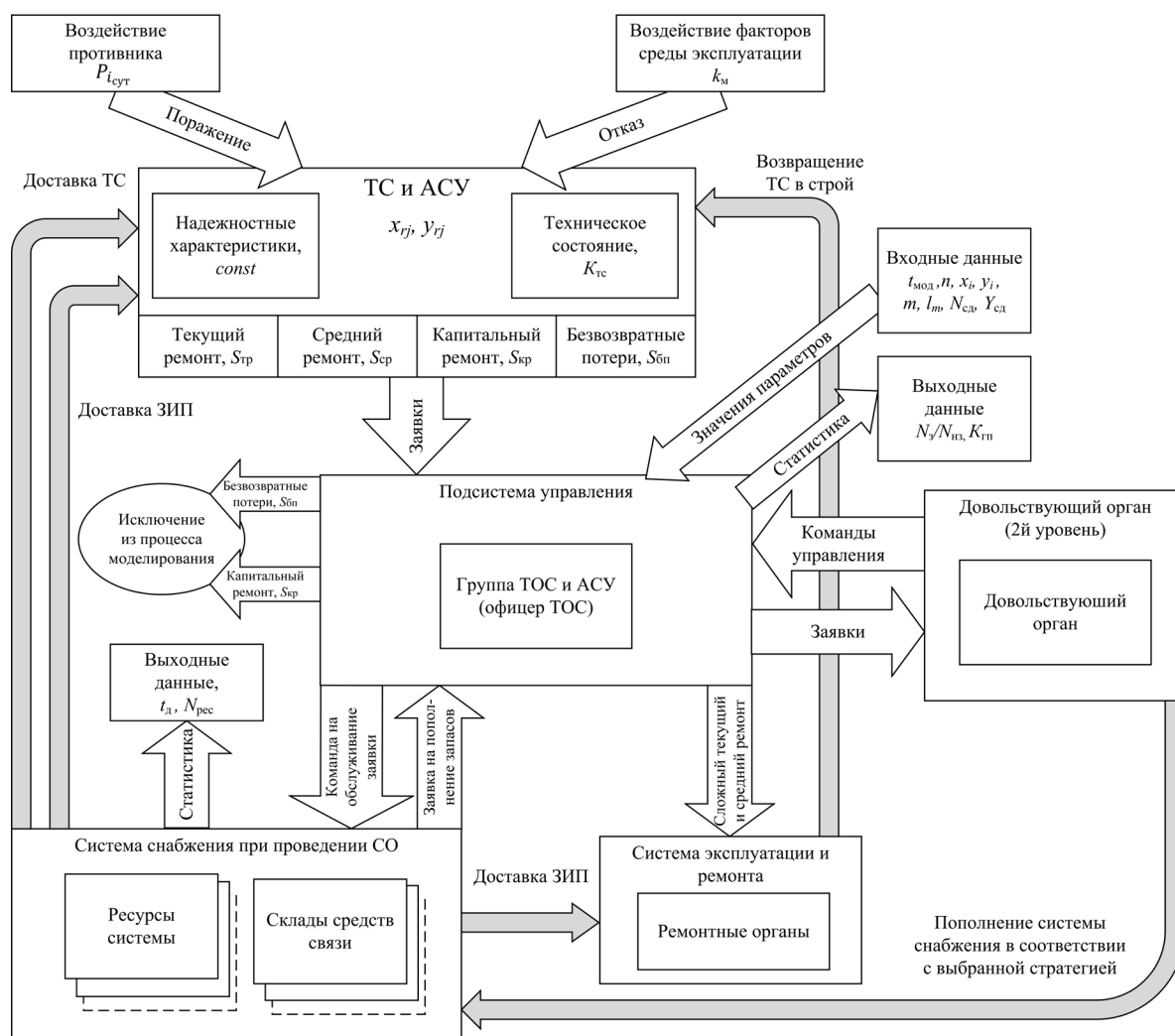


Рис. 1. Концептуальная модель снабжения ТС и АСУ

– средний ремонт ( $S_{ср}$ ) — состояние ТС и АСУ в модели, в котором восстановление исправности и частичное восстановление ресурса осуществляется в ремонтном органе, после чего изделие возвращается в строй. Процесс эвакуации и ремонта моделируется временной задержкой. Данному образцу ТС осуществляется поставка ЗИП со склада;

– капитальный ремонт ( $S_{кр}$ ) — состояние ТС и АСУ в модели, в котором происходит восстановление исправности и полное восстановление ресурса, что потребует эвакуации изделия на завод, поэтому данный образец исключается из процесса моделирования. В данном случае осуществляется замена изделия связи находящимся на складе;

– безвозвратные потери ( $S_{бп}$ ) — состояние после выхода из строя той ТС и АСУ в модели, которая не попала ни в один из видов ремонта.

В этом состоянии изделие исключается из дальнейшего процесса моделирования.

Информация о состоянии вышедшей из строя ТС и АСУ аккумулируется в подсистеме управления, представленной должностным лицом, которое осуществляет формирование команд для системы снабжения. Поступающие заявки становятся в очередь на обслуживание. Обслуживание заявки осуществляется путем доставки изделия или ЗИП со склада. После того, как заявка выполнена, освобожденное средство доставки возвращается в место дислокации, а количество запасов в системе становится на единицу меньше.

Для оценки эффективности функционирования системы снабжения предлагается использовать такой комплексный показатель, как коэффициент готовности, который, являясь финальной

вероятностью, не зависит от выбора начальных условий. Начальные условия определяют лишь переходные процессы в системе.

Коэффициент готовности  $K_r$  — вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в данный момент времени. При выборе рассматриваемого момента времени могут исключаться планируемые периоды, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается [5].

В общем случае  $K_r(t)$  является функцией времени. Для больших интервалов времени его определяют по формуле:

$$K_r = \frac{T_0}{T_0 + T_B},$$

где  $T_0$  — средняя наработка на отказ;  
 $T_B$  — среднее время восстановления.

Из этой формулы видно, что коэффициент готовности характеризует одновременно два различных свойства системы: безотказность и ремонтнопригодность (восстанавливаемость).

Помимо мгновенного (нестационарного) коэффициента готовности могут использоваться средний коэффициент готовности, определяемый как среднее значение мгновенного коэффициента готовности за данный интервал времени, и стационарный коэффициент готовности, определяемый как предел мгновенного коэффициента готовности при стремлении рассматриваемого момента времени к бесконечности. Стационарное значение коэффициента готовности объекта, т.е. его значение в относительно удаленный от начала работы объекта момент времени, определяется выражением:

$$K_r = \lim_{t \rightarrow \infty} K_r(t) = \frac{\mu_B}{\mu_B + \omega},$$

где  $\mu_B$  — интенсивность восстановления;  
 $\omega$  — параметр потока отказов.

Повышение коэффициента готовности осуществляется различными способами, но, с учетом принципов построения распределенных систем, решение подобной задачи целесообразно рассматривать с точки зрения логистики, с использованием методов количественного анализа и синтеза, которые составляют предмет теории управления запасами. В общем случае управление запасами заключается

в установлении моментов и объемов восполнения запасов и распределении вновь прибывшей партии запасов по нижестоящим звеньям системы снабжения, количественного анализа по достижению компромисса между противоречивыми требованиями сокращения расходов на хранение и полного удовлетворения спроса. Совокупность правил, по которым принимаются эти решения, обычно называют стратегией управления запасами [1].

Для ситуаций, когда отсутствуют отклонения от запланированных показателей и запасы потребляются равномерно, в теории управления запасами разработаны две основные стратегии управления, которые решают поставленные задачи, соответствуя цели непрерывного обеспечения потребителя материальными ресурсами.

Стратегия управления запасами с фиксированным размером заказа, в которой условно принимается, что интервал времени между подачей заказа на поставку и поступлением партии на склад не превышает требуемого.

$$t_{ni} - t_{zi} \leq T_{TP},$$

где  $t_{ni}$  — момент поступления партии на склад;  
 $t_{zi}$  — время подачи заявки на пополнение.

Задача управления запасами сводится к тому, чтобы по фактическим данным о его движении определить «точку заказа» и оформить заявку на поставку необходимых ресурсов равными, заранее определенными оптимальными партиями [6].

В такой системе размер заказа является величиной постоянной, а интервалы времени, через которые происходит размещение заказа, могут быть разные. Графически стратегия представлена на рис. 2.

На рис. 2 введены следующие обозначения:  $V_{max}$  — расчетный уровень запаса (ограничивается размером складов или необходимым для удовлетворения спроса количеством запасов);  $V_{min}$  — уровень подачи заявки на пополнение;  $V_n = const$  — объем заявки на пополнение;  $t_{z1}, t_{z2}, t_{z3}$  — моменты подачи заявок на пополнение;  $t_{n1}, t_{n2}, t_{n3}$  — моменты поставок.

Стратегия управления запасами с фиксированной периодичностью предполагает поступление материала через равные, регулярно повторяющиеся промежутки времени. При каждой провер-

ке запасов определяют наличный остаток, после чего оформляют заказ, размер которого зависит от интенсивности потребления материалов [5].

На рис. 3 введены следующие обозначения:  $V_{\max}$  — расчетный уровень запаса (ограничивается размером складов или необходимым для удовлетворения спроса количеством);  $t_{zi} = \text{const} = T_{\Pi}$  — период пополнения запасов;  $V_1, V_2, V_3$  — объем заявки на пополнение;  $t_{z1}, t_{z2}, t_{z3}$  — моменты подачи заявок на пополнение;  $t_{n1}, t_{n2}, t_{n3}$  — моменты поставок.

Размер заказа определяется по формуле

$$V_{\Pi} = V_{\max} - V_{\text{т}},$$

где  $V_{\Pi}$  — размер заказа;  $V_{\max}$  — расчетный уровень запасов;  $V_{\text{т}}$  — текущий уровень запасов в момент заказа.

Возможно введение в формулу ещё одного слагаемого — величины страхового запаса — для исключения потенциальной возможности дефицита запасов. Заказываемое количество превышает оптимальный заказ в случае, если фактический спрос выше ожидаемого. И наоборот,

размер заказа будет меньше, если спрос на материал ниже ожидаемой средней величины (рис. 3). Таким образом, при использовании периодической стратегии регулирования запасов, интервал времени между заказами остается постоянным, а размер заказа меняется в зависимости от интенсивности потребления, т.е. является переменной величиной.

Остальные стратегии представляют собой разновидности двух изложенных (система с установленной периодичностью пополнения запасов до постоянного уровня; система «минимум-максимум» и т.д.) [6].

Пополнение запасов в разработанной концептуальной модели осуществляется согласно стратегии с фиксированным размером заказа. Такой вариант реализации принят исходя из удаленности воинских формирований и отражает особенности функционирования существующей системы снабжения при проведении специальных операций. Доставка в таком случае будет осуществляться воздушным (водным транспортом), что накладывает ограничения на объем поставляемого имущества.

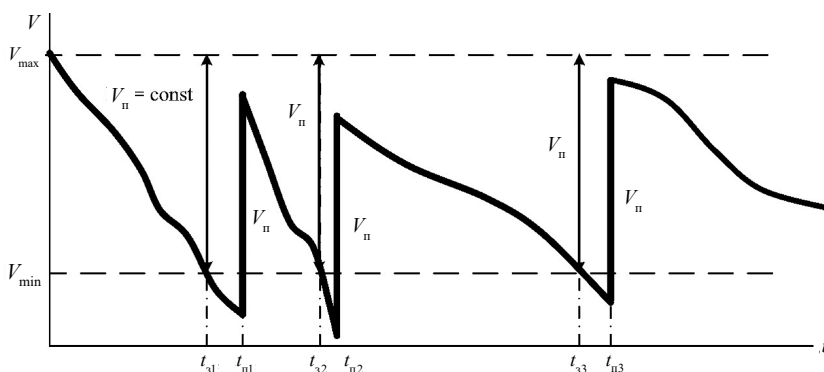


Рис. 2. Стратегия управления запасами с фиксированным размером заказа

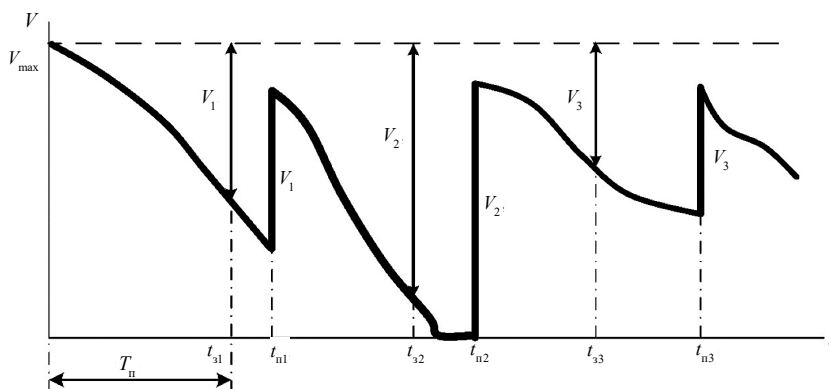


Рис. 3. Стратегия с фиксированной периодичностью заказа

### Выводы

Таким образом, разработанная концептуальная модель системы снабжения ТС и АСУ воинских формирований представляет собой основу для разработки математических моделей и дает возможность дальнейшего более детального анализа системы. Предложенная в модели стратегия пополнения запасов соответствуют существующему на данный момент подходу в снабжении ТС и АСУ отдельных воинских формирований при выполнении специальных задач.

### Литература

1. Чихачев А.В., Третьяков С.М., Бурлаков А.А., Баринов М.А., Морозов А.В. Техническое обеспечение связи и автоматизации: Учебник. — СПб: ВАС. 2017. 302 с.
2. ГОСТ 27.507-2015 Надежность в технике. Запасные части, инструменты и принадлежности. Оценка и расчет запасов. — М.: Стандартинформ. 2017. 95 с.
3. Рыжиков Ю.И. Имитационное моделирование. Теория и технологии. — СПб: КОРОНА принт. 2004. 384 с.
4. Семенов С.С., Воловиков В.С., Смолева А.В. Концептуальная модель процесса восполнения потерь техники связи и военно-технического имущества связи при применении соединения связи Военного округа // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2015. № 1. С. 22–27.
5. ГОСТ 27.002-2015 Надежность в технике. Термины и определения. — М.: Стандартинформ. 2016. 30 с.
6. Рыжиков Ю.И. Теория очередей и управления запасами. Учебное пособие: Питер. 2001. 384 с.
7. Боев В.Д., Сыпченко Р.П. Компьютерное моделирование. — М.: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ». 2016. 349 с.
8. Руководство по техническому обеспечению связи и автоматизированных систем управления. — М.: МО. 2018. 230 с.
9. Пьянков А.А. Математическая модель процесса восстановления вооружения и военной техники в ходе боевых действий тактического

воинского формирования // Вооружение и экономика. 2014. № 2 (27).

10. Пьянков А.А. Экономико-математическая модель системы ремонта вооружения и военной техники в современных условиях // Вооружение и экономика. 2013. № 3 (24).

### References

1. Chikhachev A.V., Tret'yakov S.M., Burlakov A.A., Barinov M.A., Morozov A.V. Communication and automation technical support. — St. Petersburg. 2017. 302 p.
2. GOST 27.507-2015 Reliability in Engineering. Spare parts, tools and accessories. Estimation and calculation of reserves. — M.: Standartinform. 2017. 95 p.
3. Ryzhikov YU.I. Simulation modeling. Theory and technology. — St. Petersburg. 2004. 384 p.
4. Semenov S.S., Volovikov V.S., Smolekha A.V. Conceptual model of the process of replenishing the losses of communications equipment and military-technical equipment of communications when using the communications connection of the Military District // T-Comm: Telekommunikatsii i transport. 2015. № 1. P. 22–27.
5. GOST 27.002-2015. Reliability in technology. Terms and Definitions. — M.: Standartinform. 2016. 30 p.
6. Ryzhikov YU.I. Queuing and inventory management theory. — St. Petersburg. 2001. 384 p.
7. Boev V.D., Sypchenko R.P. Computer simulation. — M.: Nacional'nyj Otkrytyj Universitet «INTUIT». 2016. 349 p.
8. Manual for technical support of communications and automated control systems. — M.: MO. 2018. 230 p.
9. Pyankov A.A. Mathematical model of the process of restoring weapons and military equipment in the course of combat operations of a tactical military formation // Vooruzhenie i ekonomika. 2014. № 2 (27).
10. Pyankov A.A. Economic and mathematical model of the system of repair of weapons and military equipment in modern conditions // Vooruzhenie i ekonomika. 2013. № 3 (24).