

**ОПТИМИЗАЦИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБЪЕКТА ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ****Ю.Л. Масленникова**

Maslennikova.yuliya@yandex.ru

SPIN-код: 5503-9030

**МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация****Аннотация**

*Изложены рекомендации по оптимизации жизненного цикла объекта военной техники на примере бронетранспортера. Приведены основные сведения об изделии, его характеристики, представлено описание жизненного цикла, определены предполагаемые финансовые затраты на каждой стадии. Проанализированы последствия критичности отказов, уровни критичности элементов, обоснована стратегия и предложена система проведения технического обслуживания и ремонта. Произведен расчет стоимости жизненного цикла изделия.*

**Ключевые слова**

*Жизненный цикл изделия, предполагаемые финансовые затраты, показатели надежности, логистическая поддержка, бронетранспортер, оптимизация жизненного цикла изделия*

Поступила в редакцию 11.12.2017

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018

В настоящее время проблема интегрированной логистической поддержки (ИЛП) сложных наукоемких изделий на постпроизводственных стадиях их жизненного цикла (ЖЦ) приобрела особую актуальность в связи с неуклонно возрастающим стремлением отечественных предприятий (в особенности предприятий оборонного комплекса) выйти на международные рынки. ИЛП — один из базовых компонентов современных систем управления промышленными объектами. Для сложного изделия с длительным сроком эксплуатации (10–20 лет) затраты, возникающие на постпроизводственных стадиях ЖЦ и связанные с поддержанием изделия в работоспособном состоянии, могут быть равны или превышать (в 2–3 раза) затраты на приобретение.

ИЛП (Integrated Logistic Support, ILS) — совокупность видов инженерной деятельности, реализуемых посредством управленческих, инженерных и информационных технологий, ориентированных на обеспечение высокого уровня готовности изделий (в том числе показателей, определяющих готовность — безотказности, долговечности, ремонтпригодности, эксплуатационной и ремонтной технологичности и др.) при одновременном снижении затрат, связанных с их эксплуатацией и обслуживанием [1].

Актуальность проведения ИЛП в таких системах заключается, с одной стороны, в четкой организации мероприятий по системе проведения технического обслуживания и ремонта, что упрощает контроль их исполнения и повышает их эффективность. С другой стороны, ИЛП позволяет значительно сократить затраты на поддержку ЖЦ изделия.

Данные о поведении и состоянии изделий в эксплуатации, накапливаемые в рамках проведения ИЛП, при соответствующей организации процессов информационного взаимодействия между потребителями, изготовителями и раз-

работчиками могут выступать в качестве источника информации, направленного на улучшение качества изделия [1].

ИЛП включает в себя следующие основные процессы [1]:

- логистический анализ;
- планирование процессов технического обслуживания и ремонта изделия (ТОиР);
- интегрированные процедуры поддержки материально-технического обеспечения (МТО);
- обеспечение персонала электронной эксплуатационной и ремонтной документацией.

**Общие сведения об изделии.** Термин «бронетранспортер» (БТР) — боевая колесная плавающая машина, имеющая вооружение, броневую защиту, высокую подвижность, предназначена для использования в мотострелковых подразделениях Сухопутных войск. Четырехосный, восьмиколесный, со всеми ведущими колесами бронетранспортер способен следовать за танками, с ходу преодолевать окопы и водные преграды, оборудован десятью посадочными местами для размещения и работы боевого расчета.

Объект БТР-82 представляет собой глубоко модернизированные бронетранспортеры БТР-80 и БТР-80А, состоящие на вооружении Российской армии. Как отмечают разработчики, новый бронетранспортер превосходит своих предшественников практически по всем показателям (табл. 1). Специально для него был разработан более мощный (300 л.с.) дизельный двигатель, существенно повышена проходимость в условиях бездорожья [2].

Таблица 1

#### Технические характеристики БТР-82

Тип машины	Колесная, 8×8, плавающая
Масса машины, кг	13 600 + 3 %
Боевой расчет, человек	10
Основные размеры	
Длина, мм	7 650
Ширина, мм	2 900
Боекомплект	
КПВТ, патронов	500
ПКТМ, патронов	2 000
Силовая установка	
Двигатель	Четырехтактный с воспламенением от сжатия жидкостного охлаждения
Мощность двигателя, л. с.	300
Количество цилиндров	8
Средства связи	
Радиостанция Р-173	Приемопередающая ультракоротковолновая симплексная
Скорость движения	
Максимальная на шоссе, км/ч	100
Максимальная на плаву, км/ч	9
Средняя скорость на пересеченной местности, км/ч	До 45
Запас хода по шоссе, км	600

Такая боевая колесная плавающая машина предназначена для транспортирования мотострелковых подразделений, подразделений морской пехоты и их огневой поддержки на поле боя, а также ведения боя из машины.

Защищенность машины повышена благодаря использованию в новом бронетранспортере противоосколочного покрытия из многослойного синтетического материала, также усовершенствована система пожаротушения, что позволило заметно повысить пожаровзрывобезопасность машины.

**Этапы ЖЦ изделия.** На протяжении ЖЦ рассматриваемого изделия выделяют следующие этапы [3]:

- 1) разработка концепции;
- 2) проектирование;
- 3) опытное производство;
- 4) производство;
- 5) эксплуатация;
- 6) техническое обслуживание и ремонт;
- 7) материально-техническое снабжение;
- 8) утилизация.

Срок эксплуатации бронетранспортера БТР-82 до капитального ремонта составляет 20 лет и еще примерно 7,5 лет до этапа утилизации.

**Возможные отказы в работе, их последствия и учет рисков внезапных отказов изделия.** Под функциональным анализом понимают процесс выявления и описания всех функций изделия и входящих в него подсистем. В ходе функционального анализа формируется логистическая структура функций (элементы, соответствующие функции и связи между ними), которая представлена ниже [4].

#### Логистическая структура функций

Функции КИ и подсистем	Элементы (подсистемы) конструкторской схемы
Перемещение .....	Двигатель, ходовая часть
Защита экипажа .....	Броня, активные элементы защиты
Стрельба .....	Модуль вооружения
Преодоление водных препятствий .....	Понтонные баки и гусеницы
Поддержка жизнедеятельности экипажа .....	Система кондиционирования воздуха
Обеспечение связи .....	Система связи

Анализ видов, последствий и критичности отказов (АВПКО) — это процедура качественного анализа изделия, смысл которой заключается в выделении возможных отказов разных видов, анализе причин их возникновения, а также последствий возникновения этих отказов, качественной оценке и ранжировании отказов в зависимости от тяжести последствий (табл. 2) [1].

**Оценка затрат на эксплуатацию и плановой стоимости жизненного цикла (СЖЦ) изделия.** Расчет СЖЦ изделия включает в себя все затраты, связанные с его приобретением и владением, то есть затраты на приобретение, сопутствующие единовременные расходы, а также эксплуатационные издержки за весь срок службы [5].

## Результаты АВПКО бронетранспортера БТР-82

Подсистема конструкции	Описание неисправности	Причина неисправности	Действия по устранению неисправности
Ходовая часть	Частые «пробои» подвески	Поломка торсионного вала; «проседание» торсионного вала; выход из строя амортизаторов	Заменить сломанный торсион и отрегулировать его закрутку; проверить дорожный просвет машины; осмотреть работу и заменить
	Интенсивный износ шин управляемых колес	Нарушено схождение колес	Отрегулировать схождение колес
Рулевое управление	Машина не «держит» дорогу	Нарушена установка управляемых колес	Отрегулировать схождение колес
	Прикладывание большого усилия на рулевом колесе при повороте машины	Недостаточный уровень жидкости в бачке гидронасоса; неправильное положение седла предохранительного клапана насоса	Довести уровень масла до необходимого и устранить течь; разобрать насос, вернуть седло
Тормозная система	Отсутствие «тяги»; тормозные барабаны нагреваются при полностью отпущенной тормозной педали	Отсутствие свободного хода педали; засор компенсационного отверстия главного цилиндра	Отрегулировать свободный ход педали; промыть главный цилиндр и прокачать привод
Средства связи	Не включается радиостанция, отсутствуют шумы в телефонах	Обесточен выключатель аккумуляторных батарей	Включить выключатель аккумуляторных батарей

СЖЦ технического средства включает в себя затраты единовременного и текущего характера (эксплуатационные расходы) в течение срока службы (срок полезного использования).

Плановая СЖЦ изделия в общем случае определяется по формуле [6]:

$$\text{СЖЦ} = Z_{\text{приобр}} + \sum_{i=1}^T (Z_{\text{экспл}} + Z_{\text{ТО}} + Z_{\text{пл}}^P + Z_{\text{внепл}}^P), \quad (1)$$

где  $Z_{\text{приобр}}$  — единовременные затраты,  $Z_{\text{приобр}} = 20\,000\,000$  руб.;  $Z_{\text{экспл}}$  — среднегодовые затраты на эксплуатацию,  $Z_{\text{экспл}} = 2\,352\,000$  руб.;  $Z_{\text{ТО}}$  — среднегодовые затраты на техническое обслуживание,  $Z_{\text{ТО}} = 2\,570\,217$  руб.;  $Z_{\text{пл}}^P$  — затраты на плановые ремонты,  $Z_{\text{пл}}^P = 8\,663\,452$  руб.;  $Z_{\text{внепл}}^P$  — затраты на внеплановые ре-

монты,  $Z_{\text{внепл}}^p = 152\,552,8$  руб.;  $t$  — текущий год эксплуатации;  $T$  — конечный год эксплуатации, который устанавливается в соответствии с техническими требованиями или иной документацией (в том числе и учетной политикой предприятия, на балансе которого числится объект). Общая СЖЦ составляет 33 738 221,8 руб.

Комплексные показатели надежности и показатель логистической поддержки. Решить проблему снижения эксплуатационной надежности изделия, то есть проблему утраты имиджа и конкурентоспособности производителя на мировом рынке, можно только при рассмотрении взаимодействия потоковых процессов в единой информационно-логистической системе «производство—эксплуатация». Такой подход позволяет увязать задачи материально-технического обеспечения изделия на этапе эксплуатации с задачами планирования производственной деятельности в рамках единой информационной среды [7, 8].

Показатель поддержки можно оценивать как отношение одного из комплексных показателей надежности изделия к среднегодовым тратам на поддержку эксплуатации:

$$S = \frac{K}{Z_{\text{экспл}}} T, \quad (2)$$

здесь  $K$  — комплексный показатель надежности изделия;  $T$  — длительность планируемого периода использования изделия [9].

В качестве комплексного показателя надежности будем использовать коэффициент готовности, под которым понимают вероятность нахождения объекта в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается:

$$K_{\Gamma} = \frac{T_o}{T_o + T_{\text{восст}}}, \quad (3)$$

где  $T_o$  — среднее время наработки на отказ;  $T_{\text{восст}}$  — среднее время восстановления.

Далее найдем

$$K_{\Gamma} = \frac{T_o}{T} = \frac{T_o}{T_o + T_{\text{восст}}} \quad (4)$$

Затем обозначим время обнаружения и устранения  $i$ -го отказа объекта как  $T_{\text{восст}}^i$  и запишем

$$T_{\text{восст}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{\text{восст}}^i. \quad (5)$$

Тогда

$$T_{\text{восст}} = T_{\text{пф}} + T_{\text{впр}}, \quad (6)$$

здесь  $T_{\text{пф}}$  — время, затрачиваемое на профилактические и ремонтные работы;  $T_{\text{впр}}$  — время на внеплановые ремонтные работы (устранение внезапных отказов) [10].

Расчетные данные логистических показателей представлены в табл. 3.

Таблица 3

### Расчетные данные программ ТОиР

Показатели	Программа ТОиР в соответствии с регламентом планово-предупредительного ремонта	Программа ТОиР по фактическому состоянию
Коэффициент готовности	0,94	0,89
Коэффициент простоя	0,14	0,11
Затраты на этапе эксплуатации $Z_{\text{экспл}}$ , руб. ( $SЖЦ - Z_{\text{приобр}}$ )	7 704 000	2 352 000
Показатель логистической поддержки $S$	$30,22 \times 10^{-5}$	$41,13 \times 10^{-5}$
СЖЦ, руб.	48 417 725	33 738 221,8

**Выводы.** В ходе оптимизации СЖЦ была сокращена с 48 млн руб. до 33 млн руб., что является существенным достижением. Показатель логистической поддержки увеличился с  $30,22 \times 10^{-5}$  до  $41,13 \times 10^{-5}$ . Установлено, что программа ТОиР по фактическому состоянию приносит больше выгоды, нежели программа ТОиР по планово-предупредительному ремонту. Благодаря использованию методов ИЛП затраты на этапе эксплуатации также удалось сократить с 7,704 млн руб. до 2,352 млн руб.

### Литература

- [1] ГОСТ Р 53394-2009. *Интегрированная логистическая поддержка. Основные термины и определения оригинал документа*. Москва, Стандартинформ, 2010, 28 с.
- [2] *Бронетранспортер БТР-80. Техническое описание и инструкция по эксплуатации (ТО и ИЭ)*. Москва, Издательство Министерства Обороны СССР, 1989, с. 3–6.
- [3] Бром А.Е., Колобов А.А., Омельченко И.Н. *Интегрированная логистическая поддержка жизненного цикла наукоемкой продукции*. Под ред. А.А. Колобова. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008, 296 с.
- [4] Бром А.Е. *Методология, методы и модели управления организационно-логистической системой поддержки жизненного цикла наукоемкой продукции*. Под ред. А.А. Колобова. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008, 240 с.
- [5] Бром А.Е. Сравнительный анализ стратегий эксплуатации и технического обслуживания сложных технических систем. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 2009, № 4, с. 71–78.
- [6] Бром А.Е., Александров А.А. Специфика структуры, длительности и учета затрат жизненного цикла наукоемкой продукции. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 2008, № 4, с. 65–80.
- [7] Колесов И.М. *Основы технологии машиностроения*. Москва, Высшая школа, 2001, 295 с.
- [8] Пузакова А.А. Интегрированная логистическая поддержка. *Молодой ученый*, 2017, № 6, с. 69–72.
- [9] Кузнецов В.А., Черепяхин А.А., Колтунов И.И., Пыжов В.В. *Технологические процессы машиностроительного производства*. Москва, ФОРУМ, 2010, 528 с.

[10] Новицкий Н.И. *Организация производства на предприятиях*. Москва, ИНФРА-М, 2004, 258 с.

**Масленникова Юлия Леонидовна** — магистрант кафедры «Промышленная логистика», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

**Научный руководитель** — Бром Алла Ефимовна, доктор технических наук, профессор кафедры «Промышленная логистика», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

## OPTIMIZATION OF MILITARY EQUIPMENT OBJECT LIFE CYCLE

Yu.L. Maslennikova

Maslennikova.yuliya@yandex.ru  
SPIN-код: 5503-9030

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

**Abstract**

*The paper gives some recommendations on optimization of military equipment object life cycle, an armored personnel carrier is taken as an example. First, we give some basic information about the product, its characteristics, describe the life cycle and estimate financial costs for each stage. Then, we analyze the consequences of failure criticality and determine the criticality levels of elements. Furthermore, we justify the strategy and propose the maintenance system. Finally, we estimate the cost of the product life cycle.*

**Keywords**

*Product life cycle, estimated financial costs, reliability indicators, logistic support, armored personnel carrier, optimization of product life cycle*

© Bauman Moscow State Technical University, 2018

**References**

- [1] GOST R 53394-2009. Integrirovannaya logisticheskaya podderzhka. Osnovnye terminy i opredeleniya original dokumenta [State standard R 53394-2009. Integrated logistic support. Basic terms and definitions]. Moscow, Standartinform publ., 2010, 28 p.
- [2] Bronetransporter BTR-80. Tekhnicheskoe opisanie i instruktsiya po ekspluatatsii (TO i IE) [Armored personnel carrier BTR-80. Technical description and operation conditions]. Moscow, USSR Ministry of Defense publ., 1989, pp. 3–6.
- [3] Brom A.E., Kolobov A.A., Omel'chenko I.N. Integrirovannaya logisticheskaya podderzhka zhiznennogo tsikla naukoemkoy produktsii [Integrated logistic support of scientific product life cycle]. Moscow, Bauman Press, 2008, 296 p.
- [4] Brom A.E. Metodologiya, metody i modeli upravleniya organizatsionno-logisticheskoy sistemy podderzhki zhiznennogo tsikla naukoemkoy produktsii [Methodology, methods and management models of organization logistic system for life cycle support of scientific products]. Moscow, Bauman Press, 2008, 240 p.
- [5] Brom A.E. Comparative analysis of performance strategy and maintenance of complex technical systems. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Mashinostroenie* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Machine Building], 2009, no. 4, pp. 71–78.
- [6] Brom A.E., Aleksandrov A.A. Specifics of structure, duration and cost accounting of scientific product life cycle. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Mashinostroenie* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Machine Building], 2008, no. 4, pp. 65–80.
- [7] Kolesov I.M. Osnovy tekhnologii mashinostroeniya [Fundamentals of machine building technology]. Moscow, Vysshaya shkola publ., 2001, 295 p.
- [8] Puzakova A.A. Integrated logistic support. *Molodoy uchenyy* [Young Scientist], 2017, no. 6, pp. 69–72.
- [9] Kuznetsov V.A., Cherepakhin A.A., Koltunov I.I., Pyzhov V.V. Tekhnologicheskie protsessy mashinostroitel'nogo proizvodstva [Technological processes of machinery production]. Moscow, FORUM publ., 2010, 528 p.
- [10] Novitskiy N.I. Organizatsiya proizvodstva na predpriyatiyakh [Industry engineering in production facilities]. Moscow, INFRA-M publ., 2004, 258 p.



**Maslennikova Yu.L.** — Master's Degree student, Department of Industrial Logistics, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

**Scientific advisor** — Brom A.E., Dr. Sc. (Eng.), Professor, Department of Industrial Logistics, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.