

Модель оптимизации решений о периодичности обслуживания средств таможенного контроля при управлении их техническим состоянием

Optimization of decisions about the frequency of service of the means of customs control in the management of their technical condition

УДК 007

Получено: 16.05.2021

Одобрено: 04.06.2021

Опубликовано: 25.06.2021

Бондаренко С.О.

канд. техн. наук, доцент, Михайловская военная артиллерийская академия
e-mail: bond_piter@mail.ru

Bondarenko S.O.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Mikhailovsky Military Artillery Academy
e-mail: bond_piter@mail.ru

Аннотация

В статье рассмотрены возможности повышения качества управления техническим состоянием средств таможенного контроля за счет обоснованного планирования периодичности их технических обслуживаний в интересах сокращения эксплуатационных затрат при обеспечении необходимого уровня работоспособности и исправности.

Ключевые слова: технические средства таможенного контроля, управление техническим состоянием, техническое обслуживание, периодичность технического обслуживания, оптимизация решений.

Abstract

The article considers the possibility of improving the quality of management of the technical condition of customs control facilities by reasonably planning the frequency of their technical services in the interest of reducing operating costs while ensuring the necessary level of efficiency and operability.

Keywords: technical means of customs control, technical condition management, maintenance, frequency of technical services, optimization of solutions.

Таможенный контроль является важной составляющей обеспечения национальной безопасности Российской Федерации. Он представляет собой совокупность мер, осуществляемых таможенными органами Российской Федерации в целях обеспечения соблюдения законодательства Российской Федерации и международных договоров, контроль исполнения которых возложен на таможенные органы России [1–8]. В современных условиях качественная реализация этих мер невозможна без применения технических средств таможенного контроля (ТСТК) [9–11]. Техническое обслуживание (ТО) ТСТК является существенной составной частью их эксплуатации [12, 37]. Один из важных параметров ТО – периодичность его проведения. Научное обоснование периодичности ТО ТСТК, с одной стороны, представляет собой сложную исследовательскую оптимизационную задачу [38–40]. С другой стороны, известные методы определения периодичности ТО носят достаточно общий характер и относятся к сложным системам вообще (см. например, [13–20]).

Все известные методы направлены на оптимизацию периодичности ТО, обеспечивающую максимум повышения средней наработки объекта на отказ. При этом учитывается либо календарная продолжительность эксплуатации объекта, либо его наработка (без дифференциального учета режимов его эксплуатации, что может существенно влиять на обоснованность периодов ТО). Для ТСТК оптимизация периодичности ТО требует учета особенностей ее эксплуатации как системы, функционирующей в чередующихся режимах «отдыха», приведения в готовность к работе и работы по прямому назначению.

Для большинства сложных систем, в том числе и ТСТК, основную календарную продолжительность эксплуатации составляет интервал нормальной работы, на котором функциональные элементы характеризуются практически постоянными параметрами потока отказов $\omega(t) \cong const$ или средней наработкой на отказ $\bar{T}(t) \cong const$. Этот участок эксплуатации технических систем, как показано в [21], наиболее продолжителен и составляет 7–10 средних наработок на отказ (7–10 \bar{T}). Основу ТО для этого интервала эксплуатации составляет выявление неисправностей. Неисправности могут перерастать в отказы, поэтому их устранение при ТО позволяет поддерживать средний допустимый уровень параметра потока отказов ω , в результате чего обеспечивается его постоянство [22–26]. Таким образом, этот вид работ при ТО не позволяет возрастать параметру потока отказов. Заметим, что при $\omega(t) = const$ характерен экспоненциальный закон распределения времени безотказной работы. Исследования условий адекватности использования этого вида распределений приводятся в [27–31].

Параметр $\omega(t)$ может быть снижен при проведении ТО на участке старения и износа, который для средств ТСТК составляет 0,3 - 0,5 \bar{T} . Здесь ТО включает замену элементов, которые изношены и могут отказать. Подробно эти вопросы исследованы в [32–36]. Поэтому рассмотрим оптимизацию периодичности ТО ТСТК на участке нормальной работы, где основу ТО составляет выявление и устранение неисправностей. Как уже отмечалось, это обеспечивает поддержание допустимого среднего уровня ω . Кроме того, полезность ТО в этом случае определяется контролем состояния ТСТК, что обеспечивает своевременное обнаружение отказов. Отрицательное влияние ТО определяется:

- а) вероятностью отказа ТСТК из-за включений ее подсистем в работу при проведении технических обслуживаний;
- б) вероятностью запроса на использование ТСТК во время проведения технических обслуживаний.

Учитывая полезность и отрицательное влияние ТО на эксплуатацию ТСТК, можно сделать вывод о существовании оптимальной периодичности T_τ технических обслуживаний ТСТК определенного вида при установленном объеме работ. Оптимизируем периодичность ТО, проводимых по жесткой стратегии на основе календарного принципа.

Пусть объем работ по ТО ТСТК установлен и соответствует определенному виду ТО (например, ТО-1, ТО-2) и выполняется за время t_τ . На интервале времени θ эксплуатации ТСТК производится N_u циклов его работы. Цикл работы ТСТК включает приведение его в готовность к работе, работу по прямому назначению. Средняя продолжительность цикла – t_u .

Пусть за время θ эксплуатации ТСТК проводится n_τ технических обслуживаний рассматриваемого типа. Тогда суммарные затраты времени на проведение ТО этого вида составляют $t_\tau n_\tau$ часов, а периодичность T_τ такого ТО равна

$$T_\tau = \frac{\theta - t_u N_u - t_\tau n_\tau}{n_\tau + 1} \approx \frac{\theta - t_u N_u}{n_\tau + 1} \quad (1).$$

(так как $t_\tau \ll T_\tau$).

Заметим, что строго говоря, величина θ должна рассматриваться без затрат времени на ТО других видов.

Для определения оптимального времени T_τ , как следует из выражения (1), необходимо найти оптимальное число n_τ технических обслуживаний при сформулированных условиях. В качестве целевой функции оптимизации примем (с учетом противоречивых факторов при проведении ТО) вероятность β благоприятных событий при проведении ТО:

$$\beta = \beta_1 \beta_2 \beta_3 \quad (2),$$

где β_1 – вероятность безотказного состояния ТСТК на интервалах «отдыха» и работы по назначению;

β_2 – вероятность безотказного состояния ТСТК в течение времени проведения технических обслуживаний;

β_3 – вероятность отсутствия запроса на использование ТСТК во время проведения технических обслуживаний.

В соответствии с сущностью вероятности β_1 ее можно представить выражением

$$\beta_1 = P(\theta_0)P(t_u N_u),$$

где $P(\theta_0)$ – вероятность безотказного состояния ТСТК на совокупности интервалов «отдыха»

Для получения выражения для β_1 как функции от n_τ учтем следующее.

1) Среднее значение параметра потока отказов $\omega(t)$ за счет выявления и устранения неисправностей, которые могут перерасти в отказы уменьшится после проведения n_τ технических обслуживаний, чем предотвращается возрастание ω и обеспечивается $\omega = const$ на участке нормальной работы ТСТК; поэтому можно записать:

$$\omega_\tau = \frac{\omega}{\xi},$$

где $\xi = \delta n_\tau$, δ – коэффициент, учитывающий снижение (невозрастание) ω после одного ТО; $\delta > 1$.

Тогда

$$\omega_\tau = \frac{\omega}{\delta n_\tau}.$$

2) Параметр потока отказов в режиме «отдыха», a раз меньше, чем в режиме работы

$$(a = \frac{\omega_p}{\omega_o}).$$

3) Так как рассматривается эксплуатация ТСТК на участке нормальной работы, где среднее значение ω примерно постоянно, то распределение времени безотказной работы ТСТК подчиняется экспоненциальному закону.

В связи с перечисленным можно представить вероятность β_1 в более конкретном виде:

$$\beta_1 = e^{-\frac{\omega_\tau}{a} \theta_0} e^{-\omega_\tau t_u N_u} = e^{-\omega_\tau \left(\frac{\theta - t_u N_u}{a} + t_u N_u \right)} = e^{-\frac{\omega}{\delta} \frac{1}{n_\tau} \left[\frac{\theta}{a} + t_u N_u \left(1 - \frac{1}{a} \right) \right]} \quad (3)$$

или более приближенно

$$\beta_1 \approx 1 - \frac{\omega}{\delta} \left[\frac{\theta}{a} + t_u N_u \left(1 - \frac{1}{a} \right) \right] \frac{1}{n_\tau}. \quad (3a)$$

Учитывая сущность вероятности β_2 и используя подход, аналогичный выводу выражения для β_1 , получим

$$\beta_2 = P(t_\tau)^{n_\tau},$$

где $P(t_\tau)$ – вероятность безотказной работы ТСТК в течение времени выполнения одного ТО.

Более конкретно

$$\beta_2 = e^{-\frac{\omega}{\delta} \frac{1}{n_\tau} t_\tau n_\tau} = e^{-\omega \frac{t_\tau}{\delta}} \quad (4)$$

$$\text{или } \beta_2 \approx 1 - \omega \frac{t_\tau}{\delta}. \quad (4a)$$

Вероятность $\beta_3 \approx 1 - Q_3$,

где Q_3 – вероятность запроса на использование ТСТК по назначению во время проведения тех.

Считая закон поступления запроса на использование ТСТК равновероятным, получим

$$\beta_3 = 1 - \frac{t_\tau n_\tau}{\theta - t_u N_u} \quad (5).$$

Возвращаясь к выражению (2) и используя (3) – (5), получим

$$\beta = e^{-\frac{\omega}{\delta} \frac{1}{n_\tau} \left[\frac{\theta}{a} + t_u N_u \left(1 - \frac{1}{a} \right) \right]} \cdot e^{-\omega \frac{t_\tau}{\delta} \left(1 - \frac{t_\tau}{\theta - t_u N_u} n_u \right)}$$

и после преобразований

$$\beta = \exp \left\{ -\frac{\omega}{\delta} \left\{ \left[\frac{\theta}{a} + t_u N_u \left(1 - \frac{1}{a} \right) \right] \frac{1}{n_\tau} + t_\tau \right\} \right\} \cdot \left(1 - \frac{t_{TO}}{\theta - t_u N_u} n_\tau \right) \quad (6).$$

Приближенно

$$\beta \approx \left\{ 1 - \frac{\omega}{\delta} \left\{ \left[\frac{\theta}{a} + t_u N_u \left(1 - \frac{1}{a} \right) \right] \frac{1}{n_\tau} + t_\tau \right\} \right\} \cdot \left(1 - \frac{t_{TO}}{\theta - t_u N_u} n_\tau \right)$$

и после преобразований получаем

$$\beta \approx 1 - \left(1 - \frac{\omega}{\delta} t_\tau \right) \frac{t_\tau}{\theta - t_u N_u} n_\tau - \frac{\omega}{\delta} \left[\frac{\theta}{a} + t_u N_u \left(1 - \frac{1}{a} \right) \right] \frac{1}{n_\tau} - \frac{\omega}{\delta} t_\tau \left\{ 1 - \left[\frac{\theta}{a} + t_u N_u \left(1 - \frac{1}{a} \right) \right] \frac{1}{\theta - t_u N_u} \right\} \quad (7).$$

В дальнейшем удобнее пользоваться вероятностью ν неблагоприятных событий:

$$\nu = 1 - \beta$$

и согласно выражению (7)

$$\nu = \left(1 - \frac{\omega}{\delta} t_\tau \right) \frac{t_\tau}{\theta - t_u N_u} n_\tau + \frac{\omega}{\delta} \left[\frac{\theta}{a} + t_u N_u \left(1 - \frac{1}{a} \right) \right] \frac{1}{n_\tau} + \frac{\omega}{\delta} t_\tau \left\{ 1 - \left[\frac{\theta}{a} + t_u N_u \left(1 - \frac{1}{a} \right) \right] \frac{1}{\theta - t_u N_u} \right\} \quad (8).$$

Из анализа выражения (8) следует, что при увеличении n_τ первое слагаемое возрастает, а второе – уменьшится. Следовательно, существует оптимальное значение n_τ , которому соответствует ν_{\min} .

Обозначим:

$$A = \left(1 - \frac{\omega}{\delta} t_\tau\right) \frac{t_\tau}{\theta - t_u N_u}, \quad B = \frac{\omega}{\delta} \left[\frac{\theta}{a} + t_u N_u \left(1 - \frac{1}{a}\right) \right],$$

$$C = \frac{\omega}{\delta} t_\tau \left\{ 1 - \left[\frac{\theta}{a} + t_u N_u \left(1 - \frac{1}{a}\right) \right] \frac{1}{\theta - t_u N_u} \right\}$$

С учетом этих обозначений выражение (8) примет вид

$$\gamma = A n_\tau + B \frac{1}{n_\tau} + C \quad (8a).$$

Если n_τ – оптимальное количество технических обслуживаний на рассматриваемом интервале эксплуатации ТСТК, то должно быть

$$\gamma(n_\tau) \leq \gamma(n_\tau - 1) \quad (9),$$

$$\gamma(n_\tau) \leq \gamma(n_\tau + 1) \quad (10).$$

Тогда с учетом выражения (8a) неравенство (9) имеет вид

$$A n_\tau + B \frac{1}{n_\tau} + C \leq A(n_\tau - 1) + B \frac{1}{n_\tau - 1} + C$$

или

$$B \left(\frac{1}{n_\tau - 1} - \frac{1}{n_\tau} \right) - A \geq 0,$$

откуда после преобразований получаем неравенство

$$n_\tau^2 - n_\tau - \frac{B}{A} \leq 0, \text{ решение которого дает результат}$$

$$n_\tau = \frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{B}{A}} \quad (11).$$

Поступая аналогично, из неравенства (10) находим

$$n_\tau^2 + n_\tau - \frac{B}{A} \geq 0,$$

откуда имеем результат

$$n_\tau = -\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{B}{A}} \quad (12).$$

На основании выражений (11) и (12) и с учетом того, что $n_\tau > 1$, можно считать, что

$$n_{\tau \text{ опт}} = \sqrt{\frac{B}{A}} \quad (13),$$

где
$$\frac{B}{A} = \frac{\frac{\omega}{\delta} \left[\frac{\theta}{a} + t_u N_u \left(1 - \frac{1}{a}\right) \right]}{\left(1 - \frac{\omega}{\delta} t_\tau\right) \frac{t_\tau}{\theta - t_u N_u}}.$$

С помощью выражений (13) и (1) определяется оптимальный период T_τ проведения ТО.

Представляет интерес исследование влияния величин различных параметров эксплуатации ТСТК на оптимальную величину T_τ . Для этого рассчитываем $n_{\tau \text{ опт}}$ и $T_{\tau \text{ опт}}$ при различных значениях параметров эксплуатации ТСТК (см. табл.).

Оптимальные значения n_τ и T_τ при различных параметрах эксплуатации ТСТК

№ п/п	θ , год	$\omega, 1/ч$	δ	$t_y, ч$	N_y	$t_\tau, ч$	n_τ	T_τ		
								ч	недели	месяцы
1	10	10^{-3}	1,01	24	50	6	36^1	631	~ 4	
2	10	10^{-3}	1,001	24	50	6	37^1	626	~ 4	
3	5	10^{-3}	1,01	24	25	6	9^6	617	~ 4	
4	10	10^{-4}	1,01	24	50	6	3^4	1964	~ 12	
5	10	10^{-3}	1,01	24	50	3	92^1	448	~ 3	,75
6	10	10^{-3}	1,01	24	50	6	88^1	451	~ 3	,75

Анализ табл. приводит к следующим выводам:

1. Изменение параметра δ (коэффициента обеспечения невозрастания ω за счет влияния и устранения неисправностей) несущественно влияет на оптимальную величину τ (см. строчки 1 и 2 табл.). Это объясняется тем, что ω представляет собой усредненное значение параметра потока отказов на интервале эксплуатации ТСТК с $\omega(t) = \text{const}$, т.е. на участке нормальной работы.

2. Изменение общего времени θ эксплуатации ТСТК (см. строки 2, 3 табл.) приводит к изменению n_τ , но не влияет на величину T_τ .

3. Изменение параметра потока отказов ω (см. строки 3, 4 табл.) существенно влияет на n_τ и T_τ .

4. Продолжительность технического обслуживания (t_y) также существенно влияет на значения n_τ и T_τ (см. строки 1 и 5 табл.).

5. Продолжительность цикла работы ТСТК по назначению (t_y) ощутимо влияет на n_τ и T_τ (см. строки 1 и 6 табл.).

Полученные соотношения позволяют на стадиях создания ТСТК и предварительного построения системы ее технического обслуживания обоснованно определять периодичность ТО.

Литература

1. Анисимов Е.Г., Анисимов В.Г., Сауренко Т.Н. Таможенная политика в системе национальной безопасности российской федерации // Вестник Российской таможенной академии. – 2015. – № 1. – С. 14-19.

2. Черныш А.Я. Основы экономики таможенного дела / А.Я Черныш. [и др.]. – Москва: Российская таможенная академия, Кафедра экономики таможенного дела, 2012. – 205 с.

3. Анисимов В.Г. Экономический и таможенный риск-менеджмент / В.Г. Анисимов [и др.]. – Москва: Государственное казенное образовательное учреждение высшего образования "Российская таможенная академия"., 2015. – 180 с.

4. Черныш А.Я., Анисимов Е.Г. Концепция построения теории таможенного дела // Вестник Российской таможенной академии. – 2009. – № 3. – С. 5-11.

5. Анисимов В.Г. Обобщенный показатель эффективности взаимодействия федеральных органов исполнительной власти при решении задач обеспечения национальной безопас-

ности государства / *В.Г. Анисимов [и др.]* // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. – 2017. – № 5-6 (107-108). – С. 101-106.

6. *Липатова Н.Г., Кожевникова В.В., Анисимов Е.Г., Барамзин С.В.* Таможенный контроль товаров: запреты и ограничения. – Москва: Российская таможенная академия, 2010. – 78 с.

7. *Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Богоева Е.М.* Модель рациональной организации международного сотрудничества таможенных органов при проведении таможенного контроля // Таможенные, социально-экономические и правовые инновации на Дальнем Востоке России: сборник научных трудов. Collection of research papers. – Владивосток, 2016. – С. 18-22.

8. *Anisimov E.G., Saurenko T.N., Bogoeva E.M., Anisimov V.G.* Quantitative evaluation of the direction of the state customs policy // Экономические стратегии ЕАЭС : проблемы и инновации: Сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции. – Москва: Российский университет дружбы народов. 2019. – С. 8-17.

9. *Афонин П.Н., Сигаев А.Н.* Теория и практика применения технических средств таможенного контроля. – Санкт-Петербург, 2012. – 252 с.

10. *Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Афонин П.Н., Гапов М.Р., Сауренко Т.Н.* Модель и метод оптимизации решений при управлении развитием технических средств таможенного контроля // Таможенные чтения - 2017. Современная наука и образование на страже экономических интересов Российской Федерации: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – 2017. – С. 11-21.

11. *Анисимов Е.Г., Ревин В.Н., Сагаев М.В., Румянцев Д.В.* Модель для формирования решений по распределению финансовых ресурсов на развитие технических средств таможенного контроля // Вестник Российской таможенной академии. – 2012. – № 2. – С. 31-38.

12. *Афонин Д.Н., Афонин П.Н.* Организация эксплуатации технических средств таможенного контроля в таможенных органах. – Санкт-Петербург. 2021. – 120 с.

13. Некоторые математические вопросы теории обслуживания сложных систем / *Е.Ю. Барзилович, В.А. Капитанов.* – Москва: Сов. радио, 1971. – 272 с.

14. *Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Мартыщенко Л.А., Шатохин Д.В.* Методы оперативного статистического анализа результатов выборочного контроля качества промышленной продукции. – Санкт-Петербург, Тула: Международная академия информатизации 2001. – 72 с.

15. *Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г.* Формальная структура задач стандартизации и унификации при управлении развитием сложных технических систем // Защита и безопасность. – 2004. – № 4 (31). – С. 26-31.

16. *Анисимов В.Г.* Модель и метод оптимизации плана подготовки космических систем / *В.Г. Анисимов [и др.]* // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. – 2015. № 4 (89). – С. 34-39.

17. *Анисимов В.Г.* Методы и модели стандартизации и унификации в управлении развитием военно-технических систем / *В. Г. Анисимов, Е.Г. Анисимов [и др.]*. – Москва: Военная академия Генерального штаба Вооруженных Сил Российской Федерации. – 2004. – 279 с.

18. *Тебекин А.В.* Способ формирования комплексных показателей качества инновационных проектов и программ / *А.В. Тебекин [и др.]* // Журнал исследований по управлению. – 2018. – Т. 4. № 11. – С. 30-38.

19. *Анисимов Е.Г., Анисимов В.Г., Пеннер Я.А., Гарькушев А.Ю.* Метод распределения неоднородных ресурсов при управлении организационно-техническими системами // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. – 2016. – № 3-4 (93-94). – С. 20-26.

20. *Тебекин А.В.* Эволюционная модель прогноза частных показателей инновационных проектов (на примере технических инноваций) / *А.В. Тебекин [и др.]* // Журнал исследований по управлению. – 2019. – Т. 5. – № 6. – С. 55-61.

21. Эксплуатация автоматизированных систем управления/ *Б.С. Абраменко, А.Я. Маслов, Л.Н. Немудрук*. – Москва: Министерство обороны СССР, 1984. – 485 с.
22. *Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Крикун В.М.* Распределение задач при восстановлении техники и оптимизация количества привлекаемых специалистов // В сборнике: Применение математического моделирования, вычислительной техники и математических методов в военно-научных исследованиях: Доклады и тезисы выступлений на постоянно действующем семинаре по вопросам методологии военно-научных исследований и испытаний сложных технических систем. - Министерство обороны СССР. 1991. – С. 121.
23. *Анисимов Е.Г.* Теоретические основы создания систем поддержки принятия решений в интересах комплексной транспортной безопасности / *Е.Г. Анисимов [и др.]* // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. – 2015. – № 3 (88). – С. 10-15.
24. *Анисимов В.Г.* Риск-ориентированный подход к организации контроля в подсистемах обеспечения безопасности информационных систем / *В.Г. Анисимов, Е.Г. Анисимов [и др.]* // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. – 2016. – № 3. – С. 61-67.
25. *Зегжда П.Д.* Эффективность функционирования компьютерной сети в условиях вредоносных информационных воздействий / *П.Д. Зегжда [и др.]* // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. – 2021. – № 1 (45). – С. 96-101.
26. *Zaychenko, I., Grashchenko, N., Saurenko, T., ...Anisimov, E., Zhigulin, V.* Models for predicting damage due to accidents at energy objects and in energy systems of enterprises // E3S Web of Conferences, 2019, 110, 02041.
27. *Балясников В.В.* Модель причинного анализа на основе использования данных об особых ситуациях / *В.В. Балясников [и др.]* // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. – 2015. – № 1-2. – С. 31 – 38.
28. *Анисимов В.Г.* Применение математических методов при проведении диссертационных исследований / *В.Г. Анисимов [и др.]*. – Москва: Российская таможенная академия, 2011. – 514 с.
29. *Авдеев М.М.* Информационно-статистические методы в управлении микроэкономическими системами / *М.М. Авдеев*. – Санкт-Петербург; Тула: Международная академия информатизации. 2001. – 139 с.
30. *Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Чудаков Ю.В.* Теория вероятностей.- Санкт-Петербург: Михайловская военная артиллерийская академия, 2010. – 188 с.
31. *Алексеев О.Г., Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г.* Модели распределения средств поражения в динамике боя. – Ленинград: Министерство обороны СССР. 1989. – 109 с.
32. *Староселец В.Г., Бондаренко С.О.* Анализ подсистемы текущего ремонта командно-штабных машин управления // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. – 2015. – № 2 (87). – С. 30-35.
33. Методы и модели оптимизации в управлении развитием сложных технических систем/ *В.Г. Анисимов, Е.Г. Анисимов, [и др.]*. – Санкт-Петербург, 2004. – 279 с.
34. *Староселец В.Г., Бондаренко С.О.* Анализ и синтез планово-предупредительной системы ремонтов командно-штабных машин управления // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. – 2017. – № 11-12 (113-114). – С. 44-50.
35. *Anisimov V., Anisimov E., Sonkin M.* A resource-and-time method to optimize the performance of several interrelated operations // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 17. С. 38127-38132.
36. *Бондаренко С.О.* Обоснование решений о предупредительной замене элементов технических средств таможенного контроля при управлении организацией их обслуживания и ремонта // Журнал технических исследований. – 2019. – Т. 5. – № 1. – С. 26-33.
37. *Тебекин А.В.* Управление качеством. Учебник / Москва, 2020. Сер. 76 Высшее образование (2-е изд., пер. и доп.).

38. *Тебекин А.В.* Методы принятия управленческих решений. Учебник / Москва, 2020. Сер. 76. Высшее образование (1-е изд.)
39. *Тебекин А.В., Тебекин П. А.* Классификация методов принятия управленческих решений на основе оптимизации показателей эффективности. // Журнал исследований по управлению. – 2018. – Т. 4. – № 4. – С. 13-24.
40. *Тебекин А.В.* Принятие управленческих решений на основе методов программирования как подгруппы методов оптимизации показателей эффективности. // Журнал исследований по управлению. – 2018. – Т.4. – № 9. – С. 34-44.