

Обоснование решений о предупредительной замене элементов технических средств таможенного контроля при управлении организацией их обслуживания и ремонта

Justification of decisions on the preventive replacement of elements of technical means of customs control when managing the organization of their maintenance and repair

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 вопросы обоснования решений по предупредительным заменам функциональных элементов технических средств таможенного контроля. Реализация разработанных положений при управлении организацией обслуживания и ремонта этих средств позволяет сократить эксплуатационные затраты при обеспечении необходимого уровня их исправности и работоспособности.

Ключевые слова: технические средства таможенного контроля, управление организацией обслуживания и ремонта, обоснование решений о предупредительной замене функциональных элементов.

Abstract

The article discusses the issues of justifying decisions on preventive replacements of functional elements of technical means of customs control. The implementation of the developed provisions in the management of the organization of maintenance and repair of these funds allows reducing operational costs while ensuring the necessary level of their working capacity.

Keywords: technical means of customs control, management of the organization of maintenance and repair, the rationale for decisions on the preventive replacement of functional elements.

Ускорение проведения таможенных операций при сохранении высокой эффективности выполнения предусмотренных таможенным кодексом Евразийского экономического союза мероприятий защиты национальной безопасности, здоровья и жизни граждан, а также охраны окружающей среды является важнейшей задачей развития таможенных органов [1–11]. Решение этой задачи существенным образом зависит от рациональной организации обслуживания и ремонта технических средств таможенного контроля [12]. При этом важная роль отводится предупредительным заменам функциональных элементов (узлов, блоков, устройств). Эти замены могут быть как плановыми, так и неплановыми – вызванными текущим состоянием заменяемого элемента.

Цель предупредительной замены i -го элемента – снизить параметр ω_i потока его отказов и, следовательно, сократить число ремонтов и время неготовности объектов из-за отказов. Замена должны подлежать работоспособные элементы, параметр потока отказов которых заметно возрос или начинает возрастать [13–18]. В интервале времени $0-t_{oi}$ (рис. 1) заменять i -й элемент на новый нецелесообразно, т.к. выигрыша в уменьшении числа отказов это не дает. По истечении времени t_{oi} замена может дать выигрыш в уменьшении показателя ω : в результате замены сохраняется (в интервале времени t_{zi}) значение этого показателя ($\omega_i \approx \omega_{oi}$), а без замены величина ω_i существенно возрастает и спустя время t_{zi} (отсчитывает с момента t_{oi}) достигает значения ω_{li} .

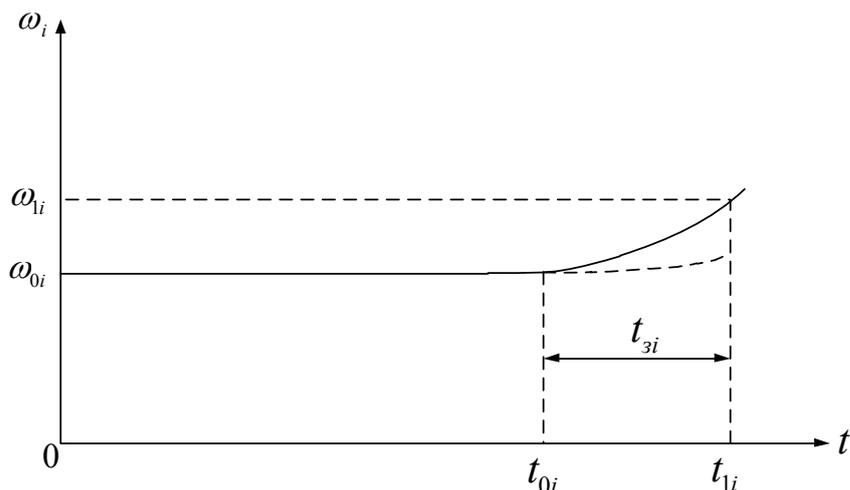


Рис. 1. К пояснению целесообразности предупредительных замен элементов

Выигрыш в уменьшении ω_i является необходимым, но еще недостаточным условием целесообразности предупредительных замен элементов. Действительно, увеличение ω_i после момента t_{oi} не означает, что необходимо сразу же заменять i -й элемент. Это объясняется следующим:

1) замена элемента требует затрат

$$C_{zi} = C_i - C_{oi} + C_{p.zi}, \quad (1)$$

где C_i – стоимость нового i -го элемента;

C_{oi} – стоимость заменяемого i -го элемента;

$C_{p.zi}$ – стоимость работ по замене i -го элемента;

2) замена приводит к уменьшению числа отказов элемента, а, следовательно, и объекта после замены; это означает, что уменьшается стоимость потерь из-за отказов.

Таким образом, замена элемента в момент времени t_{oi} не позволит компенсировать затраты C_{zi} уменьшением стоимости потерь из-за отказов (т.к. для этого требуется некоторое время $t_{zi} > 0$). Определить t_{zi} можно на основании равенства

$$C_i^o(t_{oi}, t_{li}) = C_i(t_{zi}), \quad (2)$$

где $C_i^o(t_{oi}, t_{li})$ – суммарные затраты, вызванные отказами i -го элемента на интервале времени $t_{li} - t_{oi} = t_{zi}$ без его замены (на этом интервале времени $\omega_i = f(t)$);

$C_i(t_{zi})$ – суммарные затраты, вызванные отказами i -го элемента на интервале времени t_{zi} , если бы его замена была произведена в момент t_{oi} ; при этом $\omega_i = \text{const}$ на интервале $t_{oi} \div t_{li}$.

Для решения задачи отыскания t_{zi} (а, следовательно, $T_{zi} = t_{oi} + t_{zi}$, как показано на рис. 2) требуется иметь статистические данные, позволяющие определять t_{oi} , ω_{oi} и прогнозировать значения $\omega_i(t)$ по истечении времени t_{oi} .

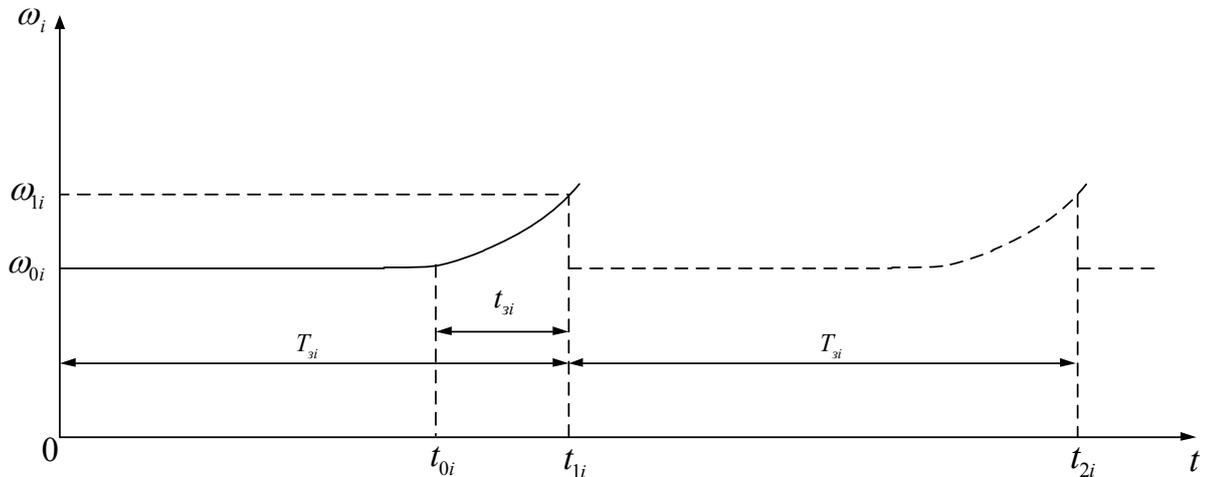


Рис. 2. Назначение предупредительных замен элементов

При определении значения t_{zi} следует, в первую очередь, учитывать особенности структуры объекта, в состав которого входит i -й элемент, условия эксплуатации объекта, периодичность контроля его работоспособности, задачи, решаемые объектом [19, 20]. Так, если в сложной технической системе имеется несколько одинаковых функциональных элементов, выполняющих одни и те же функции, то при определении параметра ω_i следует учитывать не один, а все элементы i -го типа. Аналогично, если в сложной большой системе имеется несколько объектов, выполняющих одинаковые функции и содержащих рассматриваемые элементы i -го типа, то необходимо также при определении ω_i учитывать количество таких объектов.

Рассмотрим более подробно факторы и показатели, учитываемые при оценке целесообразности предупредительных замен элементов в ТСТК на примере проведения первой замены, т.к. далее процесс повторяется.

Наиболее типичным комплексом факторов, характеризующих условия целесообразности предупредительных замен элементов, является следующий:

- при поступлении заявки на применение ТСТК и обнаружении отказа i -го элемента допустимого времени восстановления работоспособности недостаточно для выполнения работ методом замены элемента ($t_{zi} > t_{в доп}$);
- отказы ТСТК обнаруживаются только при контроле ее работоспособности через плановый межпроверочный интервал времени T или неплановый интервал времени \mathcal{G} с момента окончания плановой проверки до момента поступления заявки на подготовку и применение ТСТК (рис. 3);
- плановые замены организационно совмещаются с техническими обслуживаниями и плановыми проверками работоспособности ТСТК.

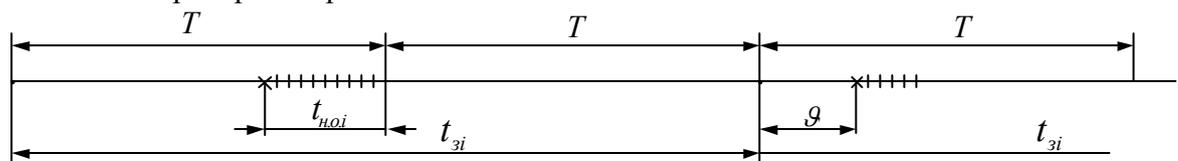


Рис. 3. Временная диаграмма контроля работоспособности и предупредительных замен элементов (здесь знак \times означает момент отказа i -го элемента, $t_{н.oi}$ – длительность нахождения ТСТК в состоянии необнаруженного отказа)

В соответствии с рис. 3, интервал времени t_{zi} содержит

$$n_{Ti} = \frac{t_{zi}}{T} \quad (3)$$

межпроверочных интервалов времени T . Если вероятность отказа ТСТК из-за отказа i -го элемента на интервале $T - Q_i(T)$, то среднее число интервалов T с отказами составит

$$n_{омк.i} = Q_i(T) \cdot n_{Ti} \text{ или } n_{омк.i} = Q_i(T) \frac{t_{zi}}{T}. \quad (4)$$

Заметим, что выражение (3) соответствует случаю, когда замена элемента производится в момент времени t_{oi} . Для случая замены элемента по истечении времени $T_{zi} = t_{oi} + t_{zi}$ для интервала t_{zi} будем иметь

$$n_{омк.i}^o = Q_i^o(T) \frac{t_{zi}}{T}, \quad (5)$$

где $Q_i^o(T) > Q_i(T)$.

На основании выражений (3)–(5) можно определить вероятность попадания заявки на интервал времени T с отказом i -го элемента:

$$\overline{P}_{Zi} = \frac{n_{омк.i}}{n_{Ti}} \quad (6)$$

$$\text{или } \overline{P}_{Zi} = Q_i(T) \quad (6)$$

$$\overline{P}_{Zi}^o = Q_i^o(T). \quad (7)$$

Следует отметить, что предлагаемый способ определения значений $n_{омк.i}$ и \overline{P}_{Zi} не связан с ограничениями величин T и ω_i и, в целом, проще, чем изложенный в [21–25].

Так как в случае замены i -го элемента в момент t_{oi} параметр потока его отказов на интервале времени t_{zi} постоянен, то для определения $Q_i(T)$ можно использовать экспоненциальный закон распределения времени безотказной работы:

$$Q_i(T) = 1 - e^{-\omega_i T}. \quad (8)$$

В случае отсутствия предупредительной замены i -го элемента в момент t_{oi} параметр $\omega_i(t) \neq \text{const}$ эта формула также может быть использована путем введения вместо ω_i усредненного значения $\omega_{cp.i} \approx (\omega_{oi} + \omega_{li}) / 2$.

Тогда

$$Q_i^o(T) = 1 - e^{-\omega_{cp.i} T}. \quad (9)$$

Теперь для определения t_{zi} необходимо конкретизировать выражение (2). Для правой части этого выражения можно записать

$$C_i(t_{zi}) = c_{zi} + (c_{pi} + c_{yi}) n_{омк.i}(t_{zi}), \quad (10)$$

где c_{pi} – средняя стоимость ремонта ТСТК при отказе i -го элемента;

c_{yi} – средний ущерб из-за неготовности ТСТК по причине отказа i -го элемента при его замене в момент времени t_{oi} .

Показатель c_{yi} можно определить с помощью выражения

$$c_{yi} = u \overline{P}_{Zi}, \quad (11)$$

где u – ущерб от последствий отказа ТСТК.

Условно можно считать, что отказу ТСТК соответствует (в условиях жесткого ограничения времени на восстановление работоспособности) необходимость иметь одно резервное ТСТК, т.е. $N_{рез} = 1$ при количестве N ТСТК в составе комплекса средств технического контроля. При этом допускаем, что вероятность отказа одновременно более одного ТСТК весьма мала. Тогда

$$u \approx C_{кшм} \frac{N_{рез}}{N}$$

и при $N_{рез} = 1$

$$u \approx \frac{C_{КШМ}}{N}. \quad (12)$$

В случае отсутствия предупредительной замены i -го элемента в момент t_{oi} используется показатель

$$c_{yi}^o = u P_{Zi}^o. \quad (13)$$

Левая часть выражения (2) представляется соотношением

$$C_i^o(t_{oi}, t_{li}) = (c_{pi} + c_{yi}^o) n_{омки}^o(t_{zi}). \quad (14)$$

Теперь выражение (2) с учетом выражений (10, 14, 4, 5, 8, 9) получим в более развернутом виде

$$c_{zi} + (c_{pi} + c_{yi}) \frac{t_{zi}}{T} = (c_{pi} + c_{yi}^o) \frac{t_{zi}}{T} (1 - e^{-\omega_{cpoi} T}).$$

Отсюда после несложных преобразований получим выражение для t_{zi} :

$$t_{zi} = T \frac{c_{zi}}{\Delta C}, \quad (15)$$

$$\text{где } \Delta C = (1 - e^{-\omega_{cp.i} T}) (c_{pi} + c_{yi}^o) - (1 - e^{-\omega_{oi} T}) (c_{pi} + c_{yi}). \quad (16)$$

При расчетах для определения t_{zi} применительно к ТСТК необходимо учитывать следующее.

1. Так как в общем в состав ТСТК входит N технических средств, каждое из которых, как правило, имеет элемент i -го типа, то в выражении (16) следует вместо показателей ω_{oi} и $\omega_{cp.i}$ использовать $\omega_{oi}^* = N\omega_{oi}$, $\omega_{cp.i}^* = N\omega_{cp.i}$ соответственно.

2. Поскольку значение $\omega_{cp.i}$, соответствующее искомому показателю t_{zi} , неизвестно, то необходимо последовательно задаваться значениями $\omega_{cp.i} > \omega_{oi}$, определять t_{zi} . Расчеты заканчиваются, если по известным (спрогнозированным) данным найденному значению t_{zi} будет соответствовать примерно то же значение $\omega_{cp.i}^*$, которое использовалось при расчетах.

3. При этом известные статистические (спрогнозированные) данные для $\omega_i(t)$ переводят в зависимость $\omega_i^*(t) = \omega_i(t)N$.

На графике зависимости $\omega_i^*(t)$ по найденному значению t_{zi} определяется для $t_{oi} + t_{zi}/2$ величина $\omega_{cp.i}^*$. Если $\omega_{cp.i}^* = \omega_{cp.i(расч.)}^*$, то найденное t_{zi} является окончательным, т.е. граничным значением t_{zi}^{cp} . Поэтому предупредительную замену следует назначать в момент $T_{zi}^{cp} = t_{oi} + t_{zi}^{cp}$.

4. Проверка результатов расчета поясняется с помощью рис. 4. Подобную зависимость целесообразно использовать при задании значения $\omega_{cp.i}^*$ на каждом очередном шаге расчетов. Если $\omega_{cp.i(расч.)}^*$ для найденного значения $T_{zi} = t_{oi} + t_{zi}/2$ меньше значения $\omega_{cp.i}^*$ на графике, то на очередном шаге расчетов следует задаться большим значением $\omega_{cp.i(расч.)}^*$ (и наоборот: если $\omega_{cp.i(расч.)}^* > \omega_{cp.(на графике)}^*$, то $\omega_{cp.i(расч.)}^*$ следует уменьшить).

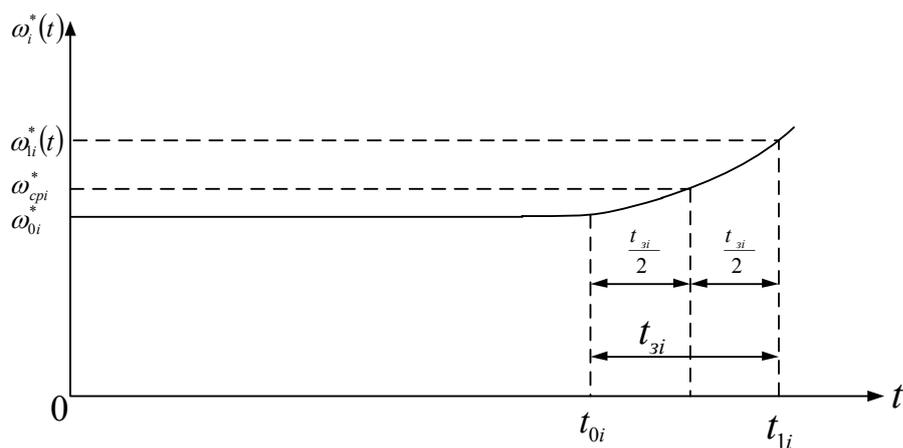


Рис. 4. К пояснению проверки обоснованности рассчитанного значения t_{3i}^{cp}

Рассмотренные положения по предупредительным заменам функциональных элементов ТСТК позволят обоснованно определять их состав для таких замен и сроки их проведения. Это будет способствовать качеству эксплуатационной документации на стадии создания ТСТК и корректировке сроков замен на основании сбора статистических данных в процессе эксплуатации.

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 (30). – С. 14–19.
2. Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Тебекин А.В. Экономический и таможенный риск-менеджмент / Государственное казенное образовательное учреждение высшего образования "Российская таможенная академия". Москва, 2015. – 180 с.
3. Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Богоева Е.М., Сауренко Т.Н., Гарькушев А.Ю. Методологические основы построения показателей эффективности контрольной деятельности органов государственной власти// Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. – 2015. – № 3-4. – С. 17–20.
4. Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Богоева Е.М. Формализация процедуры риск-ориентированного подхода при выполнении государственными органами контрольных функций// Вестник Российской таможенной академии. – 2014. – № 4 (29). – С. 96–102.
5. Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Родионова Е.С., Сауренко Т.Н. Стохастическая модель для оценки эффективности управления таможенными рисками/ Управленческое консультирование. – 2016. – № 9 (93). – С. 83–94.
6. Анисимов Е.Г., Анисимов В.Г., Богоева Е.М., Лемешева Ж.С., Сауренко Т.Н. Методологические основы формирования системы показателей эффективности управления рисками при таможенном контроле// В сборнике: Теория и практика применения риск-ориентированного подхода при выполнении контрольных (надзорных) функций государственных органов. Сборник материалов Межведомственной научно-практической конференции Российской таможенной академии. Федеральная таможенная служба, Российская таможенная академия; редколлегия: В. С. Чечеватов (председатель), А. Я. Черныш (заместитель председателя), Н. Л. Разумкова, Е. Г. Анисимов, Н. П. Багмет, М. Д. Кокнаева, К. А. Корняков, Н. М. Кожуханов, Н. Г. Липатова, Т. Д. Михайленко, О. В. Шишкина. – 2014. – С. 25–30.
7. Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Сауренко Т.Н. Методологические основы оценки устойчивости таможенных союзов // Академический вестник Ростовского филиала Российской таможенной академии. – 2015. – № 2 (19). – С. 44–46.

8. *Анисимов Е.Г., Анисимов В.Г., Шкодинский С.В.* Модель для динамической оценки объема и структуры "серого" импорта/ Научно-исследовательский финансовый институт. Финансовый журнал. – 2016. – № 1 (29). – С. 110–116.
9. *Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Богоева Е.М.* Модель рациональной организации международного сотрудничества таможенных органов при проведении таможенного контроля // В сборнике: Таможенные, социально-экономические и правовые инновации на Дальнем Востоке России сборник научных трудов. Collection of research papers. Владивосток. –2016. – С. 18–22.
10. *Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Гапов М.Р., Сауренко Т.Н.* Модель для прогнозирования объема и структуры "серого импорта"/ // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экономика. – 2017. – Т. 25. – № 1. – С. 63–73.
11. *Родионова Е.С., Сауренко Т.Н.* Математические методы и модели в экономическом и таможенном риск-менеджменте: монография. Санкт-Петербург, – 2016. – 236 с.
12. *Афонин П.Н., Гапов М.Р., Сауренко Т.Н.* Модель и метод оптимизации решений при управлении развитием технических средств таможенного контроля/ [и др.]// 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.
13. *Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г.* Методы и модели оптимизации в управлении развитием сложных технических систем. Санкт-Петербург, 2004. – 279 с.
14. *Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г.* Модели организации и проведения испытаний элементов системы информационного обеспечения применения высокоточных средств // Труды Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского. – 2015. – № 648. – С. 6–12.
15. *Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г.* Математические модели и методы в управлении развитием сложных технических систем.- Санкт-Петербург: Политехника, 2004. – 280 с.
16. *Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г.* Методы и модели стандартизации и унификации в управлении развитием военно-технических систем/ М.: Военная академия Генерального штаба Вооруженных Сил Российской Федерации, 2004. – 279 с.
17. *Формальная структура задач стандартизации и унификации при управлении развитием сложных технических систем/ В.Г. Анисимов, Е.Г. Анисимов// Защита и безопасность. – 2004. – № 4. – С. 26–31.*
18. *Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Мартыщенко Л.А., Шатохин Д.В.* Методы оперативного статистического анализа результатов выборочного контроля качества промышленной продукции/- Международная академия информатизации. Санкт-Петербург, Тула, 2001. – 72 с.
19. *Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Крикун В.М.* Распределение задач при восстановлении техники и оптимизация количества привлекаемых специалистов // В книге: 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; Под редакцией Л. А. Мартыщенко. – 1991. – С. 121.
20. *Баласников В.В., Ведерников Ю.В.* Модель причинного анализа на основе использования данных об особых ситуациях // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. – 2015. – № 1-2. – С. 31–38.
21. *Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Липатова Н.Г., Черныш А.Я.* Применение математических методов при проведении диссертационных исследований: учебник/ М.: Изд-во Российской таможенной академии. – 2011. – 514 с.
22. *Коханова Н.М., Малькова А.Л.* Выбор структуры производственных функций на основе синтеза безальтернативных статистических гипотез/ Вестник Российской таможенной академии. – 2008. – № 4. – С. 74–79.

23. *Авдеев М.М.* Информационно-статистические методы в управлении микроэкономическими системами/ Международная академия информатизации. Санкт-Петербург; Тула. – 2001. – 139 с.

24. *Анисимов В.Г., Зегжда П.Д.* Риск-ориентированный подход к организации контроля в подсистемах обеспечения безопасности информационных систем // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. – 2016. – № 3. – С. 61–67.

25. *Зегжда П.Д.* Модели и метод поддержки принятия решений по обеспечению информационной безопасности информационно-управляющих систем // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. – 2018. – № 1. – С. 43–47.