

УДК 621.386:339.543(07)

## МЕТОД КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ИНСПЕКЦИОННО-ДОСМОТРОВЫХ КОМПЛЕКСОВ ТАМОЖЕННЫХ ОРГАНОВ

**Безуглов Д.А., Вербов В.Ф.**

*Ростовский филиал Российской таможенной академии, Ростов-на-Дону, e-mail: bezuglovda@mail.ru*

Мировая таможенная практика в последнее время стремится максимально исключить возможность таможенных правонарушений за счет использования инспекционно-досмотровых комплексов. Инспекционно-досмотровые комплексы относятся к категории сложных технических систем. Качество функционирования сложных систем определяется, безусловно, их надёжностью, зависящей от большого количества различных факторов. В работе предложен новый метод технического обслуживания инспекционно-досмотровых комплексов по их реальному техническому состоянию. При использовании предложенного в данной работе метода в элементах оборудования не происходит каких-либо изменений, влияющих на качество, параметры и характеристики этого оборудования. Метод позволяет по косвенным признакам обнаружить скрытые дефекты либо выявить особенности, влекущие за собой потенциальную неисправность, не говоря уже о явных неисправностях и отказах в контролируемых объектах. Кроме того, этот предложенный метод наиболее эффективен для получения диагностической информации о техническом состоянии узлов и объекта в целом в реальном масштабе времени, что особенно важно при эксплуатации инспекционно-досмотровых комплексов таможенных органов. Такой принцип организации технического обслуживания очень удобен, так как позволяет заблаговременно: осуществить планирование работ, подготовить соответствующую документацию, технику и обслуживающий персонал, сконцентрировать необходимые для обслуживания материальные средства. Показаны преимущества и достоинства предложенного метода.

**Ключевые слова:** инспекционно-досмотровый комплекс, контроль технического состояния, организация таможенного контроля

## METHOD OF CONTROL OF TECHNICAL CONDITION OF VEHICLE INSPECTION STATIONS OF THE CUSTOMS AUTHORITIES

**Bezuglov D.A., Verbov V.F.**

*Rostov branch of the Russian Customs Academy, Rostov-on-Don, e-mail: bezuglovda@mail.ru*

Global customs practice in recent times strives to eliminate the possibility of customs offences through the use of vehicle inspection stations. Inspection and inspection complexes belong to the category of complex technical systems. The quality of operation of complex systems is determined, of course, by their reliability, depending on a large number of different factors. In the paper we propose a new method of maintenance vehicle inspection stations according to their real technical condition. When using the method proposed in this work, there are no changes in the elements of the equipment that affect the quality, parameters and characteristics of this equipment. The method allows for circumstantial evidence to detect latent defects or to identify features that entail potential chance to malfunction, not to mention the obvious faults and failures in the controlled object. In addition, this proposed method is most effective for obtaining diagnostic information about the technical condition of the nodes and the object as a whole in real time, which is especially important in the operation of inspection complexes of customs authorities. This principle of the organization of maintenance is very convenient, because it allows you to advance: to carry out the planning of works, to prepare the appropriate documentation, equipment and maintenance personnel, to concentrate the necessary maintenance material. The advantages and advantages of the proposed method are shown.

**Keywords:** inspection and inspection complex, control of technical condition, organization of customs control

Мировая таможенная практика в последнее время стремится максимально исключить возможность таможенных правонарушений за счет использования для ее поиска специальной таможенной техники. В настоящее время наиболее совершенной и эффективной техникой для этих целей являются инспекционно-досмотровые комплексы (ИДК). Инспекционно-досмотровый комплекс – это техническое средство таможенного контроля, использующее проникающее рентгеновское излучение для получения изображения и предназначенное для анализа содержимого крупногабаритных грузов и транспортных средств [1].

ИДК можно отнести к категории сложных технических систем. Качество функционирования сложных систем определяется, безусловно, их надёжностью, зависящей от большого количества различных факторов. Любая сложная система имеет свой жизненный цикл, который включает в себя следующие связанные последовательно между собой стадии: проведение научных исследований и обоснование создания системы; создание и испытание опытного образца; серийное производство системы; эксплуатация системы; доработка (или модернизация) системы; капитальный ремонт; снятие системы с эксплуатации (списание, уничтожение).

Для должностных лиц подразделений таможенных органов, связанных с применением ИДК, наибольший интерес представляет стадия «Эксплуатация системы» [2].

*Цель настоящей работы* – разработка метода оценки технического состояния, позволяющего по косвенным признакам обнаружить скрытые дефекты либо выявить особенности, влекущие за собой потенциальную неисправность.

Стадия «Эксплуатация системы» включает в себя следующие этапы: приведение системы в готовность к применению по назначению; поддержание системы в постоянной готовности к применению; применение системы по назначению. Поддержание системы в постоянной технической готовности предполагает: техническое обслуживание (ТО) системы; контроль технического состояния и диагностику оборудования системы; устранение неисправностей (ремонт).

Надёжность – это свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования. Определяющей составляющей надёжности является безотказность. Безотказность системы характеризуется вероятностью безотказной работы системы  $P(t)$  за какое-то фиксированное время  $T$ . Теоретически данная вероятность принимает значения: от  $P(t) = 1$  (в момент принятия системы к эксплуатации) до  $P(t) = 0$  (при бесконечно длительной работе системы). Практически таких значений «1» и «0» не бывает – к этим значениям вероятность безотказной работы может только стремиться. В теории надёжности имеет место не только вероятность безотказной работы, но и вероятность отказа  $Q(t)$ , которая связана с  $P(t)$  выражением

$$P(t) + Q(t) = 1. \quad (1)$$

Выражение для определения вероятности безотказной работы имеет вид

$$P(t) = e^{-\lambda t}, \quad (2)$$

где  $\lambda$  – интенсивность отказа системы;  $t$  – текущее время работы системы.

Подставляя в формулу (2) значения интенсивности отказа и времени эксплуатации, можно определить значение  $P(t)$  за выбранное время  $T$ . Интенсивность отказа системы  $\lambda$  показывает, как часто система выходит из строя и складывается из интенсивностей отказов всех входящих в неё элементов (функциональных узлов).

Формула (2) справедлива для  $\lambda = \text{const}$ . Реально  $\lambda$  также зависит от текущего времени. Суммарная (общая) интенсивность отказов  $\lambda_o$  всей системы складывается из интенсивностей отказов каждого элемента и количества этих элементов:

$$\lambda_o = \sum_{i=1}^K n_i \lambda_i = n_1 \cdot \lambda_1 + n_2 \cdot \lambda_2 + \dots + n_i \cdot \lambda_i + \dots + n_K \cdot \lambda_K, \quad (3)$$

где  $\lambda_i$  – интенсивность отказов элементов  $i$ -й группы (пусть в системе всего  $K$  групп);  $n_i$  – количество элементов в  $i$ -й группе.

От значения суммарной интенсивности отказа  $\lambda_o$  зависит вероятность безотказной работы  $P(t)$  системы в целом, причём данная зависимость обратно пропорциональная: чем больше значение  $\lambda_o$  (т.е. чем сложнее система), тем меньше вероятность  $P(t)$ . Из этого следует вывод: чем проще система, тем она надёжнее. Однако в настоящее время простых систем (с минимальным количеством комплектующих элементов и узлов) практически нет.

Надёжность ИДК косвенно можно оценить и по значению коэффициента технической готовности в течение определённого интервала времени [3]:

$$K_T = \frac{T_{\text{НАР}}}{T_{\text{НАР}} + T_{\text{ВОС}}}, \quad (4)$$

где  $T_{\text{НАР}}$  – время наработки системы на отказ (или время нахождения ИДК в работоспособном состоянии);  $T_{\text{ВОС}}$  – время восстановления работоспособности системы.

Из формулы (4) следует, что значение коэффициента  $K_T$  будет тем больше, чем меньше значение времени  $T_{\text{ВОС}}$ , т.е. при условии оперативного устранения неисправностей в системе.

В теории надёжности есть такое понятие, как обобщённый показатель надёжности системы  $R(t)$ . Он представляет собой произведение целого ряда различных показателей, характеризующих надёжность, и определяет вероятность выполнения системой своей конечной, главной задачи. Для ИДК – это выпуск или невыпуск крупногабаритного объекта с зоны таможенного контроля. Применительно к ИДК обобщённый показатель надёжности можно записать в следующем виде:

$$R_{\text{ИДК}}(t) = K_T \cdot P_{\text{ОБ}}(t) \cdot P_{\text{ДС}}(t), \quad (5)$$

где  $K_T$  – коэффициент технической готовности ИДК;  $P_{\text{ОБ}}(t)$  – вероятность безотказной работы оборудования ИДК;  $P_{\text{ДС}}(t)$  – вероятность безотказной работы дежурной смены ИДК.

В свою очередь,  $P_{\text{ДС}}(t)$  складывается из вероятностей выполнения своих задач всеми операторами смены:

$$P_{\text{ДС}}(t) = P_{\text{СС}}(t) \cdot P_{\text{ВО}}(t) \cdot P_{\text{ОД}}(t) \cdot P_{\text{АИ}}(t), \quad (6)$$

где  $P_{\text{СС}}(t)$  – вероятность выполнения задач старшим смены;  $P_{\text{ВО}}(t)$  – вероятность выполнения задач водителем-оператором;  $P_{\text{ОД}}(t)$  – вероятность выполнения задач оператором управления движением;  $P_{\text{АИ}}(t)$  – вероятность выполнения задач оператором анализа информации (АИ) (или вероятность проведения оператором правильного анализа рентгеновского изображения контролируемого объекта).

Окончательно обобщённый показатель надёжности ИДК примет вид

$$R_{\text{ИДК}}(t) = K_{\Gamma} \cdot P_{\text{ОБ}}(t) \cdot P_{\text{СС}}(t) \cdot P_{\text{ВО}}(t) \cdot P_{\text{ОД}}(t) \cdot P_{\text{АИ}}(t). \quad (7)$$

При анализе данной формулы для простоты рассуждений примем следующие цифровые значения:  $K_{\Gamma} \approx 1$ ;  $P_{\text{ОБ}}(t) = 0,95$ ;  $P_{\text{СС}}(t) = P_{\text{ВО}}(t) = P_{\text{ОД}}(t) \approx 1$ ;  $P_{\text{АИ}}(t) = 0,8$ . Будем считать, что ИДК только введён в эксплуатацию и поэтому коэффициент его технической готовности близок к единице, а вероятность безотказной работы оборудования также очень высокая  $P_{\text{ОБ}}(t) = 0,95$ . Старший смены, водитель-оператор и оператор управления движением в меньшей степени принимают участие в процессе принятия окончательного решения по таможенному контролю крупногабаритного объекта, и поэтому их вероятности выполнения задач примем равными «1». Вероятность проведения правильного анализа рентгеновского изображения объекта оператором АИ, безусловно, будет намного меньше «1» (пусть в нашем примере – 0,8), так как на него воздействует большое количество внешних и внутренних возмущающих (отвлекающих) факторов.

Таким образом, обобщённый показатель надёжности ИДК в большей степени зависит от вероятности безотказной работы оборудования комплекса и вероятности проведения оператором АИ правильного анализа изображения.

Тогда  $R_{\text{ИДК}}(t) = 0,95 \times 0,8 = 0,76$ , т.е. вероятность выполнения ИДК своей конечной задачи становится ещё меньше. Очевидно, что для повышения значения  $R_{\text{ИДК}}(t)$  необходимо в первую очередь повышать значение вероятности  $P_{\text{АИ}}(t)$  и, безусловно, поддерживать в постоянной готовности к применению оборудование ИДК.

Таким образом, из приведённого выше следует, что применительно к деятельности таможен, эксплуатирующих ИДК, важнейшими направлениями деятельности по поддержанию надёжности комплексов в за-

данных пределах является их техническое обслуживание, контроль технического состояния и диагностика оборудования, а также оперативное устранение неисправностей (ремонт).

В настоящее время в подавляющем большинстве сложных систем техническое обслуживание проводится по календарному принципу, т.е. через заранее выбранные интервалы времени либо через определённое количество часов наработки. Так, в ИДК проводится: ежедневный контрольный осмотр; еженедельное техническое обслуживание; ежемесячное техническое обслуживание; ежеквартальное техническое обслуживание; сезонное (полугодовое) обслуживание; годовое техническое обслуживание [4].

Такой принцип организации технического обслуживания (ТО) очень удобен, так как позволяет заблаговременно: осуществить планирование работ, подготовить соответствующую документацию, технику (приборы) и обслуживающий персонал, сконцентрировать необходимые для обслуживания материальные средства и т.д.

При достижении вероятности безотказной работы  $P(t)$  минимального значения происходит капитальный ремонт системы или её списание (уничтожение). Однако календарный принцип организации ТО системы, несмотря на бесспорные достоинства, имеет три существенных недостатка:

– зачастую обязательному обслуживанию подвергается оборудование (или узлы), вообще не требующее никакого вмешательства. Но оно всё равно проводится, так как этого требует инструкция;

– календарное ТО – достаточно затратный вид обслуживания. Очевидно, что проведение даже еженедельного ТО требует соответствующих материальных затрат, не говоря уже о ежемесячном, ежеквартальном и другом обслуживании.

– при календарном техническом обслуживании ИДК выводится из досмотрового процесса на определённое время, которое определяется видом ТО, что также приводит к временным и экономическим потерям, а также к большему снижению значения коэффициента готовности комплекса.

Отмеченных недостатков лишено предлагаемое авторами техническое обслуживание систем по их реальному техническому состоянию. Это – так называемое ТО по РТС [5].

Все известные ИДК можно представить как совокупность различного электрооборудования (ЭО), и при контроле технического состояния всего комплекса в первую очередь, по мнению авторов, необходимо кон-

тролировать техническое состояние именно ЭО в силу его значимости.

Предлагаемый авторами новый подход к организации ТО включает в себя измерение параметров ЭО, которые изменяются в результате действия внешних факторов и старения, и проведение качественного анализа измеренных параметров на предмет их соответствия заданным значениям. После этого решается вопрос о проведении (или не проведении) того или иного вида работ по техническому обслуживанию оборудования, т.е. обслуживание оборудования организовывается в зависимости от его реального технического состояния.

По мнению авторов, данный вид ТО имеет большие перспективы. При реализации ТО по РТС работы на оборудовании необходимо будет проводить только тогда, когда контролирующая аппаратура зафиксирует снижение некоторого выбранного определяющего параметра работоспособности системы (напряжения, тока, частоты, напряжённости магнитного поля и др. или их комбинации) до соответствующего заданного минимально допустимого значения.

Снижение значения контролируемого параметра до минимально допустимого значения может произойти и через несколько лет, т.е. проводить еженедельное, ежемесячное, полугодовое и иное обслуживание, как указывалось выше, просто нет необходимости. Это позволит существенно экономить материальные и другие средства. Именно в этом заключается главное достоинство ТО по РТС.

При обслуживании оборудования по РТС необходимо использовать более глубокую количественную информацию о его техническом состоянии по сравнению с информацией только о моментах отказов оборудования. Эта информация формируется соответствующей контролирующей аппаратурой и берётся за основу при организации обслуживания по РТС. Именно большой объём информации о техническом состоянии оборудования позволяет так организовать его обслуживание по реальному состоянию, чтобы можно было значительно улучшить его эксплуатационные показатели.

Задачи, возникающие при организации обслуживания ЭО по РТС, могут быть сформулированы следующим образом: а) выбор оптимальных носителей диагностической информации; б) выбор минимально необходимого числа контролируемых параметров, несущих достаточную информацию о состоянии системы в любой момент времени; в) обоснование допустимых областей изменения выбранных для контроля параметров; г) разработка алгоритмов математического

обеспечения для обоснования программ эксплуатации по ФТС; д) создание технических средств контроля и диагностики, обеспечивающих высокую точность измерения параметров в пределах допустимых областей изменения и определения места неисправности, а также создание устройств и систем регистрации и оперативной обработки измеренной информации. Первые четыре задачи реализовать достаточно просто. Пятая задача реализуется на сегодняшний день пока намного сложнее.

Известны различные стратегии проведения ТО по РТС, но все они объединяются в две большие группы: с контролем уровня надёжности и с контролем параметров обслуживаемых объектов. Техническое обслуживание с контролем уровня надёжности заключается в оперативном сборе, обработке и анализе данных о надёжности и эффективности функционирования совокупности однотипных элементов (узлов) и принятии решений о необходимых объёмах профилактических работ для всей совокупности элементов (узлов) или для определённой их группы. Замена же каждого из элементов этой совокупности производится после его отказа, являющегося безопасным для функционирования объекта в целом.

Техническое обслуживание с контролем параметров предусматривает непрерывный или периодический контроль и измерение параметров функциональных элементов (узлов), определяющих техническое состояние объекта в целом. Решение о замене или проведении на них ТО принимается тогда, когда значения их контролируемых параметров достигают предопределённых уровней.

Встроенные системы контроля, используемые в том числе и в ИДК, не всегда позволяют осуществлять контроль параметров и диагностику технического состояния элементов и узлов оборудования в штатном режиме в процессе его функционирования. В ходе таких проверок контролируемый узел может выключаться из общей структуры на время контроля и после проведения контроля рабочий режим оборудования восстанавливается после определённого времени.

Бесконтактные же методы контроля позволяют получать диагностическую информацию о состоянии элементов оборудования в процессе их работы в штатном режиме без оказания на работу всего оборудования какого-либо влияния и дополнительных воздействий.

Рассмотрим возможности данных внешних полей с целью выбора наилучшего.

1. Внешнее магнитное поле. Это поле возникает вокруг только работающего электрооборудования. Источниками магнитного

поля являются электрические токи и намагниченные тела. Внешнее магнитное поле (ВМП) выходит за пределы корпусов оборудования даже при наличии экранов и заземлений. Любое изменение режима работы или технического состояния функциональных узлов электрооборудования (выпрямителей, трансформаторов, инверторов и др.) приводит к изменению параметров результирующего внешнего магнитного поля.

2. Внешнее электрическое поле. Данное поле создаётся заряженными телами, между которыми существует разность потенциалов. Обычно излучателем электрического поля является электрический диполь. Использовать изменение параметров этого поля для бесконтактного контроля и диагностики возможно только в случае отсутствия экранов у работающего электрооборудования. Это существенно снижает возможности использования внешнего электрического поля по сравнению с магнитным в качестве носителя информации.

Таким образом, наиболее перспективным носителем информации для реализации бесконтактного метода контроля технического состояния и диагностирования электрооборудования следует считать именно ВМП.

#### Выводы

При использовании предложенного в данной работе метода ТО по РТС в элементах оборудования не происходит каких-

либо изменений, влияющих на качество, параметры и характеристики этого оборудования. Метод позволяет по косвенным признакам обнаружить скрытые дефекты либо выявить особенности, влекущие за собой потенциальную неисправность, не говоря уже о явных неисправностях и отказах в контролируемых объектах. Кроме того, этот предложенный метод наиболее эффективен для получения диагностической информации о техническом состоянии узлов и объекта в целом в реальном масштабе времени, что особенно важно при переходе к организации ТО по РТС.

#### Список литературы

1. Таможенный кодекс ЕАЭС. – М.: ООО «Проспект», 2017. – 512 с.
2. Вербов В.Ф. Теоретические основы надёжности инспекционно-досмотровых комплексов // Академический вестник Ростовского филиала Российской таможенной академии. – 2016. – № 2. – С. 12–18.
3. «Об утверждении аналитической программы ФТС России «Организация эксплуатации инспекционно-досмотровых комплексов в таможенных органах Российской Федерации» на 2016–2018 год»: Приказ ФТС России от 20.01.2016 № 75 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi> (дата обращения: 14.04.2018).
4. Сапожников В.В. Основы технической диагностики: учебное пособие для студентов вузов ж.д. транспорта. – М.: Маршрут, 2004. – 318 с.
5. Вербов В.Ф., Просянников Б.Н., Сукиязов А.Г. Новое направление в техническом обслуживании инспекционно-досмотровых комплексов при их длительной эксплуатации // Вестник Российской таможенной академии. – 2017. – № 2. – С. 34–46.