

ОЦЕНКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПОВЕРОЧНЫХ ОРГАНОВ

А. С. Ефремов¹, Д. С. Васюкович², С. В. Пузанков³

^{1, 2, 3} Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского, Санкт-Петербург, Россия
^{1, 2, 3} vka@mil.ru

Аннотация. *Актуальность и цели.* Важной составляющей метрологического обеспечения технических систем является поверка средств измерений, выполняемая в поверочных подразделениях, входящих в состав метрологических служб. От эффективности функционирования поверочных органов в существенной степени зависит качество функционирования технических систем в целом. Актуальность темы обусловлена важностью задач обеспечения эффективности поверочной деятельности при организации работ поверочных органов. Целью работы является анализ и обоснование состава показателей эффективности поверочных работ, разработка и описание подходов к их расчету с учетом структурно-функциональных параметров системы поверочных органов. *Материалы и методы.* Исследования основываются на использовании теории вероятности, теории массового обслуживания, теории надежности и квалиметрии применительно к задачам оценки эффективности функционирования системы поверочных органов. *Результаты.* Рассмотрен состав показателей результативности, оперативности и ресурсоемкости для оценки эффективности выполнения поверочных работ. Приведено описание и основные расчетные соотношения для определения показателей применительно к распределенной системе источников заявок на обслуживание и поверочных органов. *Выводы.* С использованием рассмотренных подходов может быть определен ряд важных технико-экономических показателей эффективности поверочных работ в системе поверочных органов. Результаты могут быть использованы как при анализе и оценке результатов деятельности существующих поверочных органов, так и при обосновании вариантов организации и планирования поверочных работ.

Ключевые слова: поверка средств измерений, поверочные органы, эффективность, результативность, оперативность, ресурсоемкость, технико-экономические показатели

Для цитирования: Ефремов А. С., Васюкович Д. С., Пузанков С. В. Оценка технико-экономической эффективности функционирования системы поверочных органов // Измерения. Мониторинг. Управление. Контроль. 2022. № 3. С. 47–55. doi:10.21685/2307-5538-2022-3-5

ASSESSMENT OF THE TECHNICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF THE FUNCTIONING OF THE SYSTEM OF VERIFICATION BODIES

A.S. Efremov¹, D.S. Vasyukovich², S.V. Puzankov³

^{1, 2, 3} Military Space Academy named after A.F. Mozhaisky, St. Petersburg, Russia
^{1, 2, 3} vka@mil.ru

Abstract. *Background.* An important component of the metrological support of technical systems is the verification of measuring instruments, performed in the verification departments that are part of the metrological services. The quality of functioning of technical systems as a whole largely depends on the effectiveness of the functioning of verification bodies. The relevance of the topic is due to the importance of the tasks of ensuring the effectiveness of verification activities in the organization of the work of verification bodies. The purpose of the work is to analyze and justify the composition of the performance indicators of verification work, to develop and describe approaches to their calculation, taking into account the structural and functional parameters of the system of verification bodies. *Materials and methods* The research is based on the use of probability theory, queuing theory, reliability theory and qualimetry in relation to the problems of evaluating the effectiveness of the system of verification bodies. *Results.* The composition of indicators of effectiveness, efficiency and resource intensity for assessing the effectiveness of verification work is considered. A description and basic calculation ratios for determining indicators in relation to a distributed system of sources of service requests and verification bodies are given. *Conclusion.* Using the considered approaches, a number of important technical and economic indicators of the effectiveness of verification work in the system of verification bodies can be determined. The results can be used both in the analysis and evaluation

of the results of the activities of existing verification bodies, and in substantiating options for organizing and planning verification work.

Keywords: verification of measuring instruments, verification bodies, efficiency, effectiveness, resource intensity, technical and economic indicators

For citation: Efremov A.S., Vasyukovich D.S., Puzankov S.V. Assessment of the technical and economic efficiency of the functioning of the system of verification bodies. *Izmereniya. Monitoring. Upravlenie. Kontrol' = Measurements. Monitoring. Management. Control*. 2022;(3):47–55. (In Russ.). doi:10.21685/2307-5538-2022-3-5

Введение

Одной из форм государственного регулирования в области обеспечения единства измерений является поверка средств измерений – совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерений установленным метрологическим требованиям¹. Поверка средств измерений производится в поверочных органах (организациях, подразделениях), входящих в структуру государственной и ведомственных метрологических служб и аккредитованных в соответствии с законодательством Российской Федерации.

При оценке результатов производственной деятельности метрологических служб, обосновании состава и порядка функционирования поверочных подразделений ведомственных метрологических служб, при организации и планировании работ по поверке средств измерений становится необходимой оценка их качества. Наиболее полно качество сложных технических систем, к которым относятся и поверочные подразделения, можно оценить по совокупности технико-экономических показателей, характеризующих процессы их целевого функционирования – показателей эффективности.

Постановка задачи

Под эффективностью в соответствии с работами [1, 2] понимают комплексное операционное свойство целенаправленного процесса функционирования, характеризующее его приспособленность к выполнению стоящей перед системой задачи. Применительно к основной производственной деятельности поверочных органов целенаправленным процессом их функционирования является процесс поверки средств измерений. Эффективность такого процесса является комплексным свойством, для количественной оценки которого следует использовать совокупность показателей. Состав показателей эффективности поверочной деятельности должен определяться целями и задачами исследований и отвечать при этом требованиям полноты, доступности (измеряемости), адекватности, наличия физического смысла, универсальности, избыточности.

Анализ процессов функционирования поверочных органов государственной и ведомственных метрологических служб, а также известных подходов к оценке их качества свидетельствуют о том, что в обобщенном виде содержание их деятельности состоит в выполнении в соответствии с имеющимися требованиями некоторых объемов и видов поверочных работ при использовании для этого временных и иных (технических, энергетических, финансовых и пр.) ресурсов. В соответствии с этим деятельность поверочных органов целесообразно характеризовать показателями, которые можно разделить на три группы:

- функциональные показатели, характеризующие достижение целевого (полезного) эффекта – выполнения с требуемым качеством поверки некоторого количества средств измерений определенных типов;
- временные показатели, характеризующие продолжительности основных составляющих процессов функционирования поверочных органов и поверки средств измерений;
- показатели ресурсоемкости, характеризующие затраты ресурсов различных видов на создание и функционирование поверочных органов. Отметим, что показатели данной группы могут быть сведены к экономическим показателям посредством пересчета затрат ресурсов различных видов в соответствующие стоимостные затраты.

С учетом изложенного и общих принципов оценки эффективности сложных технических систем [1, 2] технико-экономическую эффективность функционирования поверочных ор-

¹ Об обеспечении единства измерений : федер. закон № 102-ФЗ от 26.06.2008.

ганов целесообразно рассматривать как комплексное свойство, объединяющее частные свойства: результативность, оперативность и ресурсоемкость. Соответственно, в качестве показателей эффективности функционирования поверочных органов и выполнения работ по поверке средств измерений целесообразно использовать набор технико-экономических показателей, представленный в обобщенном виде

$$Y = (Y_R, Y_T, Y_C) \quad (1)$$

где Y_R – показатели результативности, характеризующие степень соответствия достигаемых полезных результатов функционирования поверочных органов предъявляемым требованиям; Y_T – показатели оперативности, характеризующие временные составляющие процессов функционирования поверочных органов и поверки средств измерений; Y_C – экономические (стоимостные) показатели, характеризующие в стоимостном выражении составляющие затрат различных видов на построение и функционирование системы поверочных органов.

Рассматриваемые частные показатели эффективности могут быть представлены как некоторые функции от параметров системы поверки в обобщенном виде

$$Y = f(X_1, X_2), \quad (2)$$

где X_1 – вектор параметров и характеристик совокупности объектов обслуживания (число и типы поверяемых средств измерений, нагрузочные характеристики потоков заявок на обслуживание, распределение нагрузки между поверочными органами и пр.); X_2 – вектор структурных и функциональных параметров системы поверочных органов (территориальное расположение, области аккредитации, количество и типы рабочих мест, порядок и интенсивности обслуживания и пр.); Y – обобщенное обозначение частного показателя эффективности.

Состав и порядок расчета показателей

При выборе показателей результативности Y_R следует исходить из того, что в общем случае результатом деятельности является достижение поставленной цели, а результативность характеризует степень достижения цели (целевой эффект) запланированной деятельности. При этом цель определяет планируемый результат деятельности.

Применительно к рассматриваемой задаче основная цель функционирования поверочных органов может быть определена как качественное выполнение за установленный интервал времени (например, за год) некоторого запланированного количества поверок средств измерений различных типов в соответствии с имеющейся областью аккредитации поверочного органа. Будем при этом полагать, что функционирование системы происходит в установившемся режиме, объемы поверочных работ на рассматриваемый период определены потребностями обслуживаемых организаций – владельцев средств измерений и заведомо соответствуют потенциальной производительности поверочных органов.

В силу тех или иных случайных факторов и причин при неизменных характеристиках входного потока заявок на поверку фактически достигаемый результат деятельности становится случайным, т.е. по факту результат поверочных работ может отличаться от запланированного. Причина такого несоответствия результата поставленной цели может состоять в неполном соответствии возможностей поверочных органов характеристикам потока заявок (например, при неполном соответствии области аккредитации, недоукомплектованности средствами поверки), в снижении производительности по причине временного отсутствия отдельных средств поверки на рабочих местах, а также в недостаточном качестве поверочных работ, выражающемся в получении неверных результатов поверки.

В качестве наиболее полной характеристики результативности поверочной деятельности могла бы использоваться вероятность достижения цели $P_{\text{ДЦ}}(T_{\text{пл}})$ – вероятность того, что за установленный интервал времени $T_{\text{пл}}$ объем качественно выполненных поверочных работ окажется не меньше, чем изначально было запланировано, т.е.

$$P_{\text{ДЦ}}(T_{\text{пл}}) = P(N_p(T_{\text{пл}}) \geq N_0(T_{\text{пл}})), \quad (3)$$

где $N_0(T_{\text{пл}})$ – запланированный на интервал времени $T_{\text{пл}}$ объем поверочных работ; $N_p(T_{\text{пл}})$ – объем качественно выполненных (результативных) поверочных работ за время $T_{\text{пл}}$.

Для расчета значений показателей вида (3) требуется аналитическое выражение функции распределения вероятностей целевого результата функционирования. Корректное определение такой аналитической зависимости является достаточно сложной задачей. Поэтому в качестве оценки степени достижения цели функционирования поверочных органов представляется возможным использовать показатель, характеризующий соотношение между фактическими результативными и плановыми объемами поверочных работ, т.е. отношение количества качественно выполненных за плановый период проверок средств измерений к числу запланированных проверок.

Если при этом речь идет о проверке средств измерений K типов, и $N_k(T_{\text{пл}})$ ($k = \overline{1, K}$) – количество проверок средств измерений k -го типа за интервал времени $T_{\text{пл}}$, то показатель результативности может быть определен в виде соотношения

$$R = \frac{N_p(T_{\text{пл}})}{N_0(T_{\text{пл}})} = \sum_{k=1}^K N_{k_p}(T_{\text{пл}}) / \sum_{k=1}^K N_{k_0}(T_{\text{пл}}). \quad (4)$$

Отметим, что показатель вида (4) может быть использован для случая, когда проверка средств измерений разных типов имеет одинаковую ценность (или важность).

Если поток заявок на поверку формируется из нескольких типов средств измерений, для каждого из которых известны средние величины межповерочных интервалов, общее количество проверок средств измерений всех типов за плановый период может быть определено выражением

$$N_0(T_{\text{пл}}) = \sum_{k=1}^K n_k \lambda_k T_{\text{пл}}, \quad (5)$$

где n_k и λ_k ($k = \overline{1, K}$) – количество средств измерений k -го типа и интенсивность потока заявок на поверку от средств k -го типа соответственно, при этом $\lambda = 1/T_{\text{п}}$, $T_{\text{п}}$ – средний интервал времени между двумя последовательными заявками на поверку.

При определении фактически выполняемого объема поверочных работ будем иметь в виду, что в установившемся режиме при условии отсутствия перегрузок и отказов в обслуживании производительность системы (интенсивность потока обслуженных заявок) совпадает с интенсивностью поступления заявок в систему [3]. Однако, как уже отмечалось, при неизменных характеристиках входного потока заявок на поверку фактически достигаемый за заданное время объем качественно выполненных поверочных работ может отличаться от запланированного по ряду причин.

Укомплектованность поверочного органа средствами проверки и соответствие его областей аккредитации потребностям в удовлетворении заявок на поверку k -го типа может быть учтена с использованием коэффициента укомплектованности K_{y_k} , принимающего значения 0 или 1:

$$K_{y_k} = \begin{cases} 1, & \text{если заявка } k\text{-го типа может быть обслужена,} \\ 0, & \text{если заявка } k\text{-го типа не может обслуживаться.} \end{cases} \quad (6)$$

Временное отсутствие отдельных средств проверки на рабочих местах поверителей по причинам выполнения на них плановых и внеплановых мероприятий по управлению их техническим состоянием (техническое обслуживание, ремонт, аттестация или поверка и пр.) целесообразно учесть применением коэффициента технического использования [4]. Будем при этом считать, что в составе рабочего места по поверке имеется некоторое количество средств

поверки (рабочих эталонов и вспомогательных средств). Причем отсутствие по любым причинам хотя бы одного из них приводит к невозможности выполнения полноценной поверки средств измерений на данном рабочем месте, что равносильно отказу в обслуживании и простою данного рабочего места в целом. Поэтому если в составе рабочего места для поверки средств измерений k -го типа применяется R_k средств поверки ($k = \overline{1, K}$), то коэффициент технического использования данного рабочего места определится выражением

$$K_{\text{ТИ}_k} = \prod_{r=1}^{R_k} K_{\text{ТИ}_r}. \quad (7)$$

С учетом указанных обстоятельств может быть определено среднее количество фактически выполняемых за плановый интервал времени поверок средств измерений всех типов:

$$N_{\phi}(T_{\text{пл}}) = \sum_{k=1}^K K_{y_k} K_{\text{ТИ}_k} n_k \lambda_k T_{\text{пл}}. \quad (8)$$

Однако в составе фактически выполненных поверочных работ результативными можно считать только те, которые выполнены качественно, т.е. при их выполнении не допущено ошибок, и результаты поверки являются правильными, т.е. соответствуют действительности. Поверка с ошибочным результатом, хотя на нее и затрачены ресурсы и время, не должна быть учтена в составе результативных.

Целью поверки является подтверждение соответствия средств измерений метрологическим требованиям¹, а результатом поверки – заключение о пригодности (или непригодности) средства измерений к применению. Исходя из этого, результаты поверки будем считать правильными, если в соответствии с ними фактически метрологически исправное средство измерений признано пригодным, а метрологически неисправное средство измерений – непригодным. Тогда вероятность правильного (результативного) выполнения поверки может быть оценена следующим выражением:

$$P_p = P_{\text{МИ}}(1 - \alpha) + (1 - P_{\text{МИ}})(1 - \beta), \quad (9)$$

где $P_{\text{МИ}}$ и $(1 - P_{\text{МИ}}) = P_{\text{МО}}$ – вероятность нахождения поверяемого средства измерений на момент поверки в состоянии метрологической исправности и метрологической неисправности (метрологический отказ) соответственно; α – вероятность ошибочного признания метрологически исправного средства измерений метрологически неисправным (ошибка 1-го рода); β – вероятность ошибочного признания метрологически неисправного средства измерений метрологически исправным (ошибка 2-го рода).

Значение указанной вероятности для разных типов поверяемых средств измерений будет различным. При этом для большой группы однотипных средств измерений в стационарном режиме функционирования значение вероятности, определяемой выражением (9), будет характеризовать долю правильных исходов поверок относительно числа фактически выполненных: $N_{p_k}(T_{\text{пл}}) / N_{\phi_k}(T_{\text{пл}})$.

В результате показатель (4) результативности функционирования поверочного органа может быть определен в виде соотношения

$$R = \frac{N_p(T_{\text{пл}})}{N_o(T_{\text{пл}})} = \sum_{k=1}^K P_{p_k} K_{y_k} K_{\text{ТИ}_k} n_k \lambda_k / \sum_{k=1}^K n_k \lambda_k. \quad (10)$$

Как видно из выражения (10), данный показатель имеет физический смысл коэффициента удельной производительности поверочного органа, определяемого с учетом укомплектованности и технической готовности средств поверки, а также правильности результатов поверки.

¹ Об обеспечении единства измерений : федер. закон № 102-ФЗ от 26.06.2008.

Как уже отмечалось, применение показателя вида (4) более корректно в случае, если проверка средств измерений разных типов имеет одинаковую значимость (важность). Однако во многих реальных ситуациях это не так. Наличие поверенных средств измерений одного типа может быть более важным для решения задач более высокого уровня и функционирования системы в целом, чем средств измерений другого типа. Наиболее актуален учет важности средств измерений может быть при оценке результативности поверочных работ в ведомственной метрологической службе, где и применение средств измерений по назначению, и их метрологическое обслуживание должны быть подчинены достижению единых целей. В зависимости от типа средства измерений, места и задач их применения по назначению возможно различное влияние на целевой полезный эффект функционирования, например, на некоторый обобщенный показатель качества функционирования всей системы. Для такой ситуации целесообразно дополнить ранее полученные выражения для показателя результативности применением средневзвешенных показателей. Учесть важность (значимость) различных типов средств измерений при этом возможно с использованием коэффициентов весомости.

Коэффициенты весомости m_k ($k = \overline{1, K}$) представляют собой безразмерные величины, отражающие влияние средств измерений различных типов, задействованных в общей задаче, на достижение полезного эффекта.

Определение коэффициентов весомости может быть выполнено с использованием различных методов, например, экспертного, стоимостного, метода эквивалентных соотношений и др. [5]. Применительно к рассматриваемой задаче представляется целесообразным использование метода эквивалентных соотношений, который в данном случае заключается в определении изменения в процентах обобщенного показателя качества функционирования системы в целом ΔQ_k в зависимости от изменения в процентах продолжительности $\Delta \tau_k$ использования при функционировании системы средств измерений k -го типа. В этом случае коэффициенты весомости могут быть вычислены через соотношение

$$m_k = \frac{\Delta Q_k}{\Delta \tau_k}. \quad (11)$$

Большее значение коэффициента весомости будет у того средства измерений, которое при равном с другими средствами измерений приращении времени использования дает большее приращение обобщенного показателя качества функционирования системы в целом.

В этом случае с учетом различной важности средств измерений показатель результативности может быть определен выражением

$$R = \sum_{k=1}^K m_k N_{k_p}(T_{пл}) / \sum_{k=1}^K m_k N_{k_0}(T_{пл}). \quad (12)$$

При оценке эффективности функционирования поверочных органов, помимо достигнутого результата, значимыми также являются временные характеристики процесса, а также задействованные и расходуемые при функционировании ресурсы.

Оперативность определяется расходом времени, потребного для достижения цели функционирования системы, а также необходимого для выполнения основных составляющих процессов функционирования поверочных органов и поверки средств измерений, и характеризуется показателями оперативности Y_T .

В качестве вероятностно-временного показателя оперативности деятельности поверочного органа можно использовать вероятность того, что фактическое время τ_ϕ выполнения требуемого объема N_0 работ по поверке не превысит планового $T_{пл}$:

$$P_{N_0}(T_{пл}) = P_{N_0}(\tau_\phi \leq T_{пл}). \quad (13)$$

Помимо показателя (12), для определения которого необходимы данные о законе распределения времени обслуживания, в составе показателей оперативности целесообразно использовать средние времена обслуживания заявок в целом, а также отдельных составляющих процесса поверки и функционирования поверочного органа.

Среднее время обслуживания заявки на поверку $\tau_{\text{обсл}}$ складывается из времени доставки средства измерений (туда и обратно) $\tau_{\text{тр}}$, времени ожидания в очереди $\tau_{\text{ож}}$ и, собственно, времени выполнения поверки $\tau_{\text{п}}$, и для средств измерений k -го типа определяется как

$$\tau_{\text{обсл}_k} = \tau_{\text{тр}_k} + \tau_{\text{ож}_k} + \tau_{\text{п}_k}. \quad (14)$$

Значения указанных составляющих определяются совокупностью характеристик потоков заявок на обслуживание, а также структурных и функциональных параметров системы поверочных органов [6].

Информативным показателем также является средняя доля времени, в течение которого средство измерений отсутствует на месте штатной эксплуатации по причине проведения поверки. Для стационарного режима эксплуатации данная величина имеет физический смысл оценки вероятности застать средство измерений в произвольный момент времени в состоянии нахождения на поверке (включая время доставки и ожидания обслуживания) и может быть определена выражением

$$P_{nk} = \frac{1}{n_k T_{\text{пл}}} \sum_{i=1}^{n_k} \tau_{\text{обсл}_{ki}}(T_{\text{пл}}), \quad (15)$$

где $\tau_{\text{обсл}_{ki}}(T_{\text{пл}})$ – общая продолжительность нахождения i -го средства измерений k -го типа на поверке за интервал времени $T_{\text{пл}}$.

Эффективность поверочной деятельности характеризуется соотношением достигнутых результатов поверки и задействованных при этом ресурсов. Как уже отмечалось, показатели ресурсоемкости могут быть сведены к стоимостным показателям Y_C , характеризующим в денежном выражении составляющие затрат различных видов.

В состав стоимостных показателей входят составляющие единовременных и текущих затрат, которые с учетом применения годового планирования поверочных работ принято приводить к одному году. Суммарные затраты на организацию и проведение поверки могут быть оценены через величину приведенных затрат, определяемых соотношением

$$Z_{\text{пр}} = C_{\text{тек}} + E_n K, \quad (16)$$

где $C_{\text{тек}}$ – суммарные за год текущие затраты; K – суммарные единовременные капитальные затраты на создание системы; E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

В составе суммарных затрат можно выделить составляющие затрат поверочных органов и затрат организаций – владельцев средств измерений. Последние, в свою очередь, складываются из транспортных затрат, затрат, собственно, на выполнение поверки, а также потерь, обусловленных отсутствием средств измерений на местах их эксплуатации. Порядок расчета составляющих затрат применительно к распределенной системе объектов и поверочных органов рассмотрен в работе [7]. В составе экономических показателей могут использоваться также чистый доход, срок окупаемости, индексы доходности и др.

Оценка эффективности поверочной деятельности может быть необходима как при анализе процессов функционирования, так и при решении задач структурно-параметрического синтеза системы поверочных органов в составе метрологических служб. В общем случае задача выбора варианта по совокупности показателей $Y = (Y_R, Y_T, Y_C)$ является многокритериальной. В некоторых случаях ее сводят к однокритериальной посредством введения обобщенного показателя эффективности. Для оценки эффективности функционирования поверочных органов с использованием рассмотренных показателей необходимо формирование критерия – правила, по которому принимается решение об уровне эффективности. Выбор такого критерия является субъективным, творческим процессом и определяется спецификой решаемой задачи и системой предпочтений лица, принимающего решение.

Заключение

С использованием рассмотренных подходов может быть определен ряд важных технико-экономических показателей эффективности поверочных работ. Приведенные результаты могут быть использованы как при анализе и оценке результатов деятельности существующих поверочных органов, так и выборе рациональных или оптимальных вариантов организации и планирования поверочных работ в создаваемой ведомственной системе поверочных органов. Формирование критериев выбора и определение предпочтительных вариантов является задачей, требующей отдельного рассмотрения.

Список литературы

1. Петухов Г. Б. Основы теории эффективности целенаправленных процессов. Ч. 1. Методология, методы, модели. Л. : Министерство обороны СССР, 1989. 647 с.
2. Петухов Г. Б., Якунин В. И. Методологические основы внешнего проектирования целенаправленных процессов и целеустремленных систем. М. : АСТ, 2006. 502 с.
3. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. М. : Машиностроение, 1979. 432 с.
4. Дорохов А. Н., Керножицкий В. А., Миронов А. Н., Шестопалова О. Л. Обеспечение надежности сложных технических систем. СПб. : Лань, 2016. 352 с.
5. Аристов О. В. Управление качеством. М. : ИНФРА-М, 2020. 224 с.
6. Ефремов А. С., Швед А. С., Лукичев Л. В. Структурно-функциональная модель распределенной системы поверочных органов // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2020. № 2. С. 22–30. doi:10.21685/2307-5538-2020-2-3
7. Ефремов А. С., Иванов А. В., Лукичев Л. В. Определение показателей качества организации поверочных работ в децентрализованной распределенной системе поверочных органов // Измерения. Мониторинг. Управление. Контроль. 2021. № 2. С. 30–38. doi:10.21685/2307-5538-2021-2-4

References

1. Petukhov G.B. *Osnovy teorii effektivnosti tselenapravlennykh protsessov. Ch. 1. Metodologiya, metody, modeli = Fundamentals of the theory of the effectiveness of purposeful processes. Part 1. Methodology, methods, models.* Leningrad: Ministerstvo oborony SSSR, 1989:647. (In Russ.)
2. Petukhov G.B., Yakunin V.I. *Metodologicheskie osnovy vneshnego proektirovaniya tselenapravlennykh protsessov i tselestremennykh system = Methodological foundations of external design of purposeful processes and purposeful systems.* Moscow: AST, 2006:502. (In Russ.)
3. Kleynrok L. *Teoriya massovogo obsluzhivaniya = Theory of queuing.* Moscow: Mashinostroyeniye, 1979:432. (In Russ.)
4. Dorokhov A.N., Kernozhitskiy V.A., Mironov A.N., Shestopalova O.L. *Obespechenie nadezhnosti slozhnykh tekhnicheskikh system = Ensuring the reliability of complex technical systems.* Saint Petersburg: Lan', 2016:352. (In Russ.)
5. Aristov O.V. *Upravleniye kachestvom = Quality management.* Moscow: INFRA-M, 2020:224. (In Russ.)
6. Efremov A.S., Shved A.S., Lukichev L.V. Structural and functional model of a distributed system of verification organs. *Izmerenie. Monitoring. Upravlenie. Kontrol' = Measurement. Monitoring. Management. Control.* 2020;(2):22–30. (In Russ.). doi:10.21685/2307-5538-2020-2-3
7. Efremov A.S., Ivanov A.V., Lukichev L.V. Determination of quality indicators of the organization of verification work in a decentralized distributed system of verification bodies. *Izmereniya. Monitoring. Upravleniye. Kontrol' = Measurements. Monitoring. Management. Control.* 2021;(2):30–38. (In Russ.). doi:10.21685/2307-5538-2021-2-4

Информация об авторах / Information about the authors

Андрей Станиславович Ефремов

кандидат технических наук, доцент,
преподаватель кафедры метрологического
обеспечения вооружения, военной
и специальной техники,
Военно-космическая академия
имени А. Ф. Можайского
(Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13)
E-mail: vka@mil.ru

Andrey S. Efremov

Candidate of technical sciences, associate professor,
lecturer of the sub-department
of metrological support of arms,
Military Space Academy
named after A.F. Mozhaisky
(13 Zhdanovskaya street, St. Petersburg, Russia)

Дмитрий Степанович Васюкович

соискатель,
Военно-космическая академия
имени А. Ф. Можайского
(Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13)
E-mail: vka@mil.ru

Dmitriy S. Vasyukovich

Applicant,
Military Space Academy
named after A.F. Mozhaisky
(13 Zhdanovskaya street, St. Petersburg, Russia)

Сергей Владимирович Пузанков

адъюнкт,
кафедра метрологического обеспечения
вооружения, военной и специальной техники,
Военно-космическая академия
имени А. Ф. Можайского
(Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Ждановская, 13)
E-mail: vka@mil.ru

Sergey V. Puzankov

Adjunct,
sub-department of metrological support of arms,
military and special equipment,
Military Space Academy
named after A.F. Mozhaisky
(13 Zhdanovskaya street, St. Petersburg, Russia)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов /
The authors declare no conflicts of interests.

Поступила в редакцию/Received 25.03.2022

Поступила после рецензирования/Revised 25.04.2022

Принята к публикации/Accepted 23.05.2022