

А. Н. Дорохов, С. Г. Ковалевский, А. В. Лукичев

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ПОДМЕННОГО ФОНДА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ВЕДОМСТВЕННЫХ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

A. N. Dorokhov, S. G. Kovalevsky, L. V. Lukichev

DETERMINATION OF THE VOLUME OF THE REPLACEMENT FUND OF MEASUREMENTS INSTRUMENTS DURING VERIFICATION IN THE DEPARTMENTAL METROLOGICAL UNITS

А н н о т а ц и я. Актуальность и цели. Проведение поверки средств измерений зачастую сопряжено с необходимостью длительного их изъятия из эксплуатирующих организаций. Выходом в данной ситуации является формирование подменного фонда средств измерений в ведомственных метрологических подразделениях. Таким образом, актуальность работы обусловлена необходимостью обоснования состава такого подменного фонда. В связи с этим авторы работы ставили перед собой целью получение адекватных расчетных соотношений, которые позволили бы определить объем подменного фонда средств измерений, обеспечивающий нормальное функционирование ведомственного метрологического подразделения. **Результаты.** В работе для оценки эффективности функционирования ведомственного метрологического подразделения использован математический аппарат замкнутой многоканальной системы массового обслуживания с неограниченной очередью. На основе комплексных показателей эффективности авторы получили соотношения, позволяющие определить необходимый объем подменного фонда средств измерений ведомственных метрологических подразделений. **Выводы.** Полученные в работе соотношения позволяют провести оценку целесообразности создания обменного фонда и рассчитать его объем. Адекватность таких оценок способствует сокращению избыточности средств измерений и, как следствие, снижению затрат на их закупку, эксплуатацию, обслуживание и утилизацию. С другой стороны, наличие правильно сформированного обменного фонда повышает готовность организаций, решающих целевые задачи, что подтверждается полученными в работе соотношениями.

A b s t r a c t. Background. Verification of measuring instruments often involves the need for long-term removal from operating organizations. The decision in this situation is the formation of a exchange fund of measuring instruments in departmental metrological divisions. Thus, the relevance of the work is due to the need to justify the composition of such a exchange fund. In this regard, the authors of the work set themselves the goal of obtaining adequate calculation ratios that would make it possible to determine the volume of the exchange fund of measuring instruments, which ensures the normal functioning of the departmental metrological division. **Results.** In work for assess the efficiency of the departmental metrological division a mathematical apparatus of a closed multi-channel queuing system with an unlimited queue is used. Based on complex performance indicators, the authors obtained ratios that allow determining the necessary amount of the exchange fund of measuring instruments of departmental

metrological divisions. **Conclusion.** The ratios obtained in the work make it possible to assess the feasibility of creating an exchange fund and calculate its volume. The adequacy of such estimates helps to reduce the redundancy of measuring instruments, and, as a result, reduces the cost of their purchase, operation, maintenance and disposal. On the other hand, the presence of a properly formed exchange fund increases the readiness of organizations solving target tasks, which is confirmed by the ratios obtained in the work.

К л ю ч е в ы е с л о в а: ведомственные метрологические подразделения, подменный фонд, поверка средств измерений, система массового обслуживания.

Key words: departmental metrological divisions, replacement fund, calibration of measuring instruments, queuing system.

Решение целевых задач во многих областях человеческой деятельности при современном уровне развития техники требует использования средств измерений (СИ), позволяющих обеспечить требуемую точность и достоверность измерений. Использование точно измеренного количества вещества в нанотехнологиях, заправка ракеты-носителя при выведении космического аппарата, обеспечение действия высокоточных производственных линий в современных производствах предполагают наличие единства измерений и качественного метрологического обеспечения. Эксплуатационно-технические характеристики технических систем, решающих целевые задачи, оказываются зависимыми от качества измерений и характеристик СИ.

Единство измерений может быть обеспечено, если единицы величин унифицированы, размеры величин передаются от эталонов средствам измерений, эталоны и методики передачи размера величины совершенствуются, результаты измерений обладают свойствами метрологической сопоставимости и метрологической совместимости, а показатели точности измерений выражены так, что обеспечивается возможность сравнения и совместного использования результатов измерений.

Одним из условий достижения единства измерений и обеспечения их точности является квалифицированное содержание и применение средств измерений, соблюдение обязательных требований к СИ, в том числе обеспечение их метрологической исправности – состояния, определяемого соответствием нормируемых метрологических характеристик СИ или эталона установленным требованиям [1, 2]. Метрологическую неисправность определяют только метрологические отказы. Обнаружить наличие метрологического отказа в процессе эксплуатации или хранения СИ или эталона единицы величины можно лишь путем контроля его метрологических характеристик, осуществляемого при периодической поверке или аттестации, выполняемой через равные промежутки времени, называемые интервалами между поверками или аттестациями [3–5].

Метрологические отказы СИ, используемых для определения либо технического состояния техники, решающей целевые задачи, либо ее тактико-технических и эксплуатационных характеристик, напрямую определяют ее надежность, готовность и работоспособность. Изъятие СИ для проведения поверки может оказать негативное воздействие на достижение цели и должно быть учтено при планировании и решении целевых задач (РЦЗ).

Для оценки качества РЦЗ в системе «человек – техника – среда» в наибольшей степени подходят комплексные характеристики системы, учитывающие взаимодействие человека с техникой в условиях внешней среды при выполнении определенной целевой задачи. Они служат для оценки приспособленности технической системы к выполнению целевых задач и системы обеспечения эксплуатации – к поддержанию технической системы в этом состоянии. Среди комплексных характеристик безопасности, надежности, эффективности процесса целевой эксплуатации необходимо выделить такую характеристику, как готовность к применению, т.е. к решению целевых задач. Готовность – основная комплексная характеристика системы эксплуатации многих видов техники, в том числе систем энергетики, связи, вооружения, поскольку позволяет учитывать особенности эксплуатации.

Под готовностью будем понимать свойство объекта, заключающееся в его способности находиться в состоянии, в котором он может выполнять требуемые функции в заданных ре-

жимах и условиях применения, технического обслуживания и ремонта в предположении, что все необходимые внешние ресурсы обеспечены [1]. Готовность – это свойство технической системы, отражающее ее приспособленность к переводу из любого исходного состояния в состояние непосредственного применения по назначению. Именно поэтому в качестве характеристики приспособленности организации, решающей целевые задачи (ОРЦЗ), к выполнению задач по назначению часто используют готовность.

В решении целевых задач, как правило, участвуют несколько подразделений ОРЦЗ и различные виды техники, а общий эффект определенным образом зависит от показателей готовности каждой из составных частей системы. Таким образом, вклад в общую готовность ОРЦЗ вносят те ее подразделения, от которых зависит результат РЦЗ, в том числе и метрологическое подразделение (МП), обеспечивающее решение целевых задач.

Часто используемым показателем готовности является коэффициент готовности – вероятность того, что техническая система окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых ее применение по назначению не предусматривается [2]. В случае использования коэффициента готовности $K_{гм}$ для оценивания МП его можно трактовать как вероятность того, что в произвольный момент времени в ОРЦЗ не произойдет срыв решения целевой задачи из-за метрологического отказа, который может произойти, если СИ, необходимые при РЦЗ, не будут своевременно поверены, или если поверенные СИ окажутся метрологически неисправными:

$$K_{гм} = 1 - P_{срцз}, \quad (1)$$

где $P_{срцз}$ – вероятность срыва решения целевой задачи из-за метрологического отказа. Эта вероятность определяется по формуле

$$P_{срцз} = (1 - P_{ми})(1 - P_{пп}), \quad (2)$$

где $P_{ми}$ – вероятность того, что все допущенные к применению после поверки СИ являются метрологически исправными; $P_{пп}$ – вероятность того, что все СИ, необходимые при РЦЗ, своевременно поверены.

Вероятность $P_{миij}$ того, что допущенное к применению после поверки единичное i -е СИ j -го типа является метрологически исправным, т.е. вероятность отсутствия метрологических отказов между поверками этого СИ равна [3]

$$P_{миij} = P_j (1 - q_{ij})(1 - Q_{ij})(1 - \alpha_{ij}), \quad (3)$$

где P_j – вероятность не возникновения метрологического отказа между поверками (аналог вероятности безотказной работы СИ j -го типа в межповерочном интервале); q_{ij} – вероятность повреждения или метрологического отказа i -го СИ j -го типа в процессе поверки; $(1 - q_{ij})$ – вероятность того, что при поверке это СИ не будет повреждено и не перейдет в состояние метрологического отказа; Q_{ij} – вероятность повреждения i -го СИ j -го типа в межповерочный интервал времени; $(1 - Q_{ij})$ – вероятность того, что при эксплуатации в межповерочном интервале это СИ не будет повреждено; α_{ij} – вероятность забракования поверителем метрологически исправного i -го СИ j -го типа по результатам поверки (вероятность ошибки первого рода); $(1 - \alpha_{ij})$ – вероятность того, что метрологически исправное i -е СИ j -го типа будет признано поверителем пригодным к применению по результатам поверки. Вероятности q_{ij} и α_{ij} зависят от квалификации поверителя, а вероятность Q_{ij} – от квалификации персонала, обслуживающего и использующего СИ при решении целевых задач.

Предположим, что вероятность $\alpha_{ij} = \alpha$ неизменна для всех типов СИ, а для однотипных СИ $q_{ij} = \text{const} = q_j$ и $Q_{ij} = \text{const} = Q_i$. Тогда

$$P_{\text{мн}ij} = P_j (1 - q_{ij}) (1 - Q_{ij}) (1 - \alpha_{ij}) = P_j (1 - q_j) (1 - Q_j) (1 - \alpha) , \quad (4)$$

а вероятность $P_{\text{ми}}$ того, что все допущенные к применению после поверки и используемые при РЦЗ СИ метрологически исправны, равна

$$P_{\text{ми}} = \prod_{j=1}^D \prod_{i=1}^{m_j} P_{\text{мн}ij} , \quad (5)$$

где m_j – общее количество однотипных СИ j -го типа, необходимое при РЦЗ; D – количество типов СИ, используемых при РЦЗ.

Анализ выражения (5) позволяет сделать заключение о том, что вероятность $P_{\text{ми}}$ зависит от надежности, в том числе и метрологической, каждого типа СИ, используемого при РЦЗ, от квалификации эксплуатирующего СИ персонала и от квалификации поверителей, выполняющих поверку, устанавливающих пригодность СИ к применению на основании экспериментально определяемых метрологических характеристик и подтверждающих соответствие СИ установленным обязательным требованиям. Параметры q_j и α могут быть оценены статистически в процессе функционирования МП, а вероятности безотказной работы P_j и повреждения СИ в процессе эксплуатации Q_j могут быть оценены по данным эксплуатации данного типа СИ.

Если предположить, что имеющееся в ОРЦЗ по штату количество m_j СИ данного j -го типа достаточно для РЦЗ, то событие, заключающееся в том, что все СИ этого типа, необходимые для РЦЗ, были своевременно поверены, происходит при правильном планировании поверки в ОРЦЗ при условии, что на поверке СИ не будет задержано. Вероятность такого события равна

$$P_{\text{пл}j} = P_{\text{пл}} (1 - P_{\text{зад}j}) , \quad (6)$$

где $P_{\text{пл}j}$ и $P_{\text{зад}j}$ – вероятности правильного планирования поверки и задержки на поверке СИ j -го типа. Вероятность того, что все СИ, необходимые при РЦЗ в ОРЦЗ, своевременно поверены, равна

$$P_{\text{пл}} = \prod_{j=1}^D P_{\text{пл}j} . \quad (7)$$

Значение вероятности $P_{\text{пл}j}$ можно определить путем анализа качества планирования поверки СИ в данной ОРЦЗ. Если поверка спланирована правильно, то срывов РЦЗ по вине метрологов, планирующих поверку в ОРЦЗ нет, и можно предположить, что $P_{\text{пл}} = 1$. Вероятность $P_{\text{зад}j}$ зависит от параметров, характеризующих работу осуществляющего поверку метрологического подразделения: длительности поверки данного типа СИ; количества каналов обслуживания (КО), т.е. аттестованных поверителей, обеспеченных рабочими местами по поверке данного типа СИ; дисциплины обслуживания; наличия очереди на обслуживание и определяется вероятностью ожидания СИ в очереди на поверку.

Вероятность $(1 - P_{\text{зад}j})$ того, что все СИ, необходимые для решения целевых задач, своевременно поверены, при условии, что процессы планирования поверки не имеют изъянов, можно определить, проанализировав процесс поверки СИ, который можно рассматривать как процесс массового обслуживания и оценивать с помощью показателей, используемых в теории массового обслуживания.

Под системой массового обслуживания (СМО) в данном случае будем понимать аттестованное надлежащим образом МП, являющееся структурным подразделением ОРЦЗ и способное выполнять поверочные работы в его интересах.

Схему функционирования метрологического подразделения можно представить в виде СМО (рис. 1), в которую из ОРЦЗ, имеющей m_j необходимых для РЦЗ однотипных СИ, в МП поступает входящий поток заявок на поверку с параметром потока h_k , где k – количество заявок. В число необходимых однотипных СИ следует включать только те СИ, отсутствие которых приведет к срыву решения целевых задач. Если в ОРЦЗ имеется z_j однотипных СИ, v_j из которых являются запасными, то $m_j = z_j - v_j$. При поступлении в МП заявки на поверку СИ могут быть поставлены в очередь длиной r . Поверка выполняется n КО, число которых равно количеству аттестованных поверителей, обеспеченных рабочими местами по поверке данного типа СИ. В ОРЦЗ из МП возвращаются поверенные СИ с параметром потока μ_k .

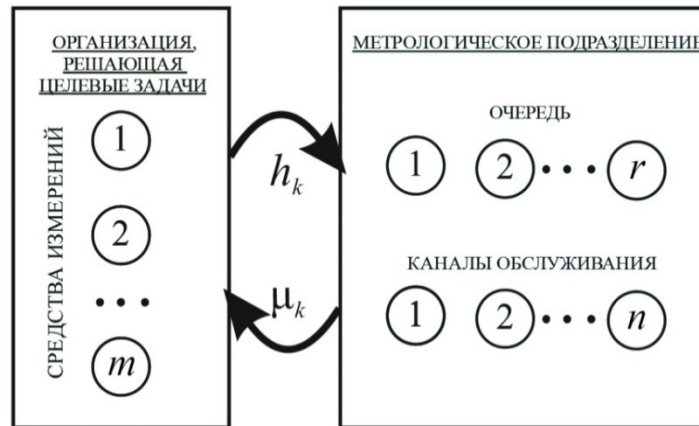


Рис. 1. Метрологическое подразделение как система массового обслуживания

Такая СМО может быть представлена моделью МП, обслуживающего конечное число m_j СИ j -го типа, необходимых для РЦЗ и не поверяемых в других метрологических подразделениях. Будем считать, что поверка является бесприоритетной, а число каналов обслуживания СИ j -го типа меньше числа таких СИ ($n_j < m_j$).

Такая система массового обслуживания является замкнутой. Вторичные и рабочие эталоны, обеспечивающие передачу размера величины в замкнутой системе ведомственной поверки не только обеспечивают метрологические характеристики СИ ОРЦЗ, но и влияют на готовность и эксплуатационно-технические характеристики техники, решающей целевые задачи.

Параметр h_k входного потока заявок на поверку СИ обусловлен количеством СИ данного типа, межповерочным интервалом таких СИ, правильностью планирования поверки. Если поверка организована и спланирована правильно, можно считать, что параметры потоков заявок на поверку каждого из m обслуживаемых СИ одинаковы и равны h . Тогда параметр входного потока заявок из ОРЦЗ на поверку СИ будем считать ординарным и равным $h_k = (m - k)h$ при $0 \leq k \leq m$.

Параметр μ_k потока возвращения поверенных СИ из МП зависит от параметра потока возвращения поверенных СИ единичного канала обслуживания μ и количества КО n . Если для всех однотипных СИ длительность поверки определяется временными нормами на поверку, то можно предположить, что параметр потока возвращения поверенных СИ от каждого КО $\mu = \text{const}$, а из МП равен

$$\mu_k = \mu k \quad \text{при } 1 \leq k \leq n; \quad \mu_k = \mu n \quad \text{при } n \leq k \leq m. \quad (8)$$

Если потоки заявок на поверку и возвращения СИ ординарны и переходы возможны лишь между соседними состояниями (под состоянием СМО в данном случае понимаем количество заявок на поверку, поступивших в МП), модель такой СМО может быть представлена в виде графа (рис. 2).

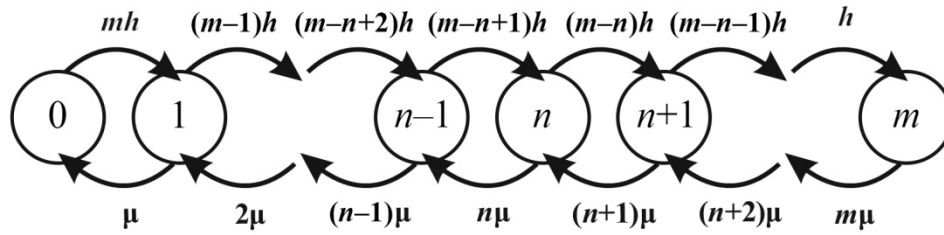


Рис. 2. Граф переходов СМО, соответствующий модели ведомственного метрологического подразделения

В этой модели СМО может поочередно переходить из одного состояния в другое. Условия нормировки в такой СМО определяют формулой

$$\sum_{k=0}^{\infty} P_k = 1, \quad (9)$$

где P_k – вероятности нахождения СМО в различных состояниях $k = 0(1)\infty$, которые вычисляются при помощи нижеупомянутых выражений.

Вероятность нахождения МП в k -м состоянии, т.е. вероятность поступления в МП ровно k заявок на поверку, определяется выражением [7]

$$P_k = P_0 \prod_{i=0}^{k-1} \frac{h(m-i)}{\mu(i+1)}. \quad (10)$$

В случае, когда число заявок не превосходит числа каналов обслуживания данного типа СИ $k \leq n$, вероятность нахождения МП в k -м состоянии равна

$$P_k = P_0 \prod_{i=0}^{k-1} \frac{h(m-i)}{\mu(i+1)} = P_0 \frac{h^k}{\mu^k} \frac{m!}{(m-k)!k!}. \quad (11)$$

Если же число заявок больше числа каналов обслуживания, т.е. $n < k \leq m$, то вероятность P_k может быть рассчитана по формуле

$$\begin{aligned} P_k &= P_0 \prod_{i=0}^{k-1} \frac{h(m-i)}{\mu(i+1)} = P_0 \prod_{i=0}^{n-1} \frac{h(m-i)}{\mu(i+1)} \prod_{j=n}^{k-1} \frac{h(m-j)}{\mu n} = \\ &= P_0 \frac{h^k}{\mu^k} \frac{\prod_{l=0}^{k-1} (m-l)}{n^{(k-n)} \prod_{i=0}^{n-1} (i+1)} = P_0 \frac{h^k}{\mu^k} \frac{m!}{(m-k)!n!n^{(k-n)}}. \end{aligned} \quad (12)$$

Вероятность P_0 отсутствия заявок на поверку СИ в МП, т.е. вероятность его простоя, можно определить из условия нормировки (9):

$$\begin{aligned} P_0 &= 1 - \sum_{k=1}^m P_k = 1 - \sum_{k=1}^n P_0 \frac{h^k}{\mu^k} \frac{m!}{(m-k)!k!} - \sum_{k=n+1}^m P_0 \frac{h^k}{\mu^k} \frac{m!}{(m-k)!n!n^{(k-n)}} = \\ &= \frac{1}{1 + \sum_{k=1}^n \frac{h^k}{\mu^k} \frac{m!}{(m-k)!k!} + \sum_{k=n+1}^m \frac{h^k}{\mu^k} \frac{m!}{(m-k)!n!n^{(k-n)}}}. \end{aligned} \quad (13)$$

Загрузку МП характеризует среднее число находящихся на поверке СИ.

Так как количество заявок на поверку, определяющее номер состояния СМО, является дискретной случайной величиной, среднее число заявок в МП на поверку СИ j -го типа может быть вычислено по формуле

$$N_{zj} = \sum_{k_j=1}^{m_j} k_j P_{k_j}. \quad (14)$$

Среднее числоверяемых СИ j -го типа в МП, имеющем n КО, равно

$$N_{\text{пов}j} = \sum_{k_j=1}^{n_j} k_j P_{k_j} . \quad (15)$$

Если число заявок на поверку СИ j -го типа больше числа каналов обслуживания, $k_j > n_j$, то средняя длина образующейся очереди

$$N_{\text{оч}j} = \sum_{k_j=n_j+1}^{m_j} (k_j - n_j) P_{k_j} . \quad (16)$$

Вероятность того, что СИ j -го типа сразу будет поставлено на поверку, равна

$$P_{\text{пов}j} = \sum_{k_j=1}^{n_j} P_{k_j} , \quad (15)$$

а вероятность ожидания в очереди

$$P_{\text{зая}j} = 1 - P_{\text{пов}j} = 1 - \sum_{k_j=1}^{n_j} P_{k_j} = \sum_{k_j=n_j+1}^{m_j} P_{k_j} . \quad (16)$$

Если число заявок на поверку не больше числа каналов обслуживания, т.е. $k \leq n$, то среднее число свободных КО в МП определяется по формуле

$$M_{\text{ко}j} = \sum_{k_j=0}^{n_j-1} (n_j - k_j) P_{k_j} . \quad (17)$$

Поскольку в МП СИ поверяют беспriorитетно, то вероятность $P_{\text{пн}j}$ того, что все СИ поверяемого j -го типа, необходимые для решения целевых задач в ОРЦЗ, поверены в срок, равна вероятности $P_{\text{пов}j}$ того, что СИ j -го типа сразу будет поставлено в МП на поверку

$$P_{\text{пн}j} = P_{\text{пов}j} = \sum_{k_j=1}^{n_j} P_{k_j} . \quad (18)$$

Вероятность $P_{\text{пн}}$ того, что все СИ, необходимые для решения целевых задач, поверены, в этом случае равна

$$P_{\text{пн}} = \prod_{j=1}^D P_{\text{пн}j} = \prod_{j=1}^D \sum_{k_j=1}^{n_j} P_{k_j} = \prod_{j=1}^D (1 - P_{\text{зая}j}) = \prod_{j=1}^D \sum_{k_j=n_j+1}^{m_j} P_{k_j} . \quad (19)$$

Исходя из вышеизложенного, коэффициент готовности МП ОРЦЗ можно рассчитать с помощью выражения

$$K_{\text{гм}} = (1 - P_{\text{срцз}}) = [1 - (1 - P_{\text{ми}})(1 - P_{\text{пн}})] = [1 - (1 - \prod_{j=1}^D \prod_{i=1}^{m_j} P_{\text{ми}ij}) (1 - \prod_{j=1}^D \sum_{k_j=1}^{n_j} P_{k_j})] , \quad (20)$$

из которого следует, что готовность МП и ОРЦЗ в целом зависит от характеристик МП, осуществляющего передачу размера единицы величины от эталона средствам измерения, а также от организации поверочных работ и транспортирования СИ на поверку в МП и обратно.

Для своевременного и качественного выполнения целевых задач и для повышения готовности ОРЦЗ необходимо либо увеличивать количество аттестованных поверителей, обеспеченных рабочими местами по поверке СИ (каналов обслуживания), либо компенсировать отсутствие СИ при РЦЗ дополнительными СИ, находящимися в подменном фонде МП.

Целесообразность создания такого фонда может быть определена с помощью экономического критерия, позволяющего сравнить и минимизировать потери от приобретения СИ и

содержания подменного фонда и потери от невыполнения целевых задач из-за отсутствия СИ, находящихся на поверке.

Предположим, что штатное количество СИ j -го типа в ОРЦЗ достаточно для обеспечения РЦЗ при правильной организации поверки СИ. При отсутствии очереди в МП количество СИ j -го типа в подменном фонде можно определить равным среднему числу таких СИ, находящихся на поверке, т.е. числу заявок на поверку $N_{зj} < m_j$ на интервале времени, равном обычной длительности их нахождения на поверке τ_n , с учетом временных затрат на демонтаж и монтаж СИ j -го типа в ОРЦЗ τ_n и длительности транспортирования СИ в МП и обратно τ_m :

$$N_{\text{пф}oj} = N_{зj} \frac{\tau_{nj} + \tau_{mj} + \tau_m}{\tau_{nj}}. \quad (21)$$

При наличии очереди на поверку дополнительное количество N_{dj} однотипных СИ j -го типа в подменном фонде ОРЦЗ, необходимое для восполнения СИ, ожидающих поверки, можно определить, приняв это число равным длине очереди

$$N_{dj} = N_{очj} = \sum_{k_j=n_j+1}^{m_j} (k_j - n_j) P_k. \quad (22)$$

Суммарное количество СИ j -го типа в подменном фонде ОРЦЗ равно

$$N_{\text{пф}oj} = (N_{зj} + N_{dj}) \frac{\tau_{nj} + \tau_{mj} + \tau_m}{\tau_{nj}}. \quad (23)$$

Заключение

Таким образом, показатели эффективности функционирования ОРЦЗ при поверке СИ в МП зависят от характера потока заявок на поверку h , числа n аттестованных поверителей, обеспеченных рабочими местами по поверке СИ, характеристик потоков обслуживания, организации очереди и дисциплины обслуживания.

Комплексные характеристики МП влияют на качество решения целевых задач и поэтому в МП необходимо создавать собственный подменный фонд СИ для восполнения необходимого числа СИ, находящихся на поверке, в объеме $N_{\text{пф}o}$ СИ.

Библиографический список

1. ГОСТ 27.002–2015. Надежность в технике. Термины и определения. – Москва, 2016.
2. Дорохов, А. Н. Обеспечение надежности сложных технических систем : учебник / А. Н. Дорохов, В. А. Керножицкий, А. Н. Миронов, О. Л. Шестопалова. – Санкт-Петербург : Лань, 2017. – 352 с.
3. Дорохов, А. Н. Выбор оптимального по критерию готовности интервала между аттестациями эталона / А. Н. Дорохов, А. П. Гончаров // Информация и космос. – 2019. – № 3. – С. 84–87.
4. РМГ 74–2004 ГСИ. Методы определения межповерочных и межкалибровочных интервалов средств измерений. – Москва, 2006. – 22 с.
5. Кравцов, А. Н. Метрология : учебник / А. Н. Кравцов, А. Н. Дорохов, Р. О. Лавров. – Санкт-Петербург : ВКА имени А. Ф. Можайского, 2019. – 313 с.

References

1. GOST 27.002–2015. *Nadezhnost' v tekhnike. Terminy i opredeleniya* [GOST 27.002-2015. Reliability in technology. Terms and definitions]. Moscow, 2016. [In Russian]
2. Dorokhov A. N., Kernozhitskiy V. A., Mironov A. N., Shestopalova O. L. *Obespechenie nadezhnosti slozhnykh tekhnicheskikh sistem: uchebnik* [Ensuring the reliability of complex technical systems: textbook]. Saint-Petersburg: Lan', 2017, 352 p. [In Russian]
3. Dorokhov A. N., Goncharov A. P. *Informatsiya i kosmos* [Information and space]. 2019, no. 3, pp. 84–87. [In Russian]

4. RMG 74–2004 GSI. *Metody opredeleniya mezhpoverochnykh i mezhkalibrovochnykh intervalov sredstv izmereniy* [RMG 74-2004 GSI. Methods for determining calibration and calibration intervals of measuring instruments]. Moscow, 2006, 22 p. [In Russian]
5. Kravtsov A. N., Dorokhov A. N., Lavrov R. O. *Metrologiya: uchebnik* [Metrology: textbook]. Saint-Petersburg: VKA imeni A. F. Mozhayskogo, 2019, 313 p. [In Russian]

Дорохов Александр Николаевич

кандидат технических наук, доцент,
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

Dorokhov Alexander Nikolaevich

candidate of technical sciences, associate professor,
sub-department of metrological support of arms,
military and special equipment,
Military Space Academy
named after A. F. Mozhaysky
(13 Zhdanovskaya street, St. Petersburg, Russia)

Ковалевский Сергей Георгиевич

кандидат технических наук, преподаватель,
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

Kovalevsky Sergey Georgievich

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

Лукичев Леонид Викторович

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

Lukichev Leonid Viktorovich

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

Образец цитирования:

Дорохов, А. Н. Определение объема подменного фонда средств измерений ведомственных метрологических подразделений / А. Н. Дорохов, С. Г. Ковалевский, Л. В. Лукичев // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2020. – № 4 (34). – С. 35–43. – DOI 10.21685/2307-5538-2020-4-4.