

*А. С. Ефремов, А. С. Швед, Л. В. Лукичев*

## СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ ПОВЕРОЧНЫХ ОРГАНОВ

*A. S. Efremov, A. S. Shved, L. V. Lukichev*

## STRUCTURAL AND FUNCTIONAL MODEL DISTRIBUTED SYSTEM OF INSPECTION BODIES

**А н н о т а ц и я. Актуальность и цели.** Актуальность темы обусловлена важностью задач обеспечения оперативности и экономичности выполнения поверочно-аттестационных работ и в связи с этим необходимостью оценивания показателей качества поверочных работ применительно к распределенной структуре источников неоднородных потоков заявок на поверку и поверочных органов. Целью работы является разработка модели функционирования распределенной системы поверочных органов, в которой учитываются как характеристики потоков заявок на обслуживание, так и основные структурные и функциональные параметры системы поверочных органов. **Результаты.** Рассмотрен подход к построению модели функционирования территориально распределенной системы поверочных органов на основе использования математического аппарата локально сбалансированных замкнутых неоднородных сетей массового обслуживания. Приведено описание модели и основные расчетные соотношения для определения нагрузочных и вероятностно-временных характеристик процессов поверки средств измерений и функционирования поверочных органов на примере моделей обслуживания в одноуровневой распределенной системе поверочных органов. **Выводы.** Использование модели позволит определить основные показатели качества выполнения поверочных работ с учетом как состава и характеристик подлежащих поверке средств измерений, так и структуры и особенностей функционирования поверочных органов. Рассмотренную модель можно использовать при решении оптимизационных задач по организации и планированию поверочно-аттестационных работ в распределенной системе поверочных органов.

**A b s t r a c t. Background.** The relevance of the topic of work is due to the uneven distribution of the flow of applications to verification bodies without taking into account their structural and functional parameters. The aim of the work is to develop a model for the functioning of a distributed system of calibration bodies, which takes into account the number and types of jobs in each calibration body, traffic routes and the procedure for servicing applications. **Results.** The approach to building a model of the functioning of a geographically distributed system of calibration bodies based on the use of the mathematical apparatus of locally balanced closed heterogeneous queuing networks is considered. A description of the model and the basic design relationships for determining the load and probability-time characteristics of the calibration processes of measuring instruments and the functioning of calibration bodies are given on the example of service models in a single-level distributed system of calibration bodies. **Conclusion.** Using the model will allow us to determine the main indicators of the quality of verification work, taking into account both the composition and characteristics of the measuring instruments to be verified, and the structure and features of the functioning of calibration bodies. The considered model can be used to solve optimization problems in organizing and planning verification and certification work in a distributed system of calibration bodies.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** поверочные органы, распределение заявок, поверка средств измерений, сеть массового обслуживания, оперативность, качество поверочных работ.

**K e y w o r d s:** distribution of applications, verification of measuring instruments, queuing network, efficiency, optimization, quality of verification work.

### *Введение*

В сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений (ГРОЕИ) к применению допускаются средства измерений (СИ) утвержденного типа, прошедшие поверку [1]. В целях обеспечения единства измерений при поверке реализуется процедура передачи размера единиц величин средствам измерений от рабочих эталонов.

Поверка средств измерений и аттестация рабочих эталонов производятся в аккредитованных в соответствии с законодательством РФ на право проведения поверки средств измерений организациях, входящих в структуру государственной и ведомственных метрологических служб, – поверочных органах. Поверка СИ в общем случае может осуществляться как в самих поверочных органах, так и непосредственно в местах эксплуатации СИ выездными метрологическими группами с применением подвижных поверочных лабораторий и комплексов.

При организации и планировании поверочно-аттестационных работ, как правило, используется территориальный принцип с учетом сложившейся структуры ведомственной метрологической службы. При невозможности или экономической нецелесообразности проведения поверки СИ (аттестации эталонов) в ведомственных метрологических органах эти работы могут выполняться в аккредитованных на право поверки средств измерений сторонних организациях.

Наиболее важными требованиями, предъявляемыми при организации поверочно-аттестационных работ, являются требования оперативности и экономичности. Требование оперативности подразумевает обеспечение своевременности поверочно-аттестационных работ и минимальной продолжительности нахождения СИ в поверочных органах (с учетом времени доставки и ожидания). Под требованием экономичности подразумевается необходимость сокращения затрат как, собственно, на проведение поверочно-аттестационных работ, так и затрат, связанных с потерями от отсутствия средств измерений в местах эксплуатации и невозможности их применения для решения целевых задач.

Показатели оперативности наиболее полно отражают степень соответствия качества организации поверочно-аттестационных работ с точки зрения обеспечения возможностей по целевому использованию средств измерений и эталонов. От значений показателей оперативности во многом зависят и экономические показатели поверочно-аттестационных работ. Поэтому при оценивании качества организации и планирования поверочно-аттестационных работ, при обосновании структуры и порядка функционирования поверочных подразделений необходим расчет показателей оперативности, который может быть выполнен на основе математической модели функционирования распределенной системы поверочных органов.

### *Содержательная постановка задачи*

Будем рассматривать множество территориально распределенных организационно-технических объектов, в составе каждого из которых эксплуатируется множество средств измерений различных типов, обеспечивающих метрологическое обслуживание техники.

Имеется также множество подразделений ведомственных и государственной метрологических служб, в которых в соответствии с имеющейся областью аккредитации может производиться поверка средств измерений, а также аттестация рабочих эталонов.

В общем случае будем полагать, что метрологическая служба имеет иерархическую структуру, в которой на нижнем уровне располагаются подразделения, имеющие ограниченные возможности по проведению поверки (оснащены ограниченным набором рабочих эталонов низких разрядов), а на более высоких уровнях – подразделения с более широкими возможностями по проведению поверочных и аттестационных работ (более широкая номенклатура средств поверки, более высокие по поверочной схеме разряды эталонов).

Средства измерений для проведения поверки преимущественно направляются в ближайшие поверочные органы нижнего уровня с учетом имеющихся у них областей аккредитации. В случае невозможности или нецелесообразности выполнения поверки в ближайшем подразделении средства измерений направляются в другое аккредитованное поверочное подразделение.

При такой организации поверочно-аттестационных работ значения показателей оперативности определяются как составом обслуживаемых объектов (число и типы поверяемых СИ), так и структурными и функциональными параметрами системы поверочных органов (территориальное расположение, область аккредитации, количество и типы рабочих мест, распределение нагрузки между поверочными органами, порядок обслуживания и пр.).

При этом значения отдельных показателей оперативности поверки различных средств измерений оказываются взаимозависимыми, поскольку события, характеризующие смену состояний объектов системы, являются взаимозависимыми через общие каналы обслуживания.

Для построения модели поверочных органов может быть использован математический аппарат сетей массового обслуживания [2–4], с применением которого возможно определить показатели оперативности поверочно-аттестационных работ с учетом как характеристик потока заявок средств измерений на обслуживание, так и структурных и функциональных параметров системы поверочных органов.

### *Математическая модель*

В общем случае рассматриваемая совокупность объектов обслуживания и поверочных органов может быть представлена в виде иерархической модели, число уровней в которой может быть различным в зависимости от рассматриваемого состава обслуживаемых объектов и структуры подразделений метрологической службы. При построении модели рассмотрим наиболее простой случай – одноуровневое обслуживание. В этом случае имеется множество групп средств измерений – объектов обслуживания и множество поверочных органов одного уровня.

Такую структуру можно представить в виде двухуровневой сети массового обслуживания (СеМО), которая состоит из  $K = N + M$  систем массового обслуживания (СМО). При этом  $СМО_n$  ( $n = \overline{1, N}$ ) описывают процессы формирования заявок на проведение поверок, а остальные  $СМО_m$  ( $m = \overline{1, M}$ ) описывают процессы функционирования поверочных органов по обслуживанию этих заявок, т.е. выполнение поверочных работ.

Определим основные параметры рассматриваемой модели.

Каждая из  $СМО_n$  ( $n = \overline{1, N}$ ) соответствует отдельному объекту, на котором эксплуатируется множество СИ определенного типа  $h_n$ ,  $n = \overline{1, N}$ , образующих поток заявок на обслуживание в поверочном органе.

Под однотипными СИ в данной модели целесообразно понимать такое множество СИ, обслуживание которых может выполняться на одном рабочем месте (или однотипных рабочих местах). Например, один тип – средства измерения давления, другой тип – средства измерений электрических величин и т.п. При этом процессы формирования и обслуживания заявок для средств измерений разных типов не связаны друг с другом, поэтому в рамках данного подхода их целесообразно моделировать отдельными СеМО.

Будем рассматривать случай, когда в определенной структуре циркулирует фиксированное число заявок, а внешний независимый источник заявок отсутствует, т.е. рассматриваемая СеМО в этом случае является замкнутой. Число постоянно циркулирующих в сети заявок  $H$  в этом случае соответствует суммарному числу средств измерений в рассматриваемой структуре:

$$H = \sum_{n=1}^N h_n. \quad (1)$$

В составе каждого потока заявок на обслуживание могут быть заявки разных классов, соответствующие средствам измерений и различающиеся хотя бы по одному из признаков: приоритетами обслуживания, параметрами распределения длительности обслуживания в уз-

лах, и маршрутами движения по сети. В этом случае рассматриваемая СеМО является неоднородной.

Поток заявок на обслуживание в поверочном органе характеризуется некоторой интенсивностью, которая может быть определена через средние длительности межповерочных интервалов (МПИ) соответствующих групп средств измерений.

Интенсивность потока заявок на обслуживание  $\Lambda_n$ , выходящего из каждой СМО <sub>$n$</sub>  ( $n = \overline{1, N}$ ), и моделирующего процессы формирования заявок на поверочные работы, в общем случае определяется как

$$\Lambda_n = \sum_{k=1}^{h_n} \lambda_k, \quad (2)$$

где  $\lambda_k$  ( $k = \overline{1, h_n}$ ) – интенсивность потока заявок от  $k$ -го средства.

При этом  $\lambda = 1/T_n$ , где  $T_n$  – средний интервал времени между двумя последовательными заявками.

В случае, когда в составе СМО <sub>$n$</sub>  имеется  $R_n$  различных классов заявок, а в каждом классе имеется  $h_{nr}$  ( $r = \overline{1, R}$ ) заявок с одинаковыми интенсивностями  $\lambda_r$ , интенсивность суммарного потока заявок на обслуживание от  $n$ -го объекта определится как

$$\Lambda_n = \sum_{r=1}^{R_n} h_{nr} \lambda_r. \quad (3)$$

Каждая из СМО <sub>$m$</sub>  ( $m = \overline{1, M}$ ) соответствует отдельному поверочному органу, в составе которого имеется конечное число рабочих мест по поверке  $g_m$ ,  $m = \overline{1, M}$ , на которых может обслуживаться некоторое подмножество СИ определенных типов в соответствии с областью аккредитации и оснащенностью рабочего места.

Каждое рабочее место характеризуется некоторым параметром производительности обслуживания заявок определенного класса – интенсивностью обслуживания  $\mu_r$  ( $r = \overline{1, R}$ ), связанной для каждого класса заявок со средним временем выполнения поверки  $\tau_n$  соотношением  $\mu = 1/\tau_n$ . В случае, когда в составе поверочного органа имеется  $g$  одинаковых рабочих мест для поверки СИ (каналов обслуживания), суммарная интенсивность обслуживания однотипных заявок определяется произведением  $g\mu$ .

В зависимости от установленной организации поверочных работ возможны две основные схемы обслуживания – централизованная и децентрализованная. При централизованной схеме обслуживания заявки на выполнение поверки СИ определенного типа всегда направляются только в конкретный поверочный орган, за которым эти объекты обслуживания административно закреплены. При децентрализованной схеме обслуживания отсутствует жесткое закреплениеверяемых СИ за конкретными поверочными органами, т.е. заявки на поверку могут направляться в любое из доступных на рассматриваемой территории поверочных подразделений, имеющих соответствующую область аккредитации.

Поверочные работы являются необезличенными, т.е. после завершения поверки средства измерений возвращаются в те места, откуда они поступили.

Примеры фрагментов СеМО для централизованной и децентрализованной схем обслуживания приведены на рис. 1, а и б соответственно.

Возможные направления движения заявок по сети описываются с помощью маршрутной матрицы  $P = p_{ij}$ ,  $i, j = \overline{1, K}$ , компоненты которой  $p_{ij}$  представляют собой вероятности перехода заявки из СМО <sub>$i$</sub>  в СМО <sub>$j$</sub> . При этом элементы матрицы вероятностей переходов должны удовлетворять условию

$$\sum_{j=1}^K p_{ij} = 1, \quad (i = \overline{1, K}). \quad (4)$$

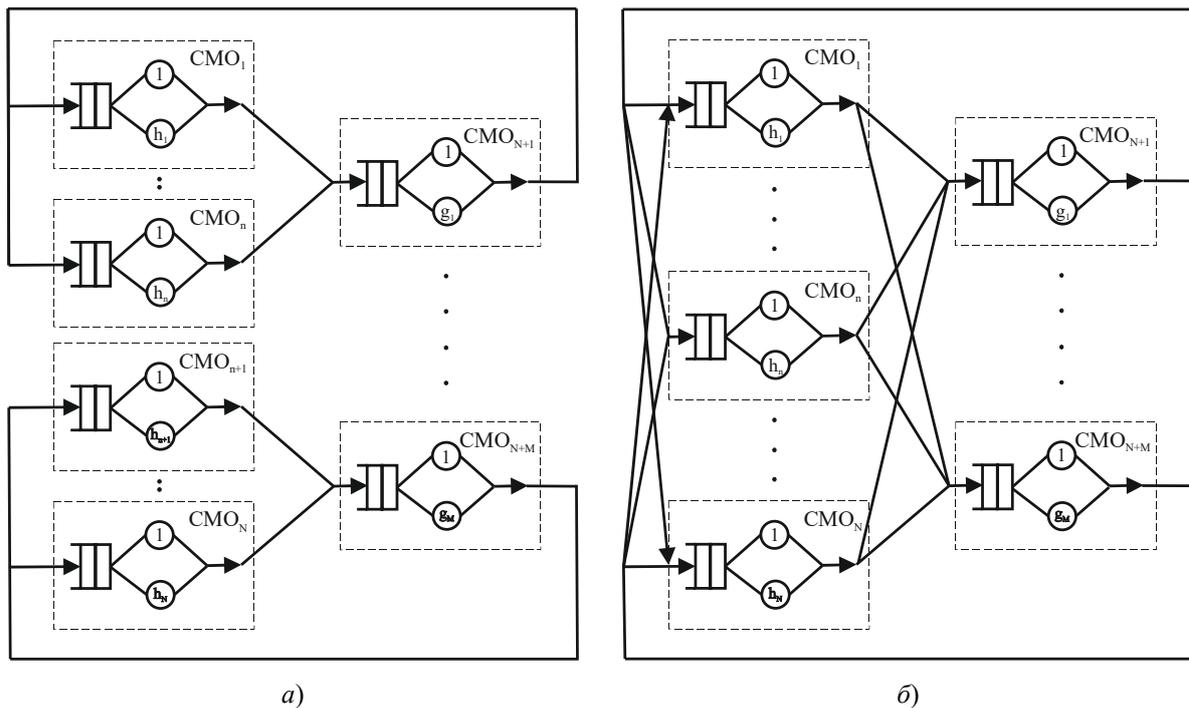


Рис. 1. Фрагмент СеМО при одноуровневом обслуживании:  
 а – централизованная схема; б – децентрализованная схема

Данное условие отражает тот факт, что любая заявка, покинувшая некоторый узел, обязательно перейдет в какой-либо другой узел, причем все возможные переходы составляют полную группу событий.

Очевидно, что для централизованной схемы обслуживания (см. рис 1,а) значения вероятностей переходов заявок на обслуживание в поверочные органы могут принимать лишь два значения – 0 и 1. При этом в случае распределения заявок, подобного приведенному на рис. 1,а, каждый поверочный орган с закрепленными за ним объектами обслуживания имеет смысл рассматривать как отдельную СеМО.

Важным параметром модели СеМО является дисциплина обслуживания заявок в узлах.

Функционирование каждой из  $СМО_n$  ( $n = \overline{1, N}$ ) может быть описано системой, в которой число обслуживающих приборов не менее числа заявок на обслуживание с беспriorитетной дисциплиной обслуживания.

В поверочных органах число рабочих мест (каналов обслуживания), как правило, меньше числа объектов, которые могут одновременно поступить на поверку. Будем полагать, что поверочные органы описываются как системы с накопителем неограниченной емкости (СМО без потерь), т.е. в общем случае в поверочном органе возможно образование очередей, а отказов в обслуживании не происходит.

С учетом этого возможно применение различных дисциплин обслуживания (например, *FIFO*, *LIFO*, *RAND*), а также возможно обслуживание с учетом приоритетов. К примеру, в первоочередном порядке могут поверяться СИ, применяемые для особо ответственных задач, когда наиболее высока возможность и тяжесть ущерба из-за отсутствия поверенного средства измерений. Для таких классов СИ может быть назначен более высокий приоритет в обслуживании в сравнении с другими средствами.

Рассмотрим основные характеристики процессов поверки СИ и функционирования поверочных органов, которые могут быть определены с использованием представленной модели СеМО.

Характеристики рассматриваемой модели СеМО являются случайными величинами, которые наиболее полно могут быть описаны соответствующими законами распределений вероятностей. Будем рассматривать установившийся (стационарный) режим функционирования СеМО, при котором вероятностные характеристики не изменяются во времени. Применительно к стационарному режиму функционирования с использованием известных соотношений из тео-

рии массового обслуживания могут быть определены основные нагрузочные и вероятностно-временные характеристики процессов поверки СИ и функционирования поверочных органов.

Интенсивность потока заявок на обслуживание, поступающего в поверочный орган (т.е. в каждую из СМО<sub>*m*</sub> ( $m = \overline{1, M}$ )), определяется с учетом величин интенсивностей исходящих потоков заявок на обслуживание и вероятностей переходов.

Для случая, когда заявки разных классов, исходящие от одного объекта, не различаются маршрутами:

$$\Lambda_m = \sum_{n=1}^N \Lambda_n p_{nm}, \quad (5)$$

где  $\Lambda_m$  – суммарная интенсивность потока заявок на обслуживание, поступающих в СМО<sub>*m*</sub> ( $m = \overline{1, M}$ );  $\Lambda_n$  – суммарная интенсивность потока заявок на обслуживание, исходящих из СМО<sub>*n*</sub> ( $n = \overline{1, N}$ );  $p_{nm}$  – вероятности перехода заявок из СМО<sub>*n*</sub> в СМО<sub>*m*</sub>.

В случае, когда заявки разных классов от разных объектов могут направляться для обслуживания в один поверочный орган:

$$\Lambda_m = \sum_{n=1}^N \sum_{r=1}^{R_n} h_{nr} \lambda_r p_{nm}. \quad (6)$$

При этом суммарная интенсивность потока заявок *r*-го класса, поступающих от всех объектов на обслуживание в *m*-й поверочный орган  $\Lambda_{mr}$ , определяется выражением

$$\Lambda_{mr} = \sum_{n=1}^N h_{nr} \lambda_r p_{nm}. \quad (7)$$

При известных интенсивностях потоков заявок и интенсивностях обслуживания заявок каждого класса может быть определен коэффициент загрузки *m*-го поверочного органа:

$$\rho_m = \frac{1}{g_m} \sum_{r=1}^R \frac{\Lambda_{mr}}{\mu_{mr}}, \quad (8)$$

где  $g_m$  – число однотипных рабочих мест в *m*-м поверочном органе, а  $\mu_{mr}$  – интенсивность обслуживания заявок *r*-го класса в *m*-м поверочном органе.

Коэффициент загрузки в стационарном режиме характеризует среднее значение доли времени, в течение которой канал занят или вероятность того, что канал занят. Также коэффициент загрузки характеризует среднее число заявок, находящихся на обслуживании на одном рабочем месте. Соответственно, величина  $1 - \rho$  может характеризовать вероятность или долю времени простоя канала обслуживания.

Важнейшей характеристикой сети массового обслуживания является вероятность их состояний. Состояние рассматриваемой СеМО может быть описано матрицей распределения заявок по сети вида  $H = h_{kr}$ , компоненты которой  $h_{kr}$  представляют собой число заявок класса *r*, ( $r = \overline{1, R}$ ), находящихся в СМО<sub>*k*</sub> ( $k = \overline{1, K}$ ). Тогда матрица-столбец вида  $h_{k*} = h_{k1}, h_{k2}, \dots, h_{kR}$  характеризует число заявок каждого класса в конкретной СМО<sub>*k*</sub>.

С учетом принятого определения состояния сети вероятность нахождения рассматриваемой системы в произвольно заданном состоянии  $H_{**}$  определяется известным из теории СеМО выражением

$$P(H_{**}) = F^{-1} \prod_{k=1}^K P_k(h_{k*}), \quad (9)$$

где  $F$  – нормализующая константа, определяемая на множестве всех возможных состояний сети  $\Psi$  выражением

$$F = \sum_{\Psi} \prod_{k=1}^K P_k(h_{k*}). \quad (10)$$

При этом функция  $P_k$  есть вероятность того, что СМО $_k$  находится в состоянии  $h_{k*}$ , при котором в ней имеется точно  $h_{k1}, h_{k2}, \dots, h_{kR}$  заявок. Вид функции  $P_k$  определяется в зависимости от используемой дисциплины обслуживания с учетом характеристик потока заявок.

Знание значений вероятностей состояний позволяет определять интересующие вероятностные характеристики процессов обслуживания. Например, вероятность того, что в произвольный момент времени заданное количество СИ окажется не в поверочном органе, а на своих штатных рабочих местах, может быть определена как сумма вероятностей всех таких состояний СеМО, для которых такое условие выполняется.

В качестве показателей оперативности целесообразно использовать временные показатели, характеризующие как суммарное время нахождения СИ в поверочных органах, так и отдельные составляющие процесса обслуживания СИ (время доставки, время ожидания в очереди, собственно, время поверки).

Время нахождения СИ в поверочном органе складывается из двух основных составляющих: собственно времени поверки  $\tau_n$  и времени ожидания в очереди  $\tau_{ож}$  по причине отсутствия свободных рабочих мест, т.е. время пребывания заявки  $r$ -го класса в СМО $_m$  определяется суммой времени обслуживания заявки и времени ожидания свободного канала обслуживания:  $\tau_{mr} = \tau_{n_{mr}} + \tau_{ож_{mr}}$ . Время выполнения операций поверки определяется установленными для каждого средства измерений нормами времени, а также оснащенностью рабочих мест. А время нахождения в очереди в существенной степени определяется принятой стратегией представления СИ на поверку. К примеру, если организовать процессы поступления и обслуживания заявок как детерминированные, и при этом СИ представлять на поверку строго поочередно, то теоретически при соответствующей интенсивности обслуживания очереди на поверку может не образовываться вообще. На практике же в силу многих причин процессы поступления и обслуживания заявок являются во времени случайными. Кроме того, для многих организаций и ведомств характерным является представление СИ на поверку партиями. Эти обстоятельства на практике приводят к возникновению очереди на обслуживание случайной длины.

Средняя длина очереди из заявок  $r$ -го класса в  $m$ -м поверочном органе может быть определена с использованием формулы Литтла:

$$l_{mr} = \Lambda_{mr} \tau_{ож_{mr}}. \quad (11)$$

Соответственно, среднее число средств измерений  $r$ -го класса, находящихся в  $m$ -м поверочном органе (в очереди и на обслуживании), определяется выражением

$$H_{mr} = \Lambda_{mr} \tau_{mr}. \quad (12)$$

Общая средняя длина очереди и число заявок в поверочном органе могут быть определены суммированием по всем классам заявок.

Таким образом, с использованием рассмотренной модели могут быть определены основные показатели качества выполнения поверочных работ с учетом как состава и характеристик подлежащих поверке средств измерений, так и структуры и особенностей функционирования поверочных органов. В составе параметров структурного построения системы поверочных органов учитываются число и типы распределенных поверочных органов, число и характеристики рабочих мест в каждом из них. Функциональные параметры задаются в виде конкретных стратегий управления потоками заявок в сети массового обслуживания, определяющих маршруты движения заявок разных классов по сети, правила организации очереди и порядок обслуживания.

### Заключение

Структурно-функциональная модель распределенной системы поверочных органов представлена в виде замкнутой неоднородной сети массового обслуживания, параметры которой определяются применительно к стационарному режиму функционирования системы.

Возможности применения подобной модели рассмотрены в данной статье на примере организации одноуровневого обслуживания в системе поверочных органов.

Дальнейшее развитие рассмотренного подхода возможно в следующих направлениях:

– построение модели многоуровневого обслуживания, в том числе с использованием ресурсов сторонних поверочных органов, на основе разомкнутых или комбинированных сетей массового обслуживания;

– учет не только процессов поверки средств измерений, но и процессов аттестации эталонов, имеющихся в составе поверочных органов.

Данные модели могут быть использованы как для оценки качества построения и функционирования системы поверочных органов, так и при решении оптимизационных задач по организации и планированию поверочно-аттестационных работ в распределенной системе поверочных органов.

### *Библиографический список*

1. Об обеспечении единства измерений : федер. закон № 102-ФЗ от 26.06.2008.
2. Жожикашвили, В. А. Сети массового обслуживания. Теория и применение к сетям ЭВМ / В. А. Жожикашвили, В. М. Вишневецкий. – Москва : Радио и связь, 1988. – 192 с.
3. Зеленцов, В. А. Надежность, живучесть и техническое обслуживание сетей связи / В. А. Зеленцов, А. А. Гагин. – Ленинград : МО СССР, 1991. – 170 с.
4. Клейнрок, Л. Теория массового обслуживания / Л. Клейнрок. – Москва : Машиностроение, 1979. – 432 с.

### *References*

1. *Ob obespechenii edinstva izmereniy: feder. zakon ot 26.06.2008 g. № 102-FZ* [About ensuring the uniformity of measurements: Feder. law No. 102-FZ of 26.06.2008]. [In Russian]
2. Zhzhikashvili V. A., Vishnevskiy V. M. *Seti massovogo obsluzhivaniya. Teoriya i primeneniye k setyam EVM* [Queueing network. Theory and application to computer networks]. Moscow: Radio i svyaz', 1988, 192 p. [In Russian]
3. Zelentsov V. A., Gagin A. A. *Nadezhnost', zhivuchest' i tekhnicheskoe obsluzhivanie setey svyazi* [Reliability, survivability and maintenance of communication networks]. Leningrad: MO SSSR, 1991, 170 p. [In Russian]
4. Kleynrok L. *Teoriya massovogo obsluzhivaniya* [Queueing theory]. Moscow: Mashinostroenie, 1979, 432 p. [In Russian]

#### ***Ефремов Андрей Станиславович***

кандидат технических наук, доцент,  
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: eas-spb@yandex.ru

#### ***Efremov Andrey Stanislavovich***

candidate of technical sciences, associate professor,  
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)

#### ***Швед Андрей Сергеевич***

начальник 1204 регионального центра  
метрологии МО РФ  
(Россия, г. Санкт-Петербург,  
Измайловский проспект, 13)  
E-mail: AndrejShved76@yandex.ru

#### ***Shved Andrey Sergeevich***

head of 1204 Regional Center of Metrology  
of the Ministry of Defense  
of the Russian Federation  
(13 Izmailovskiy avenue, St. Petersburg, Russia)

**Лукичев Леонид Викторович**

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: leonid6196@mail.ru

**Lukichev Leonid Viktorovich**

adjunct,  
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)

---

**Образец цитирования:**

Ефремов, А. С. Структурно-функциональная модель распределенной системы поверочных органов / А. С. Ефремов, А. С. Швед, А. В. Лукичев // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2020. – № 2 (32). – С. 22–30. – DOI 10.21685/2307-5538-2020-2-3.