

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
ВСЕРОССИЙСКАЯ ГРУППА ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ ИЕЕЕ  
АКАДЕМИЯ ИНФОРМАТИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ  
ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ООО «ОТКРЫТЫЕ РЕШЕНИЯ»  
ОБЩЕСТВО «ЗНАНИЕ» РОССИИ  
ПРИВОЛЖСКИЙ ДОМ ЗНАНИЙ

*XXII Международная  
научно-техническая конференция*

**ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАТИКИ  
В ОБРАЗОВАНИИ, УПРАВЛЕНИИ,  
ЭКОНОМИКЕ И ТЕХНИКЕ**

*Сборник статей*

*Декабрь 2022 г.*

Пенза

УДК 004  
ББК 32.81я43+74.263.2+65.050.2я43  
П781

П781      **ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАТИКИ В ОБРАЗОВАНИИ,  
УПРАВЛЕНИИ, ЭКОНОМИКЕ И ТЕХНИКЕ :**  
сборник статей XXII Международной научно-технической  
конференции. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2022. – 356 с.

ISBN 978-5-8356-1800-2  
ISSN 2311-0406

**Под редакцией *В.И. Горбаченко***, доктора технических наук,  
профессора;  
***В.В. Дрождина***, кандидата технических наук,  
профессора

Информация об опубликованных статьях предоставлена в систему Рос-  
сийского индекса научного цитирования (РИНЦ) по договору  
№ 573-03/2014К от 18.03.2014.

ISBN 978-5-8356-1800-2  
ISSN 2311-0406

© Пензенский государственный  
университет, 2022  
© АННМО «Приволжский Дом знаний», 2022

*XXII International  
scientific and technical conference*

**PROBLEMS OF INFORMATICS  
IN EDUCATION, MANAGEMENT,  
ECONOMICS AND TECHNICS**

*December, 2022*

Penza

**Дубровин  
Николай Иванович**  
Владимирский государственный  
университет,  
г. Владимир, Россия

**Dubrovин N.I.**  
Vladimir State University,  
Vladimir, Russia

---

УДК 519.21

## ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО-ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ УЗЛОВ СЕТИ

Т. В. Дубровина

### CONNECTION SCHEMES OF SERVICE DEVICES

T. V. Dubrovina

**Аннотация.** Под узлом понимается любое устройство, на которое поступает поток заявок, и каждая из них задерживается на этом приборе на случайное время с плотностью распределения  $b(t)$ . Решаются следующие задачи: символьное описание сложного прибора, полученного последовательно-параллельным соединением простейших приборов и задержек; по заданному символьному описанию сложного прибора находятся его плотность распределения и другие характеристики.

**Ключевые слова:** обслуживающий прибор, случайный поток, функция распределения, преобразование Лапласа, массовое обслуживание

**Abstract.** A service device is any device that receives a flow of requests, and each of them is delayed on this device for a random time with a distribution density of  $b(t)$ . The article gives an approach to solving the following problems: a symbolic description of a complex device obtained by a series-parallel connection of simple devices and delays; a given symbolic description of a complex device to find its distribution density and other characteristics.

**Key words:** the device operator, random flux, distribution function, Laplace transform, mass service.

**Введение.** Имеется запас обслуживающих приборов, которые мы назовем простейшими. Соединяя последовательно и/или параллельно простейшие приборы, получаем более сложный обслуживающий прибор. Предполагается, что в систему массового обслуживания поступает пуассоновский поток заявок. Обозначим  $b(t)$  плотность распределения времени

обслуживания каким-либо простейшим прибором, а через  $\beta(s)$  обозначим преобразование Лапласа плотности  $b(t)$ . Если соединить последовательно два таких прибора с плотностями  $b_1(t)$  и  $b_2(t)$ , то получаем новый прибор с плотностью  $b=b_1 * b_2$  равной свертке функций  $b_1$  и  $b_2$ , а  $\beta = \beta_1 \cdot \beta_2$ . Если же задаться вероятностью  $p \in [0,1]$  и соединить приборы параллельно так, что поступившая заявка идет обслуживаться на первый прибор с вероятностью  $p$  и на второй прибор – с вероятностью  $1-p$ , то получаем новый прибор, плотность распределения которого равна  $b(t) = pb_1(t) + (1-p)b_2(t)$  и точно также преобразование Лапласа выражается через  $\beta_1(s)$  и  $\beta_2(s)$ .

В качестве порождающих элементов описанной выше алгебраической структуры возьмем простейшие приборы. Таковым называем прибор, время задержки которого распределено по показательному закону. Этот закон задается одним параметром – средним временем обслуживания  $T$ . Обозначаем такой прибор  $PR(T)$ . Для него преобразование Лапласа имеет вид  $1/(1 + Ts)$ . Операции произведения и барицентрические комбинации с неотрицательными коэффициентами (т.е. линейные комбинации, сумма коэффициентов которых равна единице) над функциями такого вида дают алгебраическую систему, которую обозначим  $S$ . Заметим, что любая функция из  $S$  есть правильная рациональная дробь. Все факты, упомянутые выше, более детально изложены в [1].

**Свойства алгебры  $S$ .** Семейство плотностей простейших приборов  $PR(T)$  при  $T \rightarrow +\infty$  образует дельта образную последовательность и в пределе дают дельта функцию Дирака  $\delta(t)$ , преобразование Лапласа которой есть единица. В алгебраической системе  $S$  единицы нет, но если ее подсоединить, то получим более обширную алгебру  $S_1$ . Этому соответствует подсоединение к порождающим прибора, который без задержки пропускает заявку.

Другого рода предельный переход осуществим для прибора вида  $PR(T/m)^m$ . В этом случае при  $m \rightarrow +\infty$  получается прибор, который задерживает заявку ровно на время  $T$  (см., например, [1]). Его плотность распределения равна  $\delta(t - T)$ , а преобразование Лапласа есть экспонента  $\exp(-sT)$ . Если и такие функции допустить в алгебру  $S$ , то получим еще более обширную алгебру  $S_{\text{exp}}$ , произвольный элемент которой имеет вид  $p_1 \cdot \exp(-sT_1) \cdot Q_1(s) + \dots + p_m \cdot \exp(-sT_m) \cdot Q_m(s)$ , где все  $p_j > 0$  и их сумма равна единице, а все  $Q_j$ -ые принадлежат алгебре  $S_1$ . Возникают три задачи, две из которых упомянуты в аннотации, а третья заключается в следующем. Дана функция  $\beta(s)$  из алгебры  $S$  (или  $S_1$ , или  $S_{\text{exp}}$ ). Требуется разложить ее через порождающие алгебры  $S$  (или  $S_1$ , или  $S_{\text{exp}}$ ). Другими

словами, сложный прибор, преобразование Лапласа плотность распределения которого мы сумели приблизить функцией из  $S$  (или  $S_1$ , или  $S_{\text{exp}}$ ), заменить на последовательно-параллельную схему соединения простейших приборов (и задержек в случае  $S_{\text{exp}}$ ). Первая задача фактически уже решена в виду выбранного способа записи операций. Так, например,

$$0.2 \cdot (0.4 \cdot \text{ПР}(5) + 0.3 \cdot \text{ПР}(1) + 0.3 \cdot \text{ПР}(7)) \star \text{ПР}(1) + 0.8 \cdot (0.7 \cdot \text{ПР}(5) + 0.3)$$

есть символьная запись довольно сложного прибора из пяти параллельных ветвей, три из которых последовательно соединены с простейшим прибором. Будем пользоваться свойствами коммутативности, ассоциативности и дистрибутивности, а также будем допускать записи в виде барицентрических комбинаций приборов с произвольными (а не только положительными) коэффициентами. Для решения второй задачи нужно применить известную технику разложения рациональной дроби в сумму простейших дробей. Имеем при  $T_1 \neq T_2$

$$\text{ПР}(T_1) \star \text{ПР}(T_2) = \frac{T_1}{T_1 - T_2} \text{ПР}(T_1) + \frac{T_2}{T_2 - T_1} \text{ПР}(T_2).$$

Если же  $T = T_1 = T_2$ , то результат их последовательного соединения имеет плотность Эрланга второго порядка. Следовательно, прибор, описанный выше, перепишется в виде

$$0.66\text{ПР}(5) - 0.03\text{ПР}(1) + 0.06\text{ПР}(1)^2 + 0.07\text{ПР}(7) + 0.24$$

Пользуясь этим, легко написать плотность распределения, ее преобразование Лапласа, а также вычислить другие характеристики.

Неполное решение третьей задачи заключено в следующей теореме.

**Теорема.** Пусть  $\beta(s)$  – рациональная дробь со следующими условиями: а)  $\beta(0) = 1$ , б) обратное преобразование Лапласа есть неотрицательная функция, в) степень числителя меньше либо равна степени знаменателя, г) знаменатель разложим на линейные множители вида  $1 + T_j s$  ( $j = 1, \dots, m$ ) с отрицательными корнями. Обозначим через  $E^m$  все последовательности строк из нулей и единиц длины  $m$ , а для каждой такой последовательности  $k$  через  $\text{supp } k$  обозначим совокупность номеров последовательности  $k$  там, где стоят единицы. Тогда найдутся неотрицательные числа  $p_k$  ( $k \in E^m$ ) в сумме дающие единицу и такие, что

$$\beta(s) = \sum_{k \in E^m} p_k \prod_{j \in \text{supp } k} \frac{1}{1 + T_j s}.$$

Такое разложение реализуется в виде параллельной схемы соединения  $2^m$  приборов, каждый из которых есть последовательное соединение некоторой части из данных  $m$  простейших приборов.

Теорема доказывается путем разложения заданного вектора в пространстве строк длины  $m$  в линейную комбинацию других заранее

вычисленных строк той же длины в количестве  $2^m$  штук, но допускаются только неотрицательные коэффициенты с единичной суммой.

Библиографический список

1. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. – М.: Машиностроение, 1979. – 432 с.

**Дубровина**

**Татьяна Владимировна**

Владимирский государственный  
университет,

г. Владимир, Россия

**Dubrovina T. V.**

Vladimir State University,

Vladimir, Russia

---

УДК 004

**МЕТОДЫ ПОНИЖЕНИЯ ЧИСЛА ЛОЖНЫХ СРАБАТЫВАНИЙ  
(ОШИБОК ПЕРВОГО РОДА) В ЗАДАЧЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО  
ОБНАРУЖЕНИЯ МАТОВОГО СТЕКЛА НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ  
КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ ЛЕГКИХ**

В.Д. Корепанов, В.П. Кулагин, М.С. Заботнев

**METHODS FOR REDUCING THE NUMBER OF FALSE POSITIVES  
(ERRORS OF THE FIRST KIND) IN THE PROBLEM  
OF AUTOMATIC DETECTION OF GROUND GLASS IN LUNG  
COMPUTED TOMOGRAPHY IMAGES**

V.D. Korepanov, V.P. Kulagin, M.S. Zabolnev

**Аннотация.** Статья посвящена исследованию методов понижения числа ложных срабатываний в системах автоматического обнаружения слабо формализованных объектов на плоскости (таких, например, как матовое стекло на изображениях КТ легких).

**Ключевые слова:** компьютерная томография, органы дыхательной системы, легкие, грудная клетка, COVID-19, матовое стекло, разметка изображений, программное обеспечение

**Abstract.** The article is devoted to the study of methods for reducing the number of false positives in automatic detection systems for poorly formalized objects (such as, for example, ground glass on CT images of the lungs).

**Key words:** computed tomography, respiratory system, lungs, chest, ground-glass, image labeling, software.