

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕДАЧИ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ И СИГНАЛОВ

УДК 004.75

ОЦЕНКА КРИТЕРИЕВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ВЫБОРЕ ЗАЯВОК НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕРВИСОВ В УСЛОВИЯХ НЕСТАЦИОНАРНОГО ПОТОКА РЕСУРСОВ

*Абдалов А.В., Гришаков В.Г., Логинов И.В.
Академия ФСО России, Орел, РФ
E-mail: senya@academ.msk.rnet.ru*

Проведена оценка критериев принятия решений при выборе заявок на проектирование инфокоммуникационных сервисов при нестационарном потоке ресурсов в условиях их нехватки. Рассмотрена ситуация, в которой часть заявок получает отказ в реализации. Проведено сравнение известных дисциплин обслуживания заявок, выполнено сравнение их достоинств и недостатков. Представлена модель создания инфокоммуникационных сервисов в условиях ограниченных ресурсов, поступающих из нескольких источников. Приведен случай различных характеристик источников ресурсов. Рассмотрены основные характеристики нестационарного потока заявок на проектирование инфокоммуникационных сервисов в крупных организациях. Описан разработанный критерий принятия решений по обслуживанию заявок на проектирование инфокоммуникационных сервисов, учитывающий характеристики поступающего нестационарного потока ресурсов. Выполнены эксперименты по сравнительному анализу критериев принятия решений на потоковое создание инфокоммуникационных сервисов при нестационарном потоке ресурсов. Выявлено, что предлагаемый в работе критерий имеет значимое преимущество по совокупному эффекту при отношении объема требуемых ресурсов к имеющимся более 1,15.

Ключевые слова: критерий принятия решения, дисциплина обслуживания, нестационарный поток ресурсов, инфокоммуникационные сервисы, ресурсы, оценка эффективности, заявка

Введение

Для функционирования распределенных предприятий, таких как корпоративные объединения, расширенные предприятия, адаптивные цепи поставок, необходимо развёртывание надежной инфокоммуникационной среды. Обеспечение непрерывных процессов реструктуризации, изменения состава, структуры, взаимосвязей требует решения задач развёртывания дополнительных инфокоммуникационных сервисов, видоизменения действующих и вывода из эксплуатации потерявших свою актуальность. При этом под инфокоммуникационным сервисом понимается способ предоставления ценности заказчику через содействие им в получении конечных результатов, которых заказчики хотят достичь без владения специфическими затратами и рисками [1].

Поддержка и развитие множества выделенных инфокоммуникационных сервисов получили название сервис-ориентированного подхода (ITSM). Он предполагает, что всё планирование и управление должно основываться на потребностях организации в инфокоммуникационных сервисах, которые организация использует в своей деятельности, то есть на результатах работы инфокоммуникационных сервисов для пользователей [2].

С течением времени изменение организации приводит к возникновению новых задач взаимодействия отдельных структурных единиц корпорации, которые требуют создания дополнительных инфокоммуникационных сервисов. Сами инфокоммуникационные сервисы строятся на базе ресурсов, под которыми подразумеваются аппаратное и программное обеспечение, технические средства, лицензии. Ограниченность ресурсов, выделяемых на инфокоммуникационную среду предприятий, обосновывает актуальность задачи выбора заявок на создание и модернизацию инфокоммуникационных сервисов для реализации из их всего множества. Если ресурсы у организации присутствуют в полном объеме, то проблем выбора заявок не возникает, можно выполнить все поступившие заявки.

Актуальным становится разработка новых алгоритмов распределения ресурсов для инфокоммуникационных сервисов организации в условиях неопределенности при нестационарности потоков ресурсов. Неопределенность заключается в том, что точно неизвестно, какие именно ресурсы поступят в организацию и какие будут задачи по созданию инфокоммуникационных сервисов. При этом задача принятия решения по созданию инфокоммуникационных сервисов осложняется нестационарным характером потока заявок.

Постановка задачи

Задача оценки критериев принятия решений по выбору заявок на создание инфокоммуникационных сервисов формулируется следующим образом:

В подразделение информационных технологий (ИТ-подразделение) организации поступают заявки $K = \{K_1, K_2, \dots, K_i\}$ на создание инфокоммуникационных сервисов с интенсивностью λ^K . Каждая заявка представляет собой задачу по созданию или модернизации информационно-телекоммуникационного сервиса (ИТ-сервиса) в интересах информатизации и описывается кортежем вида $K_i = \langle it_i, \tau_{\text{раб}} \rangle$, где it_i – создаваемый или модернизируемый ИТ-сервис, $\tau_{\text{раб}}$ – временной интервал, в течение которого должен функционировать ИТ-сервис.

Каждый создаваемый или модернизируемый ИТ-сервис it_i требует для своего создания определенного количества ресурсов различных видов и описывается кортежем $it_i = \langle uid, Type, R_i, \tau_{\text{раб}} \rangle$, где $R_i(t) = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{im})$ – вектор ИТ-ресурсов, r_{im} – количество ресурсов m -го вида, используемого в i -м ИТ-сервисе, $Type$ – тип ИТ-сервиса, $\tau_{\text{раб}}$ – временной интервал, в течение которого должен функционировать ИТ-сервис.

Ресурсы поступают из внешних источников $Q = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_n\}$. Каждый из источников характеризуется интенсивностью поступления ресурсов $\lambda_{Q_n}^{im}$ каждого конкретного типа ресурсов, причем интенсивность может изменяться в разные промежутки времени [10].

Выбор заявки на ИТ-сервис реализуется в соответствии с внутренними правилами и критериями организации. При этом учитываются важность, категория сервиса, источник заявки, время развёртывания, ресурсоемкость.

Требуется провести сравнительный анализ, обосновать выбор способа выбора заявок на создание ИТ-сервисов в соответствии с тем, что имеющиеся ресурсы ограничены и поток поступающих ресурсов нестационарен.

Анализ известных решений

Заявок на создание инфокоммуникационных сервисов в организации может быть множество, в связи с этим возникает вопрос, какую именно из заявок выполнить в случае недостаточного количества ресурсов. В связи с этим для создания адаптивной инфокоммуникационной среды требуется высокая интенсивность принятия решения. Для решения проблемы наиболее эффективного обслуживания заявок применяется

множество дисциплин обслуживания, применение той или иной дисциплины обслуживания зависит от особенностей исследуемого объекта. Рассмотрим примеры известных систем.

Беспriorитетная система [3] – здесь рассматривается задача оценки целесообразности передачи через сеть резервных копий запросов (пакетов) при учете дисциплины обслуживания в узлах системы решается с использованием метода имитационного моделирования в предположении, что резервирование передач приводит к снижению средней задержки в сети и увеличению вероятности своевременной безошибочной доставки пакетов адресатам. Показаны границы применимости резервированных передач при беспriorитетном и приоритетном обслуживании. Установлено, что при определенной нагрузке в системе беспriorитетное обслуживание резервированных пакетов предпочтительнее, чем приоритетное обслуживание нерезервированных.

Приоритетная система [4] – обсуждается эффективность назначения приоритетов для обработки пакетов в маршрутизаторе. В качестве оценки эффективности используются среднее время задержки пакетов и коэффициент вариации этой же случайной величины. Показано, что введение приоритетной дисциплины обработки пакетов позволяет обеспечить высокие показатели качества обслуживания мультисервисного трафика.

В оптимизирующей системе [5] анализируется эффективность резервированного выполнения запросов с учетом ненадежности вычислений в компьютерных системах, представляемых многоканальными системами массового обслуживания с общей очередью. Целью работы является исследование возможности повышения эффективности обслуживания при резервированном выполнении копий запросов в разных приборах многоканальной системы в условиях ненадежности вычислений. В [6] проведен анализ эффективности резервированного обслуживания запросов, критичных ко времени их суммарного поэтапного ожидания, в очередях узлов многоуровневого кластера. Выполнен поиск проектных решений по организации многоэтапного резервированного обслуживания копий запросов в многоуровневом кластере, позволяющей повысить вероятность своевременного обслуживания запросов, критичных к суммарному времени ожидания на всех уровнях (этапов обслуживания) системы. Построены модели многоэтапного резервированного обслуживания копий запросов в многоуровневом кластере. Эффективность резервирования

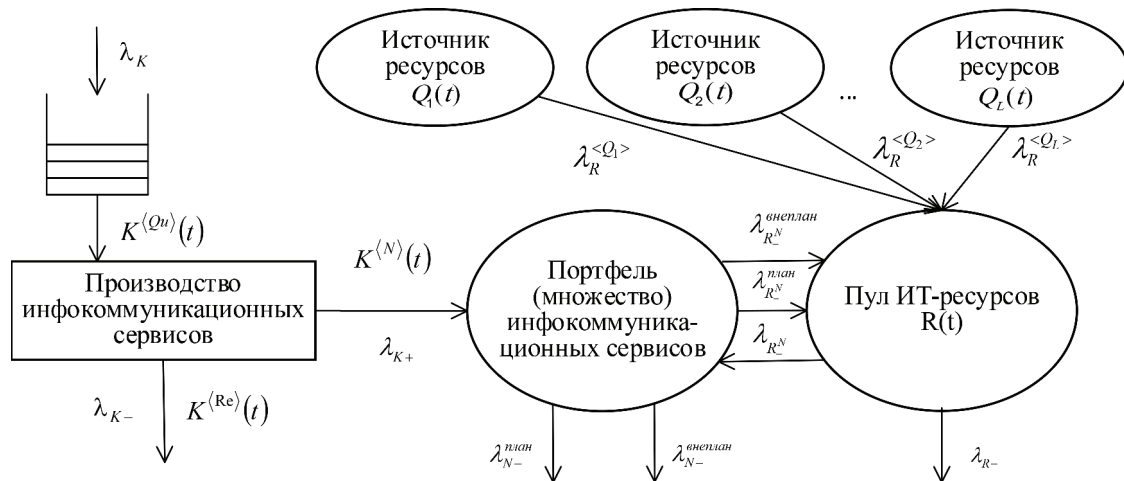


Рисунок 1. Модель создания инфокоммуникационных сервисов организации

оценивается по вероятности неперевышения суммарного поэтапного времени ожидания в очередях узлов всех уровней заданного предельно допустимого времени.

Проведенный анализ показывает, что, несмотря на достаточно большую глубину проработки, учет ограничений, описанных в постановке задачи, выполняется в указанных работах не в полной мере. Это обосновывает актуальность оценки эффективности.

Модель создания инфокоммуникационных сервисов в ИТ-подразделении

В ИТ-подразделение распределенной организации поступают заявки на создание и модернизацию ИТ-сервисов $K^{(Qu)}(t)$ с интенсивностью λ_K . ИТ-подразделение в соответствии с целевой функцией организует развитие ИТ-инфраструктуры организации (см. рисунок 1) методом реконфигурации. На основе поступившей заявки при наличии ресурсов создается ИТ-сервис. Для ИТ-сервиса используются ресурсы из пула доступных ресурсов, под которыми подразумеваются программные и аппаратные средства. Обозначим через $R(t) = \{r_1, r_2, \dots, r_m\}$ множество видов ресурсов. Поток ресурсов, поступающих в организацию, является нестационарным.

Все ресурсы организации образуют пул ресурсов, которые могут:

- пополняться из нескольких источников: через закупки (M видов закупок), поставки от вышестоящей организации в соответствии с заявкой, просто поставки от вышестоящей организации, разработки собственных ресурсов, возврат из ремонта;
- выбывать за счет отправки в ремонт и вывода из эксплуатации.

Все заявки $K^{(Qu)}(t)$ попадают в очередь $K^{(Qu)}$. В ИТ-подразделении в каждом цикле управления принимают решение по каждой заявке:

- «обработать» – задачи $K^{(N)}(t)$ выполняются, и под них в ИТ-отделе создаются и модернизируются ИТ-сервисы $N(t)$ (рисунок 1);
- «отбросить» – задачи на создание и модернизацию ИТ-сервисов, которым было отказано в выполнении, обозначим через $K^{(Re)}(t)$, отбрасываются с интенсивностью λ_{K-} ;
- «оставить в очереди» – K .

Изменение заявок в очереди описывается следующим соотношением:

$$K^{(Qu)}(t) = K^{(Re)}(t) + K^{(N)}(t). \quad (1)$$

Функционирующие в организации ИТ-сервисы могут утилизироваться как планоно, так и внепланово с интенсивностями $\lambda_{N-}^{план}$ и $\lambda_{N-}^{внеплан}$ соответственно.

Необходимые ресурсы для ИТ-сервисов поступают из пула ресурсов $R(t)$ с интенсивностью λ_{R^N} . Также ресурсы могут высвобождаться из ИТ-сервисов как планоно, так и внепланово с интенсивностями $\lambda_{RN-}^{план}$ и $\lambda_{RN-}^{внеплан}$ соответственно. В пул ресурсов попадают ресурсы из источников ресурсов $Q = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_n\}$ с интенсивностью $\lambda_R^{<Q_i>}$. Потоки ресурсов, поступающих от источников, являются нестационарными.

Из пула ресурсов ресурсы, выслужившие срок службы, списываются и утилизируются с интенсивностью λ_R .

Поступающие задачи решаются с помощью создания и модернизации ИТ-сервисов $IT = \{it_1, it_2, \dots, it_n\}$. Обозначим ИТ-сервис в момент времени t через $it_i = \langle uid, Type, R_i, \tau_{раб} \rangle$:

- uid – уникальный идентификатор создаваемого ИТ-сервиса;

– $Type = \{MC, BC, U, OP\}$ – множество типов ИТ-сервиса, где, согласно [7], MC – критически важный для организации в целом (mission-critical). ИТ-сервис чрезвычайно важен для функционирования всей организации; BC – критически важный для организации (business-critical). ИТ-сервис важен для поддержки отдельного направления организации или обеспечивающего процесса организации; U – вспомогательный (utility). Некритичный сервис, решающий частную, вспомогательную задачу; OP – офисной автоматизации (office productivity). Это инфокоммуникационный сервис, используемый для автоматизации повседневной деятельности;

– $R_i(t) = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{im})$ – вектор ресурсов, используемых при реализации i -го ИТ-сервиса в момент времени t , r_{im} – количество ресурса m -го вида, используемое при реализации i -го ИТ-сервиса в момент времени t ;

– $R_{ucn} = \sum_{i=1}^n R_i^{IT}(t)$ – ресурсы, используемые для создания инфокоммуникационных сервисов в организации.

Типовые алгоритмы выбора заявок

В рамках исследования рассматриваются следующие критерии выбора заявок из очереди инфокоммуникационных сервисов.

1. Беспriorитетные, когда предлагается оценить эффект следующих дисциплин обслуживания:

– дисциплины обслуживания FIFO (First In – First Out, то есть первым пришел – первым вышел: заявки выбираются из очереди по порядку) [12], далее обозначим через <FIFO>;

– дисциплины обслуживания LIFO (Last In – First Out, т. е. последним пришел – первым вышел) [13], далее обозначим через <LIFO>.

2. Priorитетные дисциплины обслуживания [14], где заявки делятся на несколько классов по своей важности.

В приоритетной дисциплине обслуживания PFIFO сначала обслуживаются заявки с более высоким приоритетом (заявки из очереди выбираются по приоритету и по принципу FIFO, т. е. первым пришел – первым вышел: заявки выбираются из очереди по порядку), далее обозначим через <PFIFO>.

В приоритетной дисциплине обслуживания PLIFO сначала обслуживаются заявки с более высоким приоритетом (заявки из очереди выбираются по приоритету и по принципу LIFO), далее обозначим через <PLIFO>.

3. Дисциплины выбора заявок на основе стоимостных функций, где для каждой поступающей заявки рассчитывается ее стоимость, далее обозначим через <COST>. Авторами разработан критерий принятия решений на основе стоимостной функции с учетом количества ресурсов, далее обозначим через <ALG>. В алгоритм <ALG> дополнительно введен блок учета нестационарности потока ресурсов.

Функции эффективности обслуживания заявок

Критерии и правила выбора заявок в соответствии с их характеристиками и в первую очередь ценностью для технологических процессов организации могут быть описаны в форме стоимостной функции [11]. В работе получен вариант такой функции для ИТ-подразделения по выбору заявок с приоритетом на создание информационных сервисов в организации. На основе метода анализа иерархий из теории многокритериальной полезности были разработаны критерии для заявок каждого приоритета [12; 16]. Данные критерии были предложены экспертам для их оценки и обобщены. По полученным оценкам была предложена стоимостная функция для заявки каждого приоритета. Имея стоимостную функцию, можно рассчитать стоимость каждой заявки в текущий момент времени.

Заявки из очереди рассматриваются на каждом промежутке времени [15]. Каждый этап принятия решений (создание ИТ-сервиса, отказ в создании ИТ-сервиса, постановка в очередь ИТ-сервиса) рассматривается отдельно. Для каждой заявки выбирается одно из трех действий: обработка (создание ИТ-сервиса), отказ (отказ в создании ИТ-сервиса), очередь (постановка в очередь для последующего решения). Стоимостная функция рассматривается по всем трем действиям к каждой заявке (четыре уровня важности) и по размеру очереди:

$$C = \sum_{i=1}^n c_{\delta,i}^{\delta}(t_i), \quad (2)$$

где $c_{\delta,i}^{\delta}(t_i)$ – эффект выполнения заявки на i -й ИТ-сервис важности δ при применении действия $\delta = \{\text{обработка, отказ, очередь}\}$.

Алгоритм выбора заявок на основе оптимизации функции эффективности

Использование критериальной функции C в качестве обобщенного показателя качества позволяет построить критерий принятия решения и алгоритм выбора заявок, позволяющий максими-

зировать ее значение [8]. Исходя из режима непрерывной работы ИТ-подразделения по созданию ИТ-сервисов в условиях неопределенности предлагаемый алгоритм должен решать задачу максимизации средней величины эффекта $\bar{C} = F(t) \rightarrow \max$.

На рисунке 2 приведен разработанный алгоритм выбора заявок на основе оптимизации стоимостной функции. Исходные данные:

- заявки на создание или модернизацию ИТ-сервисов $it_i = \langle uid, Type, R_i, \tau_{раб} \rangle$;
- стоимостная функция, определяющая эффект для каждого ИТ-сервиса $c_{v,i}^d(t_i)$;
- имеющиеся ресурсы R .

Выходными данными являются:

- величина полученного эффекта \bar{C} ;
- множества созданных $IT^{создание}$, находящихся в очереди $IT^{очередь}$, получивших отказ $IT^{отказ}$ инфокоммуникационных сервисов.

Сравнительный анализ критериев принятия решений по выбору заявок на инфокоммуникационные сервисы

В рамках работы выполнен эксперимент по оценке влияния нестационарности входного потока заявок на эффективность применения алгоритмов выбора заявок. Анализ эффективности обслуживания заявок выполнен путем варьирования интенсивности входного потока заявок (одного класса). Входной поток имеет следующие характеристики (см. рисунок 3, а):

$$\Lambda = \sum_{i=1}^4 \lambda_i = \lambda_{(BC)} + \lambda_{(MC)},$$

$$\lambda_{(BC)}(t) = \text{const}, \tag{3}$$

$$\lambda_{(MC)}(t) = \begin{cases} \lambda_{(MC)}^{\min}, & t \in [0; 90), t \in [180; 270); \\ \lambda_{(MC)}^{\max}, & t \in [90; 180), t \in [270; 360). \end{cases}$$

С учетом заданных характеристик потоков $\lambda_{(BC)}$, $\lambda_{(MC)}^{\min}$ и $\lambda_{(MC)}^{\max}$ доля заявок класса <MC> изменяется с 50 до 62,5 % и в среднем составляет – 56,3 %.

На рисунке 3, а показано изменение интенсивности потоков заявок по классам. Для алгоритма выбора заявок <ALG> отражены мгновенные λ_{K+} и средние $\bar{\lambda}_{K+}$ значения количества реализованных ИТ-сервисов. Результаты выявляют, что количество созданных ИТ-сервисов при изменении входной интенсивности заявок изменяется незначительно.

Рисунок 3, б показывает мгновенные $C_{(ALG),i}$ и усредненные $\bar{C}_{(ALG),i}$ значения функции отклика (рассчитанные на основе стоимостной функции) по одной реализации процесса. Результаты гово-

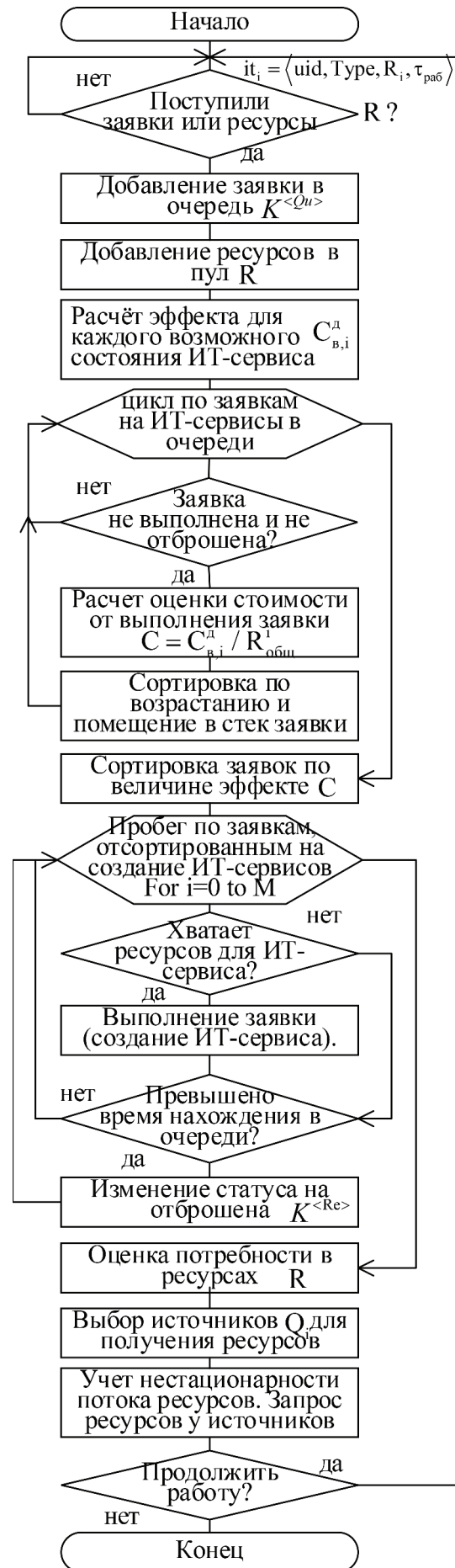


Рисунок 2. Алгоритм выбора заявок <ALG>

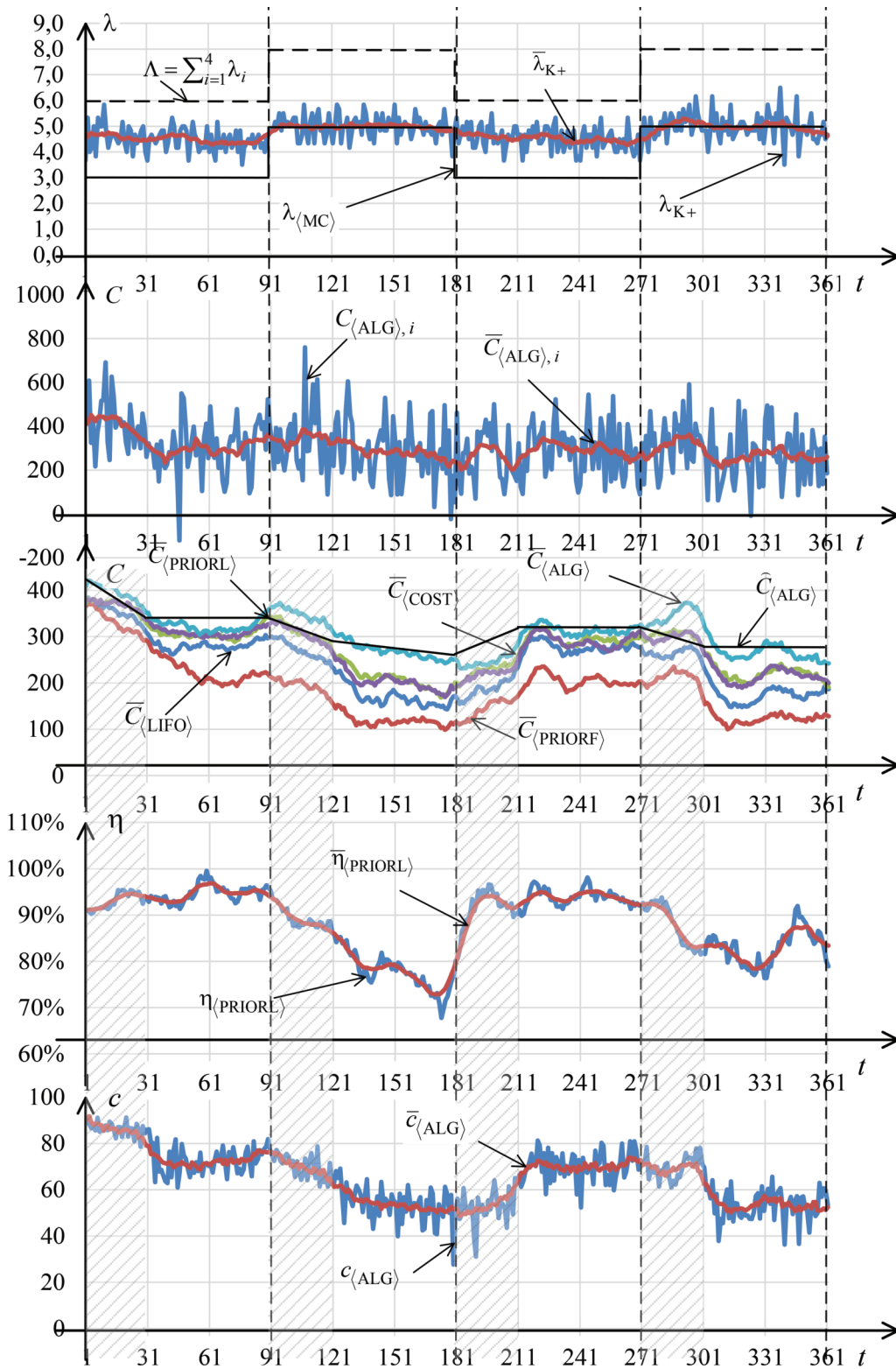


Рисунок 3. Анализ влияния нестационарности входного потока заявок на эффективность создания инфокоммуникационных сервисов

рят о высоком уровне неравномерности функции отклика (в том числе усредненной).

Рисунок 3, в показывает средние значения функций отклика для исследуемых алгоритмов выбора заявок: $\bar{C}_{(LIFO)}$, $\bar{C}_{(PRIORL)}$, $\bar{C}_{(PRIORF)}$, $\bar{C}_{(COST)}$, $\bar{C}_{(ALG)}$. Для алгоритма <ALG> построена

сглаженная функция $\hat{C}_{(ALG)}$ путем регрессионного анализа. Наличие ограничений по времени нахождения заявки в очереди $\tau=30$ приводит к возникновению в начале эксперимента переходного режима, а также трех переходных участков на границах изменения интенсивности (отмече-

ны штриховкой). Результаты эксперимента показывают следующую результативность – наибольшую результативность показал алгоритм <ALG>. Сравнительная оценка приведена в таблице.

Результат свидетельствует, что изменение нагрузки (отношение интенсивности потока заявок к производительности ИТ-подразделения) приводит к изменению эффективности различных алгоритмов выбора заявок. Это показывает наличие возможности разработки субоптимального алгоритма выбора заявок в условиях неопределенности за счет возможности адаптации к структуре потока.

Рисунок 3, з показывает изменение относительной результативности η двух наиболее эффективных по значению отклика алгоритмов выбора заявок – <ALG> и <PRIORL>. Представлены графики мгновенной $\eta_{\langle \text{PRIORL} \rangle}$ и усредненной $\bar{\eta}_{\langle \text{PRIORL} \rangle}$ относительной результативности по отношению к алгоритму <ALG>, где $\eta_{\langle \text{PRIORL} \rangle} = C_{\langle \text{PRIORL} \rangle} / C_{\langle \text{ALG} \rangle}$.

Рисунок 3, д отражает относительный эффект от функционирования ИТ-сервиса на 1 реализованный ИТ-сервис (введенный в эксплуатацию). Представлены графики мгновенного $c_{\langle \text{ALG} \rangle}$ и усредненного $\bar{c}_{\langle \text{ALG} \rangle}$ значений относительного эффекта: $c_{\langle \text{ALG} \rangle}(t) = C_{\langle \text{ALG} \rangle}(t) / n_{\langle \text{ALG} \rangle}(t)$. Результаты показывают значимое изменение относительного эффекта при изменении интенсивности входного потока, что требует применения механизма адаптации при разработке субоптимального алгоритма.

Проведен эксперимент по оценке влияния нестационарности входного потока заявок на эффективность критериев выбора заявок при изменении нагрузки (отношение ресурсоемкости входного потока заявок к интенсивности поступления ресурсов в ИТ-подразделение). Анализ эффективности обслуживания заявок выполнен путем варьирования интенсивности входного потока заявок и уровня нагрузки [9].

На рисунке 4, а отражено изменение абсолютных и относительных значений функций отклика для исследуемых алгоритмов выбора заявок: $C_{\langle \text{LIFO} \rangle}(\rho)$, $C_{\langle \text{PRIORL} \rangle}(\rho)$, $C_{\langle \text{PRIORF} \rangle}(\rho)$, $C_{\langle \text{COST} \rangle}(\rho)$, $C_{\langle \text{ALG} \rangle}$ при изменении отношения уровней требуемых и имеющихся ресурсов: $\rho = R_{\text{тр}} / R_{\text{нал}}$. Результаты показывают, что с увеличением отношения $\rho = R_{\text{тр}} / R_{\text{нал}}$ происходит значимое повышение относительной эффективности алгоритма выбора заявок <ALG>.

На рисунке 4, б представлено изменение абсолютных и относительных значений среднего количества реализованных ИТ-сервисов для исследуемых алгоритмов выбора заявок: $\eta_{\langle \text{LIFO} \rangle}(\rho)$, $\eta_{\langle \text{PRIORL} \rangle}(\rho)$,

Таблица. Сравнительный анализ критериев принятия решений по выбору заявок

Уч-к	$\bar{C}_{\langle \text{LIFO} \rangle}$	$\bar{C}_{\langle \text{PRIORL} \rangle}$	$\bar{C}_{\langle \text{PRIORF} \rangle}$	$\bar{C}_{\langle \text{COST} \rangle}$
1	0,868	0,691	0,947	0,956
2	0,631	0,440	0,778	0,754
3	0,881	0,649	0,938	0,924
4	0,655	0,464	0,831	0,814
Сред.	0,782	0,603	0,889	0,878

$\eta_{\langle \text{PRIORF} \rangle}(\rho)$, $\eta_{\langle \text{COST} \rangle}(\rho)$, $\eta_{\langle \text{ALG} \rangle}(\rho)$ при изменении отношения уровней требуемых и имеющихся ресурсов: $\rho = R_{\text{тр}} / R_{\text{нал}}$. Результаты показывают, что с увеличением отношения $\rho = R_{\text{тр}} / R_{\text{нал}}$ происходит значимое увеличение количества реализованных ИТ-сервисов для алгоритма <ALG>.

На рисунке 4, в представлено изменение абсолютных и относительных значений функций отклика для исследуемых алгоритмов выбора заявок: $C_{\langle \text{LIFO} \rangle}(\rho)$, $C_{\langle \text{PRIORL} \rangle}(\rho)$, $C_{\langle \text{PRIORF} \rangle}(\rho)$, $C_{\langle \text{COST} \rangle}(\rho)$, $C_{\langle \text{ALG} \rangle}$ при изменении отношения уровней требуемых и имеющихся ресурсов: $\rho = R_{\text{тр}} / R_{\text{нал}}$ на участке изменения интенсивности входного потока заявок. Диапазон изменения эффекта показывает необходимость учета условий применения при решении задачи выбора.

На рисунке 4, г отражено изменение эффекта для алгоритма выбора заявок <ALG> для средних значений эффекта и на участках изменения интенсивности для случаев изменения долей заявок классов <MC> $C_{\langle \text{ALG} \rangle, \text{MC}}^{\text{max}}$ и <BC> $C_{\langle \text{ALG} \rangle, \text{BC}}^{\text{max}}$. Рисунок 4, д показывает изменение эффекта для алгоритма выбора заявок при варьировании долей заявок класса <MC> μ в среднем $C_{\langle \text{ALG} \rangle}$ и на участках изменения интенсивности $C_{\langle \text{ALG} \rangle}^{\text{max}}$. Отмечено, что с увеличением доли заявок класса <MC> эффект в целом ощутимо повышается.

Выводы по итогам эксперимента

Оценка критериев принятия решений при выборе заявок на проектирование инфокоммуникационных сервисов в условиях нестационарного потока была сведена к расчету эффекта по всем внедряемым инфокоммуникационным сервисам организации. Анализ эффективности критериев выбора заявок проводился следующими способами:

- путем варьирования интенсивности входного потока заявок (одного класса);
- путем варьирования интенсивности входного потока заявок (одного класса) и уровня нагрузки.

В случае варьирования интенсивностью входного потока заявок (одного класса) большую эффективность показал алгоритм <ALG>. Изменение нагрузки приводит к изменению эффективности различных алгоритмов выбора заявок.

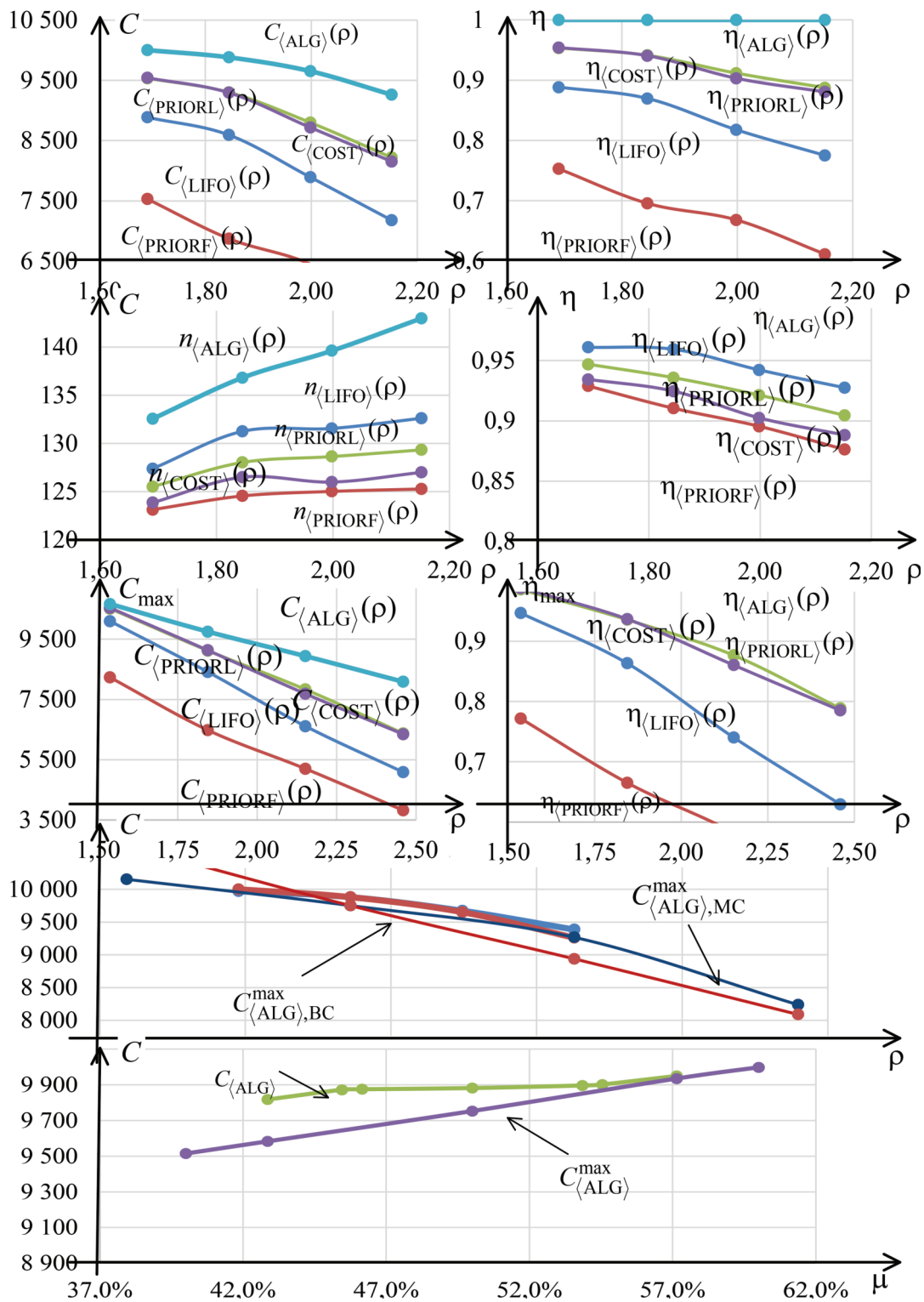


Рисунок 4. Анализ влияния нестационарности входного потока заявок на эффективность создания ИТ-сервисов при изменении нагрузки

Это доказывает наличие возможности разработки субоптимального алгоритма выбора заявок в условиях неопределенности за счет возможности адаптации к структуре входного потока поступления заявок.

В случае варьирования интенсивности входного потока заявок (одного класса) и отношения уровня нагрузки результаты показывают, что с

увеличением отношения происходит значимое повышение относительной эффективности алгоритма выбора заявок $\langle \text{ALG} \rangle$. Также отмечено, что с увеличением доли заявок класса $\langle \text{MC} \rangle$ эффект в целом повышается.

В связи с вышесказанным можно сделать вывод, что алгоритм $\langle \text{ALG} \rangle$ является более эффективным относительно сравниваемых алгоритмов.

Литература

1. ITILv3. Глоссарий терминов и определений, ITIL® V3 Glossary Russian Translation V0.92 // ITIL® V3 Translation Project. 2009. 147 с.
2. Рыжова В.В. Функционально-стоимостной анализ – системный метод изучения объекта. Екатеринбург: ИПК УГТУ, 1998. 59 с.
3. Бон Я.В., Кеммерлинг Г., Пондаман Д. ИТ сервис-менеджмент, введение. М.: IT Expert, 2003. 215 с.
4. Назаров А.А., Терпугов А.Ф. Теория массового обслуживания. Томск: Изд. НТЛ, 2010. 228 с.
5. Паршутина С.А. Модель резервного распределения через сеть и приоритетного обслуживания запросов в системах с многопутевой маршрутизацией // Наука и бизнес: пути развития. 2019. № 3 (93). С. 161–165.
6. Ермаков А.В., Соколов Н.А., Федоров А.В. Оценка эффективности приоритетной обработки пакетов в маршрутизаторе // Труды ЦНИИС. Санкт-Петербургский филиал. 2017. Т. 1, № 4. С. 44–48.
7. Богатырев В.А., Сластухин И.А. Эффективность резервированного выполнения запросов в многоканальных системах обслуживания // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2016. Т. 16, № 2. С. 311–317.
8. Богатырев В.А., Богатырев С.В. Многоэтапное обслуживание запросов, критичных к задержкам ожидания, в многоуровневых системах // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2017. Т. 17, № 5. С. 872–878.
9. Абдалов А.В., Гришаков В.Г., Логинов И.В. Оптимальное распределение ресурсов в процессе создания и модернизации ИТ-сервисов корпоративной информационно-коммуникационной системы // Информационные технологии моделирования и управления. 2016. Т. 101, № 5. С. 388–396.
10. Гришаков В.Г., Логинов И.В. Управление динамической реконфигурацией ИТ-инфраструктуры в меняющихся условиях // Информационные системы и технологии. 2016. № 3 (95). С. 13–22.
11. Абдалов А.В., Гришаков В.Г., Логинов И.В. Модель распределения ресурсов нескольких источников при реконфигурации ИТ-инфраструктуры // Информационные системы и технологии. 2019. № 2 (112). С. 5–16.
12. Лекция 6: Архитектура приложений // ИНТУИТ: Управление ИТ-проектами: Архитектура предприятия. URL: https://intuit.ru/studies/mini_mba/20750/courses/152/lecture/4232?page=3 (дата обращения: 14.01.2021).
13. FIFO (First In First Out) // Национальная библиотека им. Н.Э. Баумана. URL: [https://ru.bmstu.wiki/FIFO_\(First_In_First_Out\)](https://ru.bmstu.wiki/FIFO_(First_In_First_Out)) (дата обращения: 14.01.2021).
14. LIFO // Википедия – свободная энциклопедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/LIFO> (дата обращения: 14.01.2021).
15. Дисциплины обслуживания очередей // Факультет автоматики и вычислительной техники. г. Новосибирск. URL: http://ermak.cs.nstu.ru/~mos/index_7.htm (дата обращения: 14.01.2021).
16. Программа альтернатива метода анализа иерархий: свидетельство о государственной регистрации программы на ЭВМ № 2008611382 Российская Федерация / А.В. Абдалов [и др.]; заявл. 03.07.2008; опублик. 10.10.2008.

Получено 14.01.2021

Абдалов Арсентий Владимирович, сотрудник Академии Федеральной службы охраны (АФСО) РФ. 302015, Российская Федерация, г. Орел, ул. Приборостроительная, 35. Тел. +7 910 204-11-59. E-mail: senya@academ.msk.rsnet.ru

Гришаков Вадим Геннадьевич, сотрудник АФСО РФ. 302015, Российская Федерация, г. Орел, ул. Приборостроительная, 35. Тел. +7 903 637-21-91. E-mail: gvg@academ.msk.rsnet.ru

Логинов Илья Валентинович, сотрудник АФСО РФ. 302015, Российская Федерация, г. Орел, ул. Приборостроительная, 35. Тел. +7 910 303-80-60. E-mail: loginov_iv@bk.ru

**THE EFFECTIVENESS EVALUATION OF DISCIPLINES FOR
SERVICING REQUESTS FOR DESIGNING INFOCOMMUNICATION
SERVICES IN A NON-STATIONARY RESOURCES FLOW**

Abdalov A.V., Grishakov V.G., Loginov I.V.

Academy of the Federal Guard Service of the Russian Federation, Orel, Russian Federation

E-mail: senya@academ.msk.rsnet.ru

The paper evaluates the effectiveness of the disciplines for servicing requests for designing info-communication services in a non-stationary resources flow. The situation is considered in which part of the applications is refused in implementation. A comparison of well-known application service disciplines is made and their advantages and disadvantages are shown. The new discipline of servicing requests for designing info-communication services with a non-stationary flow of resources is given. The main idea of this new criteria is to maximize the value of error function. Error function combine the addictiveness effect of creating info-communication service for organization, rejecting of requests and to container request into queue. The advantages of the developed application service discipline for designing info-communication services in comparison with the most well-known application service disciplines are considered. This effect is viewed at the situation of required resources to using resources ratio is more than 1.15.

Keywords: *service discipline, non-stationary resource flow, infocommunication services, resources, efficiency assessment, application*

DOI: 10.18469/ikt.2021.19.2.01

Abdalov Arsentiy Vladimirovich, Academy of the Federal service of guard of Russia. 35, Priborostroitel'naya Street, Orel, 302015, Russian Federation; employee of the academy. Tel. +7 910 204-11-59. E-mail: senya@academ.msk.rsnet.ru

Grishakov Vadim Gennadievich, Academy of the Federal service of guard of Russia. 35, Priborostroitel'naya Street, Orel, 302015, Russian Federation; employee of the academy. Tel. +7 903 637-21-91. E-mail: gvg@academ.msk.rsnet.ru

Loginov Ilya Valentinovich, Academy of the Federal service of guard of Russia. 35, Priborostroitel'naya Street, Orel, 302015, Russian Federation; employee of the academy. Tel. +7 910 303-80-60. E-mail: loginov_iv@bk.ru

References

1. ITIL® V3 Glossary Russian Translation V0.92. ITIL® V3 Translation Project, 2009, 147 p. (In Russ.)
2. Ryzhova V.V. Functional Cost Analysis – A Systematic Method for Studying an Object. Ekaterinburg: IPK UGTU, 1998, 59 p. (In Russ.)
3. Bon Ya.V., Kemmerling G., Pondaman D. *It Service Management Introduction*. Moscow: IT Expert, 2003, 215 p. (In Russ.)
4. Nazarov A.A., Terpugov A.F. *Queuing Theory*. Tomsk: Izd. NTL, 2010, 228 p. (In Russ.)
5. Parshutina S.A. Model of redundant distribution over the network and priority service of requests in systems with multipath routing. *Nauka i biznes: puti razvitija*, 2019, no. 3 (93), pp. 161–165. (In Russ.)
6. Ermakov A.V., Sokolov N.A., Fedorov A.V. Evaluating the efficiency of priority packet processing in a router. *Trudy TsNIIS. Sankt-Peterburgskij filial*, 2017, vol. 1, no. 4, pp. 44–48. (In Russ.)
7. Bogatyrev V.A., Slastihin I.A. Efficiency of redundant execution of requests in multichannel service systems. *Nauchno-tehnicheskij vestnik informatsionnyh tehnologij, mehaniki i optiki*, 2016, vol. 16, no. 2, pp. 311–317. (In Russ.)
8. Bogatyrev V.A., Bogatyrev S.V. Multistage handling of latency-critical requests in tiered systems. *Nauchno-tehnicheskij vestnik informatsionnyh tehnologij, mehaniki i optiki*, 2017, vol. 17, no. 5, pp. 872–878. (In Russ.)
9. Abdalov A.V., Grishakov V.G., Loginov I.V. Optimal allocation of resources in the process of creating and modernizing IT services of a corporate information and communication system. *Informatsionnye tehnologii modelirovanija i upravlenija*, 2016, vol. 101, no. 5, pp. 388–396. (In Russ.)
10. Grishakov V.G., Loginov I.V. Managing the dynamic reconfiguration of IT infrastructure in a changing environment. *Informatsionnye sistemy i tehnologii*, 2016, no. 3 (95), pp. 13–22. (In Russ.)

11. Abdalov A.V., Grishakov V.G., Loginov I.V. A model for allocating resources from multiple sources when reconfiguring an IT infrastructure. *Informatsionnye sistemy i tehnologii*, 2019, no. 2 (112), pp. 5–16. (In Russ.)
12. Lecture 6: Application Architecture. INTUIT: IT Project Management: Enterprise Architecture. URL: https://intuit.ru/studies/mini_mba/20750/courses/152/lecture/4232?page=3 (accessed: 14.01.2021).
13. FIFO (First In First Out). National Library. N.E. Bauman. URL: [https://ru.bmstu.wiki/FIFO_\(First_In_First_Out\)](https://ru.bmstu.wiki/FIFO_(First_In_First_Out)) (accessed: 11.02.2021).
14. LIFO. Wikipedia – the free encyclopedia. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/LIFO> (accessed: 14.01.2021).
15. Disciplines of queuing service. Faculty of Automation and Computer Science. Novosibirsk. URL: http://ermak.cs.nstu.ru/~mos/index_7.htm (accessed: 14.01.2021).
16. The program is an alternative to the method of analysis of hierarchies: certificate of state registration of the program on a computer No. 2008611382 Russian Federation. A.V. Abdalov et al.; declared 03.07.2008; publ. 10.10.2008.

Received 14.01.2021

УДК 621.39

МОДЕЛЬ РЕАКЦИИ БАЗИЛЯРНОЙ МЕМБРАНЫ ВНУТРЕННЕГО УХА ЧЕЛОВЕКА НА ТОНАЛЬНЫЕ АКУСТИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Жиляков Е.Г.¹, Белов С.П.², Белов А.С.², Прохоренко Е.И.¹

¹ *Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, РФ*

² *Белгородский университет кооперации экономики и права, Белгород, РФ*

E-mail: belov@bsu.edu.ru

Слуховая система человека играет ведущую роль в его жизнедеятельности и прежде всего в процессах информационного обмена на основе звуковых сигналов, особенно устной речи. В связи с этим во многих странах проводятся исследования особенностей восприятия звуков человеком на основе создания различного вида моделей. Это необходимо для совершенствования слуховых аппаратов, разработки систем автоматического распознавания устной речи в системах искусственного интеллекта, оптимизации технологий обработки речевых сигналов при хранении и передаче речевых сообщений. В рамках данной работы получены соотношения, позволяющие воспроизвести результаты эмпирических исследований, в том числе психоакустических, реакций слуховой системы человека на тональные воздействия.

Ключевые слова: *восприятие звуков, математическая модель реакции базилярной мембраны на тональные воздействия*

Введение

Процессы восприятия звука человеком достаточно интенсивно исследуются с различных позиций, среди которых прежде всего следует отметить физиологию слуха, включая медицинские аспекты [1]. Еще одно направление связано с разработкой и использованием компьютерных технологий воспроизведения звуков, например с помощью музыкальных инструментов или электронных средств [2]. Другое важное направление связано с созданием компьютерных технологий обработки записей устной речи и музыкальных записей, включая различные манипуляции с целью улучшения их звучания и сжатия данных при хранении и передаче. Особое значение приобре-

тает разработка технологий автоматического распознавания устной речи, что относится к области искусственного интеллекта.

Представляется верным предположение о том, что в процессе обучения речевому информационному обмену каким-то образом в мозгу человека формируются коды, отражающие словные типы акустических воздействий на слуховую системы. Ясно, однако, что эти коды формируются при фиксации реакций гидромеханических процессов во внутреннем ухе. Поэтому разработка модели распространения волн во внутреннем ухе актуальна и с позиций описания процессов обучения восприятию слов.

Легко понять, что так или иначе возникает необходимость прогнозирования реакции слуховой