

УДК 004.9

DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-2-174-185

Оценка эффективности локальной вычислительной сети при решении главной и обеспечивающих задач

В. Н. Николаев¹, С. И. Рогатин², Е. А. Коломиец¹ ✉, О. И. Атакищев³

¹ ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Россия, 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94

² АО «НИИ ТП», Россия, 127490, Москва, ул. Декабристов, владение 51

³ Институт инженерной физики, Россия, 115114, Москва, ул. Летниковская, 10 стр.

✉ e-mail: lenus07@yandex.ru

Резюме

Цель исследования. Целью данной статьи является оценка производительности инфраструктуры СО ГПИ с учетом функционального предназначения и условий функционирования ее элементов. В качестве объекта исследования выбрана СО ГПИ как типовой элемент инфраструктуры АИС предприятия, на основе централизованной двухуровневой структуры ЛВС в составе АРМ и ЭВМ (серверов).

Методы. В статье представлена модель функционирования локальной вычислительной сети обработки геопространственной информации, организованной по технологии «клиент-сервер», учитывающей влияние на общую производительность параметров АРМ, выполняющих не главную, а обеспечивающую функцию. В современных условиях в значительной степени возросли объемы и разнообразие данных, используемых при планировании, организации и проведении крупных информационных проектов. Кроме данных систем космического мониторинга растет поток геодезической, метео- и геофизической информации, которую необходимо анализировать и учитывать при подготовке и проведении проектов. Уже сегодня необходимые разновидности данных в требуемых объемах не могут быть приняты, обработаны и интегрированы с использованием существующих технических средств наземной инфраструктуры.

Результаты. Выполненные в статье исследования показали, что фактор функциональной надежности существенно влияет на основные функциональные свойства рассматриваемых СО ГПИ. Поэтому необходимо принимать во внимание функциональную надежность элементов при анализе и выборе систем рассматриваемого класса.

Заключение. Противоречия, возникшие между возросшими потоками информации и имеющимися возможностями по их обработке и использованию, обуславливают необходимость использования новых средств, в частности построенных на принципах геоинформационной технологии и геопространственной информации.

Ключевые слова: система обработки геопространственной информации; локальная вычислительная сеть; процессы целевого функционирования; процессы обеспечения; коэффициент функциональной надежности и готовности; коэффициент потери производительности.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Оценка эффективности локальной вычислительной сети при решении главной и обеспечивающих задач / В. Н. Николаев, С. И. Рогатин, Е. А. Коломиец, О. И. Атакищев // Известия Юго-Западного государственного университета. 2019. Т. 23, № 2. С. 174-185. DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-2-174-185.

© В. Н. Николаев, С. И. Рогатин, Е. А. Коломиец, О. И. Атакищев, 2019

UDC 004.9

DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-2-174-185

Assessment of Local Area Network Effectiveness when Solving the Main and Supporting Tasks

Viktor N. Nikolaev¹, Sergey I. Rogatin², Elena A. Kolomiyets¹ ✉,
Oleg I. Atakishchev³

¹ Southwest State University, 94, 50 Let Oktyabrya str., Kursk, 305040, Russian Federation

² JSC "Research Institute TP", 51, Dekabristov str, Moscow, 127490, Russian Federation

³ Institute engineering physics, 10, letnikovskaya str, Moscow, 115114, Russian Federation

✉ e-mail: lenus07@yandex.ru

Abstract

Purpose of research. *is to assess the performance of the infrastructure of the Data processing system (DPS) of graphic user interface (GUI), taking into account the functional purpose and operation conditions of its elements. The object of the study is the GUI DPS since it is a typical element of the automated-information system (AIS) infrastructure of an enterprise, based on the centralized two-level structure of LAN in automated working place (AWP) and computer (servers).*

Methods. *The article presents a model of functioning of a local area network for processing geospatial information, organized using the client-server technology, which takes into account the impact on the overall performance of AWP parameters that perform not the main function, but the supporting one. In modern conditions, the amounts and diversity of data used in planning, organizing and implementing large information projects significantly increased. In addition to data from space monitoring systems, the flow of geodesic, meteorological and geophysical information is growing, which needs to be analyzed and taken into account when preparing and conducting projects. Even today, the necessary types of data in the required amounts cannot be accepted, processed and integrated using the existing technical means of ground infrastructure.*

Results. *The research performed in the article showed that the functional reliability factor significantly affects the basic functional properties of the considered GUI DPS so it is necessary to take into account functional reliability of the elements when analyzing and choosing the systems of the class under consideration.*

Conclusion. *The contradictions that have arisen between the increased flows of information and the existing possibilities of their processing and use necessitate application of new tools, in particular, based on the principles of geo-information technology and geospatial information.*

Keywords: *geospatial information processing system; local area network; target functioning processes; provisioning processes; functional reliability and availability factor; performance loss ratio.*

Conflict of interest. *The Authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.*

For citation: *Nikolaev V. N., Rogatin S. I., Kolomiyets E. A., Atakishchev O. I. Assessment of Local Area Network Effectiveness when Solving the Main and Supporting Tasks. Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University. 2019, 23(2): 174-185 (In Russ.). DOI: 10.21869/2223-1560-2019-23-2-174-185.*

Введение

Применение инновационных геоинформационных технологий в системах обработки информации показало их высокую эффективность при решении задач в интересах народного хозяйства [1-4].

Важной задачей в данной предметной области является оценка производительности систем обработки (СО) геопространственной информации (ГПИ), организованных в виде локальных вычислительных сетей (ЛВС) с АРМ различного функционального назначения [5].

Применение автоматизированных информационных систем при обработке больших объемов разнотипной информации от средств космического мониторинга, растущие требования к уровню интеграции и времени формирования выходных массивов информации вызывают необходимость при организации обработки разнородной информации использование многоуровневых распределенных информационно-вычислительных ресурсов коллективного пользования в виде ЛВС и учета самых разнообразных условий функционирования ее элементов [8, 9].

Известны математические модели, описывающие функционирование СО ГПИ при условии неизменности её состава и структуры в процессе эксплуатации [7]. Однако анализ особенностей построения и функционирования автоматизированных комплексов различного назначения показывает, что не всегда подсистемы и элементы СО, организо-

ванной в виде ЛВС, выполняют свое основное целевое предназначение по решению главной функциональной задачи. Часть ресурсов системы всегда решает не основные, а обеспечивающие задачи. При этом система будет находиться в следующих группах состояний.

1. Активное использование элемента, подсистемы, АРМ в составе ЛВС по своему целевому назначению – например обработке и ГПИ.

2. Отвлечение активных, работоспособных информационно-вычислительных и интеллектуальных ресурсов СО ГПИ для решения обеспечивающих задач:

- управления ресурсами в СО предприятия;
- защиты информации, циркулирующей в ЛВС;
- модернизации основных видов обеспечений;
- ремонта (восстановления, тестирования) элементов системы.

Использование ресурсов, элементов и видов обеспечений СО ГПИ не по прямому функциональному назначению, т.е. для решения задач обеспечения, а также недостаточная надёжность технических и программных средств систем автоматизации существенно снижает эффективность использования автоматизированной системы в целом. В связи с этим важной является научная задача оценки производительности инфраструктуры СО ГПИ с учетом функционального предназначения и условий функционирования ее элементов [6, 10].

Материалы и методы решения задачи

В качестве объекта исследования выберем СО ГПИ как типовой элемент инфраструктуры АИС предприятия на основе централизованной двухуровневой структуры ЛВС в составе N АРМ и L ЭВМ (серверов). Вариант децентрализованной структуры на основе персональных ЭВМ может быть получен как частный случай централизованной структуры при значениях параметров $L=1$ и $N=1$.

Для оценки влияния фактора функциональной надежности необходимо выбрать соответствующую математическую модель. Примем, что все АРМ и ЭВМ в исследуемой структуре однотипные, при этом компоненты программного и технического обеспечения АРМ и ЭВМ решают задачи обеспечения или выходят из строя с интенсивностью α и ν , а восстанавливается с интенсивностью b и θ . Причем одновременно могут восстанавливаться только одно АРМ и одна ЭВМ. Вероятность того, что в такой системе с NL -структурой в любой момент времени работает n АРМ и l ЭВМ, равна [6]:

$$Q_{nl}^{(NL)} = Q_n^{(N)} \cdot Q_l^{(L)}, \quad (1)$$

где $Q_n^{(N)}$ – вероятность того, что из N АРМ работает n ; $Q_l^{(L)}$ – вероятность того, что из L ЭВМ работает l .

С целью упрощения задачи анализа примем, что выход из строя ЭВМ и АРМ или их нецелевое использование происходит независимо. Предположим также, что поток отказов подчиняется закону Пуассона, а время восстановле-

ния описывается экспоненциальным распределением.

Такое допущение, как показала практика эксплуатации различных информационно-вычислительных систем, вполне оправдано и приемлемо при выполнении инженерных расчетов на функциональную надежность систем данного класса.

В предложенной постановке процессы целевого надёжностного функционирования ЭВМ и АРМ могут быть описаны схемой «гибели и размножения» [6].

$$Q_n^{(N)} = \frac{N! \left(\frac{a}{b}\right)^{N-n}}{n! \left(\frac{a}{b}\right)^{N-n}}, n = 1(1)N; \quad (2)$$

$$Q_l^{(L)} = \frac{L! \left(\frac{\nu}{\theta}\right)^{L-1}}{l! \left(\frac{\nu}{\theta}\right)^{L-1}}, l = 1(1)L. \quad (3)$$

С функциональной точки зрения NL -структура будет работоспособной, если будет исправно хотя бы одно АРМ и одна ЭВМ (сервер). Поэтому для оценки функциональной надежности системы целесообразно ввести коэффициент функциональной надежности.

$$K_{\Phi}^{(NL)} = (1 - Q_{n=0}^{(N)})(1 - Q_{l=0}^{(L)}), \quad (4)$$

$$\text{где } Q_n^{(N)} = \frac{N! \left(\frac{a}{b}\right)^N}{\sum_{n=0}^N \frac{N!}{n!} \left(\frac{a}{b}\right)^{N-n}}; \quad (5)$$

$$Q_l^{(L)} = \frac{L! \left(\frac{\nu}{\theta}\right)^L}{\sum_{l=0}^L \frac{L!}{l!} \left(\frac{\nu}{\theta}\right)^{L-1}}. \quad (6)$$

Следует заметить, что $K_{\Phi}^{(NL)}$ имеет физический смысл коэффициента функциональной оперативной готовности к работе, то есть это вероятность того,

что система хотя и потеряла ряд своих свойств для решения задач обеспечения, но осталась работоспособной по прямому назначению.

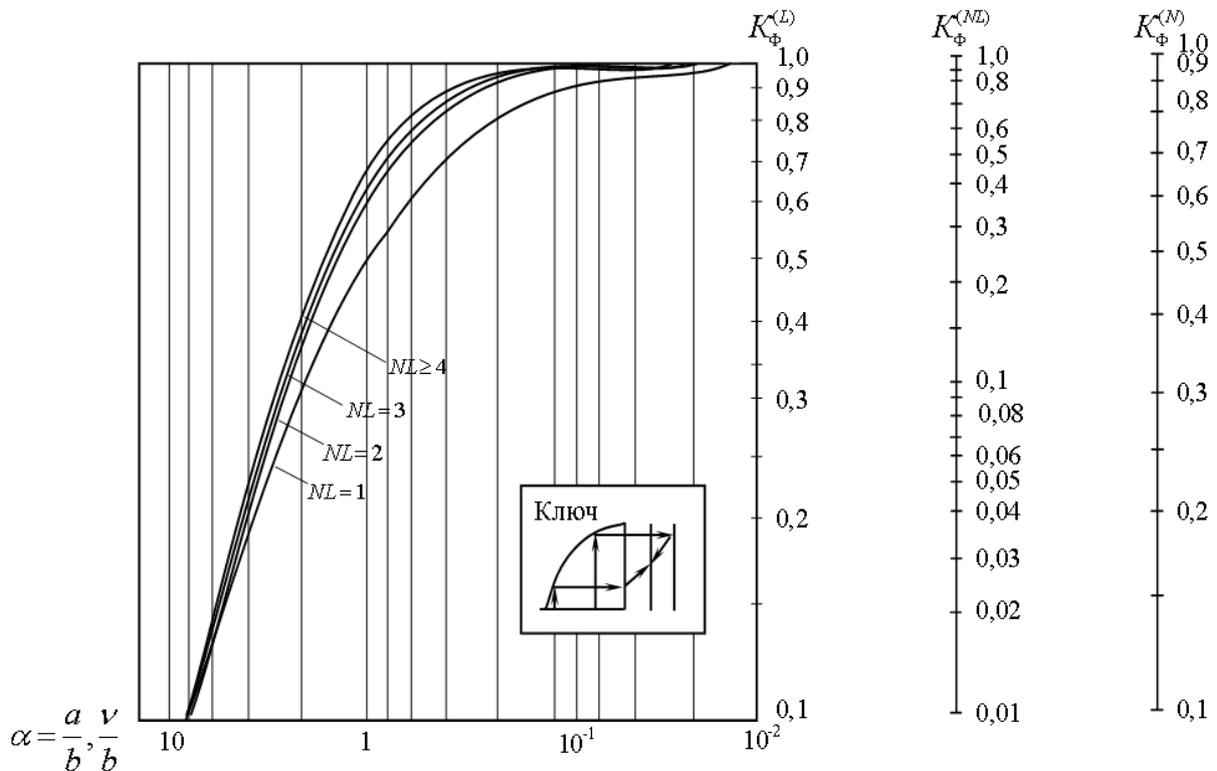


Рис. 1. Номограмма определения коэффициента функциональной надежности $K_{\Phi}^{(NL)}$ СО ГПИ с NL-структурой

На рис. 1 представлена разработанная номограмма для определения $K_{\Phi}^{(NL)}$ в зависимости от структурно-функциональных параметров системы N, L, a, b, v, θ .

Как видно из номограммы влияние численности элементов в подсистемах на $K_{\Phi}^{(NL)}$ существенно лишь в диапазоне $5 \leq \frac{a}{b}, \frac{v}{\theta} \leq 5 \cdot 10^{-2}$. Также заметим, что при $N, L \geq 4$ не происходит значительного изменения $K_{\Phi}^{(NL)}$. Вследствие этого можно сделать важный вывод о

том, что увеличение числа элементов в подсистемах СО ГПИ больше четырех практически не повышает оперативной функциональной готовности системы. В этом случае улучшение надежностных функциональных характеристик достигается путем повышения интенсивности использования элементов по целевому назначению, восстановлением или снижением интенсивности отказов за счет улучшения качества профилактических работ и введения методов программного и аппаратного контроля.

Исследуем на основе предложенной модели (1-5) как будет изменяться производительность СО ГПИ NL -структуры в зависимости от уровня функциональной надежности элементов и числа элементов в подсистемах. В качестве меры сравнения выберем коэффициент потери пропускной способности системы.

$$W = \frac{B_p^{(NL)}}{B^{(NL)}}. \quad (7)$$

Производительность абсолютно функционально надежной системы, используемой по своему прямому назначению, определяется по формулам (1-5) и равна [6]

$$B^{(NL)} = \mu \bar{L}_a, \quad (8)$$

где \bar{L}_a – среднее число активных ЭВМ (серверов) в СО ГПИ NL -структуры.

Реальная производительность NL -структуры с учетом (1-5) будет равна

$$B_p^{(NL)} = \sum_{n=0}^N \cdot \sum_{l=0}^L B_{nl} \cdot Q_{nl}, \quad n=1(1)N, l=1(1)L, \quad (9)$$

где B_{nl} – производительность системы с функционально надежной nl -структурой.

В полученном выражении (8) представлены в аналитическом виде все основные параметры анализируемой системы. Поэтому исследуем показатель (6) на чувствительность к параметрам структуры и к функционально надежным характеристикам элементов. Для облегчения анализа примем, что интенсивности выхода из строя и восстановления элементов системы одинаковы, то есть $\alpha = \frac{a}{b} = \frac{\nu}{\theta}$ $\alpha = \frac{a}{b} = \frac{\nu}{\theta}$. Такое

допущение вполне оправдано, так как в существующих СО ГПИ функциональная и схмотехническая сложность АРМ и ЭВМ и используемой программно-информационной среды являются сопоставимыми. Тогда для случая $L=1$ имеем следующее выражение

$$W = \frac{\sum_{n=0}^N \cdot \sum_{l=0}^L (1 - P_0^{(nl)}) \cdot Q_{nl}}{(1 - P_0^{(NL)})}. \quad (10)$$

На рис. 2 представлены зависимости, характеризующие потери производительности системы от числа элементов в подсистемах и их надежности.

Анализ графиков показывает, что потери производительности системы существенно зависят от числа АРМ N , их надежности a , интенсивности восстановления b , а также интенсивностей обработки информации в подсистемах λ и μ .

Причем коэффициент загрузки системы $\rho = \lambda/\mu$ при заданных функциональных характеристиках заметно влияет на потери производительности системы только в диапазоне $10^{-2} \leq a \leq 10$, в остальных случаях им при анализе можно пренебречь. Заметим, что в области $\rho > 0,1$ увеличение числа АРМ более 10-12 при любом уровне функциональной надежности элементов практически не изменяет установившегося уровня производительности.

Известно, что централизованная структура является предпочтительней в смысле общей производительности системы. Однако с функциональной точки зрения децентрализованная структура

при прочих равных условиях является более надежной.

Поэтому выбор рациональной структуры построения СО ГПИ с учетом

двух функциональных свойств системы (производительности и функциональной надежности) одновременно носит противоречивый характер.

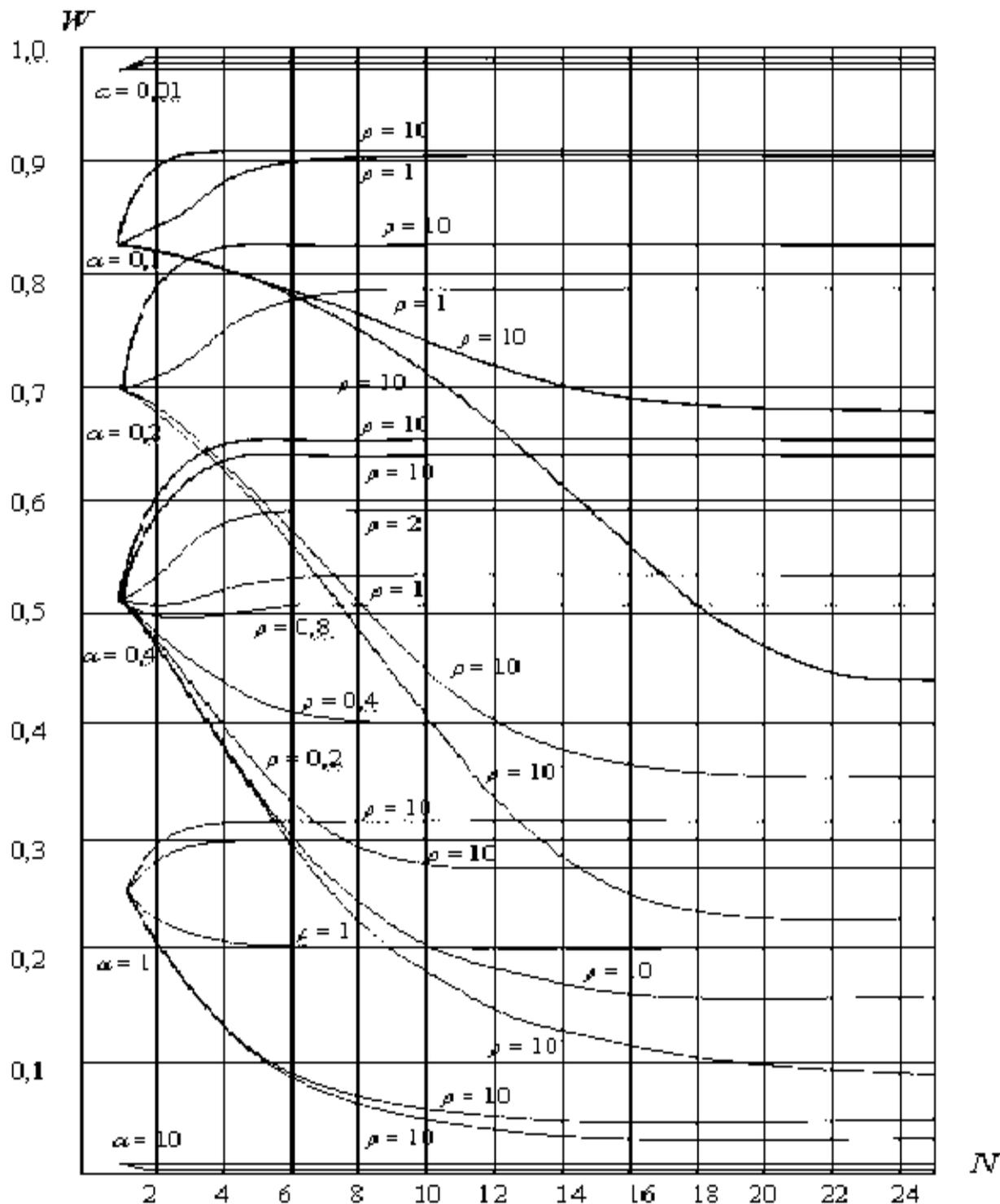


Рис. 2. Чувствительность коэффициента потери производительности системы W к параметрам N , ρ , α

В связи с этим исследуем уровень производительности СО ГПИ с учетом влияния структурных особенностей и фактора надежности. В процессе исследования примем аналогичный подход к сравнению конкурирующих вариантов построения. Сохраним также условие равенства суммарной интенсивности процессов преобразования ГПИ на каждой фазе обработки в системе. В качестве меры сравнения примем модифицированный показатель потери пропускной способности (производительности), отражающий структурные особенности построения СО ГПИ, характеристики подсистем и функциональную надежность элементов системы:

$$\delta(E, B, W) = 1 - \frac{B^{(1)}W^{(1)}}{B^{(2)}W^{(2)}}, \quad (11)$$

где $B^{(1)}$, $B^{(2)}$ – соответственно уровень производительности сравниваемых вариантов; $W^{(1)}$, $W^{(2)}$ – коэффициенты потери пропускной способности.

Показатель (10) определяет уровень выигрыша в пропускной способности двух видов исследуемых структур: децентрализованной и централизованной.

При $\delta(E, B, W) > 0$ централизованная структура является более предпочтительной; если $\delta(E, B, W) < 0$, то лучшей будет децентрализованная структура. На рис. 3 для ряда частных случаев приведены графики чувствительности показателя (10) к составу, характеристикам и функциональной надежности элементов СО ГПИ.

Анализ зависимостей на рис. 3 позволяет в наглядном виде получить границу предпочтительности двух видов структур при различных параметрах E, n, ρ, α . Так, при $\alpha > 0,2$ и $\rho < 1$ предпочтение следует отдать децентрализованной структуре. В случае $0 < \alpha < 1$ и $\rho > 1$ при любом числе элементов и уровне их надежности лучшей будет централизованная структура.

Результаты и их обсуждение

Произведена оценка влияния фактора функциональной надежности элементов двухуровневой СО ГПИ на ее функциональную оперативную готовность. Проведены исследования, позволяющие количественно оценить потери производительности системы такого класса в зависимости от функционального предназначения, надежности и числа элементов на каждом уровне построения СО ГПИ. Построена номограмма определения коэффициента функциональной надежности $Q_{\Phi}^{(NL)}$ СО ГПИ с NL-структурой.

Выводы

Выполненные исследования показали, что фактор функциональной надежности существенно влияет на основные функциональные свойства рассматриваемых СО ГПИ. Поэтому необходимо принимать во внимание функциональную надежность элементов при анализе и выборе систем рассматриваемого класса.

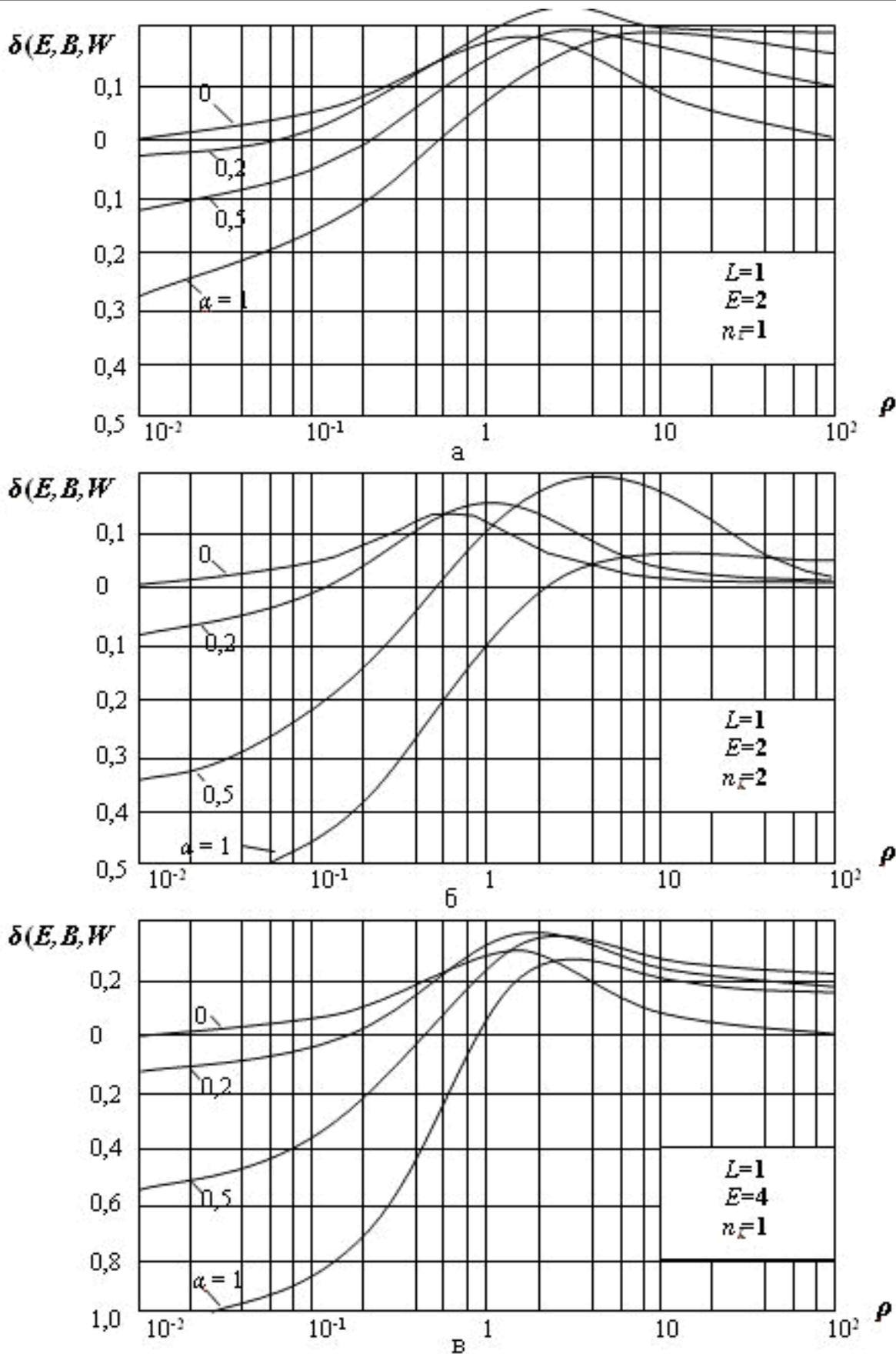


Рис. 3. Графики анализа функции предпочтительности $\delta(E, B, W)$ для различных вариантов построения СО ГПИ

Список литературы

1. Основные направления применения результатов космической деятельности в социально-экономических системах Курской области / В.Н. Николаев, А.М. Потапенко, В.Н. Новиков, И.В. Макарьин // *Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования*. 2016. № 8(18). С. 91-97.
2. Николаев В.Н. Принципы построения инновационной геоинформационной системы научно-промышленного предприятия // *Известия высших учебных заведений. Приборостроение*. 2012. Т.55. № 2. С. 55-58.
3. Николаев В.Н. Геоинформационные и информационные технологии в телекоммуникациях // *Телекоммуникации*. 2016. № 5. С. 38-41.
4. Методология создания автоматизированных информационных систем коллективной обработки разнородной информации от средств аэрокосмического мониторинга / Г.В. Кузьмин, И.В. Макарьин, В.Н. Николаев, Н.Р. Стратилатов. Курск, 2018. 245 с.
5. Николаев В.Н., Маслак А.А. Метод оценки и управления экономическими и интеллектуальными ресурсами инфраструктуры предприятия по критерию «эффективность-стоимость» // *Информационно-измерительные и управляющие системы*. 2013. Т. 11. № 8. С. 46-49.
6. Николаев В.Н. Модель оценки надежности пропускной способности двухуровневой систем обработки геопро пространственной информации коллективного пользования // *Системы управления и информационные технологии*. 2006. Т.25. № 3. С. 23-26.
7. Вертакова Ю.В., Николаев В.Н., Макарьин И.В. Метод оценки стоимости транзакций при создании инновационной геоинформационной продукции // *Известия Юго-Западного государственного университета*. 2012. № 3-2(42). С. 112-117.
8. Николаев В.Н. Метод и устройство управления информационно-вычислительными ресурсами вида «клиент-сервер» // *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение*. 2013. № 1. С. 208-211.
9. Николаев В.Н., Мяснянкина Д.В. Метод управления технико-экономическими ресурсами телекоммуникационной инфраструктуры геоинформационной системы предприятия // *Телекоммуникации*. 2014. № 11. С. 34-38.
10. Коломиец Е.А., Николаев В.Н. Автоматизированная обработка и формирование геопро пространственной информации в социальных системах // *Известия Юго-Западного государственного университета*. 2018. № 5 (80). С. 82-95. DOI: 10.21869/222.3-1560-2018-22-5-82-95.

Поступила в редакцию 12.02.2019

Подписана в печать 28.03.2019

Reference

1. Nikolaev V. N., Potapenko A.M., Novikov V. N., Makarin I. V. Osnovnye napravleniya primeneniya rezul'tatov kosmicheskoi deyatel'nosti v sotsial'no-ekonomicheskikh sistemakh Kurskoi oblasti [The main directions of application of the results of space activities in the socio-economic systems of the Kursk region]. *Innovatsionnaya ekonomika: perspektivy razvitiya i sovershenstvovaniya = Innovative economy: prospects for development and improvement*, 2016, no. 8(18), pp. 91-97 (In Russ.).

2. Nikolaev V. N. Printsipy postroeniya innovatsionnoi geoinformatsionnoi sistemy nauchno-promyshlennogo predpriyatiya = [Principles of construction of innovative geoinformation system of scientific and industrial enterprise]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Priborostroenie = Proceedings of higher educational institutions. Instrument making*, 2012, vol. 55, no. 2, pp. 55-58 (In Russ.).

3. Nikolaev V. N. Geoinformatsionnye i informatsionnye tekhnologii v telekommunikatsiyakh [Geoinformation and information technologies in telecommunications]. *Telekommunikacii*, 2016, no. 5, pp. 38-41 (In Russ.).

4. Kuzmin G. V., Makarin I. V., Nikolaev V. N., Stratilatov N. R. Methodology of creation of automated information systems for collective processing of heterogeneous information from aerospace monitoring. Kursk, 2018, 245 p. (In Russ.).

5. Nikolaev V. N., Maslak A. Metod otsenki i upravleniya ekonomicheskimi i intellektual'nymi resursami infrastruktury predpriyatiya po kriteriyu "effektivnost'-stoimost'" [A Method of evaluation and management of economic and intellectual resources of enterprise infrastructure on the criterion of "efficiency-cost"]. *Informatsionno-izmeritel'nye i upravlyayushchie sistemy = Information-measuring and control systems*, 2013, vol. 11, no. 8, pp. 46-49 (In Russ.).

6. Nikolaev V. N. Model' otsenki nadezhnosti propusknoi sposobnosti dvukhurovnevoi sistem obrabotki geoprostanstvennoi informatsii kollektivnogo pol'zovaniya [Model of estimation of reliability of carrying capacity of two-level systems of processing of geospatial information of collective use]. *Sistemy upravleniya i informatsionnye tekhnologii = Control systems and information technologies*, 2006, vol. 25, no. 3, pp. 23-26 (In Russ.).

7. Vertakova J. V., Nikolaev V. N., Makarin I. V. Metod otsenki stoimosti tranzaktsii pri sozdanii innovatsionnoi geoinformatsionnoi produktsii [The method of valuation of transactions in the creation of innovative geoinformation products]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*, 2012, no. 3-2(42), pp. 112-117 (In Russ.).

8. Nikolaev V. N. Metod i ustroystvo upravleniya informatsionno-vychislitel'nymi resursami vida "klient-server" [Method and device of management of information and computing resources of the "client-server" type]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Meditsinskoe priborostroenie =*

Proceedings of the Southwest State University. Series: Control, Computing engineering, Information science. Medical instruments engineering, 2013, no. 1, pp. 208-211 (In Russ.).

9. Nikolaev V. N., Myasnyankina D. V. Metod upravleniya tekhniko-ekonomicheskimi resursami telekommunikatsionnoi infrastruktury geoinformatsionnoi sistemy predpriyatiya [The method of control of technical-economic resources of the telecommunications infrastructure geographic information system of enterprise telecommunications]. *Telekommunikacii*, 2014, no. 11, pp. 34-38 (In Russ.).

10. Kolomiets E. A., Nikolaev V. N. Avtomatizirovannaya obrabotka i formirovanie geoprostranstvennoi informatsii v sotsial'nykh sistemakh [Automated processing and formation of geospatial information in social systems]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*, 2018, no. 5 (80), pp. 82-95. (In Russ.). DOI: 10.21869/222.3-1560-2018-22-5-82-95.

Received 12.02.2019

Accepted 28.03.2019

Информация об авторах / Information about the Authors

Виктор Николаевич Николаев, доктор технических наук, профессор кафедры информационных систем и технологий, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация, e-mail: nikovic54@yandex.ru

Viktor N. Nikolaev, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Information Systems and Technologies, Southwest State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: nikovic54@yandex.ru

Сергей Иванович Рогатин, кандидат экономических наук, начальник планово-экономического отдела, АО «НИИ ТП» г. Москва, Российская Федерация, e-mail: sergey.rogatin@niitp.ru

Sergey I. Rogatin, Candidate of Economic Sciences, Head of Planning and Economic Department JSC "Research Institute TP", Moscow, Russian Federation, e-mail: sergey.rogatin@niitp.ru

Елена Александровна Коломиец, аспирант, кафедры и информационных систем и технологий, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация, e-mail: lenus07@yandex.ru

Elena A. Kolomiyets, Post-Graduate Student, Department of Information Systems and Technologies, Southwest State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: lenus07@yandex.ru

Олег Игоревич Атакищев, доктор технических наук, профессор, заместитель директора Института инженерной физики, Московское представительство, г. Москва, Российская Федерация, e-mail: aoi007@mail.ru

Oleg I. Atakishiev, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Deputy Director of the Institute Engineering Physics, Moscow, Russian Federation, e-mail: aoi007@mail.ru