

[Electronic resource]. URL: <http://www.gks.ru> (accessed on 1.07.2019). (In Rus.)

3. Promyshlennoye proizvodstvo v Rossii. 2016: Stat. sb. [Industrial production in Russia. 2016: Stat. Reference Book], Moscow, 2016: 347. URL: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2016/prom16.pdf. (accessed on 1.07.2019). (In Rus.)

4. Koshelev V.M., Shushkina L.V. Proekt razvitiya khlebopecheniya v Respublike Kareliya (metody razrabotki i otsenki) [Bakery development project in the Republic of Karelia (development and evaluation methods)]. Moscow, 2017: 157. (In Rus.)

Критерии авторства

Кошелев В.М., Шушкина Л.В. провели обобщение и написали рукопись. Кошелев В.М., Шушкина Л.В. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 08.07.2019

Опубликована 18.10.2019

5. Gataulin A.M. Matematicheskoye modelirovaniye ekonomicheskikh protsessov v selskom khozyaystve [Mathematical modeling of economic processes in agriculture]. Moscow, Agropromizdat. 1990. (In Rus.)

6. Aleksanov D.S., Koshelev V.M. Investitsionniy analiz: Uchebnik [Investment Analysis: Study manual]. Moscow, Izd-vo RGAU-MSKHA, 2015: 327. (In Rus.)

7. Rossiya v tsifrakh. 2017: Krat.stat.sb. [Russia in figures. 2017: Brief stat. reference book] Moscow, 2017: 511 [Electronic resource]. URL: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2017/rusfig/rus17.pdf (accessed on 1.07.2019).

Contribution

V.M. Koshelev, L.V. Shushkina summarized the material and wrote the manuscript. V.M. Koshelev, L.V. Shushkina have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on July 8, 2019

Published 18.10.2019

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В АПК / ECONOMY AND ORGANIZATION OF AGRICULTURAL ENGINEERING SYSTEMS

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 004.94

DOI: 10.34677/1728-7936-2019-5-19-25

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ ПРЕДПРИЯТИЯ АПК НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

КАТАСОНОВА НАТАЛИЯ ЛЕОНИДОВНА, доцент

E-mail: nkatasanova@mail.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, Российская Федерация

В управление предприятием АПК широко внедряются локальные компьютерные сети и корпоративные информационные системы, к функционированию которых должны применяться принципы рациональной организации. Покупка, установка и сопровождение работы информационной системы предприятия высокочрезвычайно. Поэтому актуальным является вопрос экономической эффективности функционирования сети, которую определяют ее топология, степень загрузки, стоимость и функционал программного обеспечения. Для проектирования рационально организованной компьютерной сети может применяться метод имитационного моделирования. В этом случае локальная вычислительная сеть (ЛВС) представляется в виде системы массового обслуживания со случайной частотой генерации транзакций, устанавливаемой в определенном интервале в соответствии с планируемым объемом компьютерных транзакций в деятельности предприятия. Рационально организованная компьютерная сеть должна характеризоваться высоким коэффициентом загрузки узлов (устройств) системы (персональных компьютеров (рабочих станций), серверов, коммутаторов, маршрутизаторов) при незначительных очередях запросов к этим устройствам. Имитационное моделирование позволяет не только разработать модель компьютерной сети и определить в ней «узкие места», но и провести эксперименты с моделью, определив наиболее рациональную ее структуру. В статье описывается топология и структура ЛВС для складского хозяйства компании «ЭкоАгро», занимающегося выращиванием овощей закрытого грунта. Прогон модели с параметрами ЛВС, предлагаемыми предприятием, показал, что сеть является недогруженной и, следовательно, неэффективной. Недогруженность сети повышает стоимость продукции вследствие высокой величины удельных затрат на амортизацию и электроэнергию. На основе проведенного эксперимента с моделью предприятию предложено, во-первых, приобрести менее дорогие компьютеры меньшей мощности и, во-вторых, обеспечить к ним доступ других служб предприятия для роста степени загрузки.

Ключевые слова: локальная вычислительная сеть, рациональные параметры компьютерной сети, имитационное моделирование, распределенные транзакции компьютерной сети.

Формат цитирования: Катасонова Н.Л. Проектирование локальной компьютерной сети предприятия АПК на основе имитационного моделирования // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2019. № 5(93). С. 19-25. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-5-19-25.

DESIGNING A LOCAL COMPUTER NETWORK OF AGRICULTURAL ENTERPRISE BASED ON SIMULATION MODELING

NATALIA L. KATASONOVA, Associate Professor

E-mail: nkatasonova@mail.ru

Russian Timiryazev State Agrarian University; 127550, Timiryazevskaya Str., 49, Moscow, Russian Federation

Currently, local-area network and corporate information system are widely used in the management of enterprises, the functioning of which also required the application of the rational organization principles. Purchase, installation and maintenance of an enterprise information system is a high-cost activity. Therefore, the network economic efficiency, which determines its topology, degree of loading, cost and the software functionality is rather relevant. To design a rationally organized computer network, use can be made of the method of simulation. In this case, the local area network (LAN) is represented as a queuing system with random frequent generation of transactions established in a certain interval in accordance with the planned volume of computer transactions in the enterprise activity. A rationally organized computer network should be characterized by a high load factor of nodes (devices) of the system (personal computers (workstations), servers, switches, routers) with small queues of requests to these devices. Simulation modeling provides not only for developing a model of a computer network and determining its “bottlenecks”, but also conducting experiments with the model to determine its most rational structure. The paper describes the topology and structure of LAN for storage facilities of the agricultural enterprise “EcoAgro” engaged in the cultivation of greenhouse vegetables. Running the model with LAN parameters proposed by the company showed that the network is underutilized, and therefore, inefficient. Underutilization of the network increases the cost of production due to high specific costs of depreciation and electricity. Based on the conducted experiment with the model, the enterprise was offered, first of all, to purchase less expensive computers with lower performance, and, secondly, to provide access to them for various departments of an enterprise to ensure their increased workload.

Key words: local area network, rational computer network parameters, simulation, distributed computer network transactions.

For citation: Katasonova N.L. Designing a local computer network of agricultural enterprise based on simulation modeling. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2019; 5(93): 19-25. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-5-19-25 (In Rus.).

Введение. Внедрение новых информационных технологий позволяет совершенствовать хозяйственный механизм управления и повышать эффективность сельскохозяйственного производства. Эффективное управление агропромышленным предприятием строится на актуальной информации, статистических данных, анализе экономической ситуации в отрасли. В современных условиях для повышения эффективности функционирования предприятия необходимо обеспечить своевременное поступление информации лицам, принимающим решения. Представление достоверной и полной информации о состоянии внутренней и внешней среды управляемых объектов возможно при наличии современных средств коммуникации, в частности локальных вычислительных сетей (ЛВС), которые должны быть технически и экономически эффективными, иметь оптимальную мощность. Архитектура и топология сети, мощность её узлов должны соответствовать частоте и размеру проходящих по сети транзакций.

Цель исследования – применение имитационного моделирования для проектирования компьютерных сетей предприятия и оценки эффективности их работы.

Методы исследования. Наиболее рациональная с точки зрения экономической эффективности организация локальной вычислительной сети предприятия может быть

достигнута на основе использования имитационного моделирования компьютерной сети.

Имитационное моделирование – это метод, позволяющий создавать и реализовывать математические модели, отражающие процессы, происходящие в системе, во времени [1, 2]. При имитационном моделировании логико-математическая модель исследуемой системы представляет собой алгоритм ее функционирования, программно-реализуемый на компьютере. Отличительной чертой метода является воспроизведение процесса функционирования системы во времени и пространстве, т.е. в режиме работы реального объекта. Имитационная модель отражает функционирование реальной системы и составляющих ее элементов с сохранением логической структуры системы и динамики взаимодействия ее элементов. Так как имитационная модель отражает процесс функционирования сложной системы с определённой погрешностью, метод имитационного моделирования представляет собой экспериментальный метод исследования реальной системы по ее имитационной модели. Наиболее объективное представление о работе реальной системы можно получить на основе серии экспериментов (прогонов) модели, так как исход каждого прогона носит случайный характер. На основе серии прогонов формируется выборочная совокупность характеристик

модели, по которой делается вывод о характеристиках реальной системы [3].

Формально моделируемая система может быть представлена как система массового обслуживания (СМО) с соответствующими ей объектами (очередь, обслуживающее устройство, входящий и выходящий поток транзактов на обслуживание). Представление динамического объекта в виде сети СМО и расчёт основных характеристик работы сети позволяет выявить в ней «узкие места». Узким местом является перегруженность узлов сети (и следовательно, наличие большой очереди транзактов на обслуживание) или его недогруженность (тогда предприятие будет недополучать доход, иметь высокую себестоимость продукции вследствие высоких удельных затрат на амортизацию оборудования. Это позволяет выработать адекватные управленческие решения по рационализации ее работы (к которым, например, может быть отнесена замена оборудования на более производительное или введение дополнительных каналов обслуживания) [4]. Все предполагаемые стратегии могут быть оценены с помощью разработанной имитационной модели.

При анализе сетей СМО исходят из гипотезы, что количество требований, поступивших в некий узел за время T , равно количеству требований, покинувших этот узел. Наиболее часто при анализе сетей СМО рассчитывают и анализируют такие их характеристики как [5]:

1. Коэффициент использования узла (U_k):

$$U_k = \frac{B_k}{T},$$

где B_k – общее время обслуживания узлом k ; T – общее время наблюдения за системой или время моделирования.

2. Среднее время обслуживания в узле k (S_k):

$$S_k = \frac{B_k}{C_k},$$

где C_k – общее количество требований, прошедших через сеть.

3. Производительность узла (X_k):

$$X_k = \frac{U_k}{S_k}.$$

В качестве метода имитационного моделирования выбран дискретно-событийный метод.

Результаты исследования. Проектирование локальной компьютерной сети основывалось на данных складского хозяйства компании «ЭкоАгро», специализирующейся на производстве овощей защищённого грунта, на основе имитационного моделирования. Для этого в системе моделирования GPSS World была разработана имитационная модель ЛВС и проведен прогон модели с основными характеристиками ее работы. Состав сети брался на основе предлагаемой предприятием топологии и архитектуры, а также мощности его узлов (коммутаторов, маршрутизатора и сервера).

Склад предполагается использовать круглогодично. Поступление товара на склад и отгрузка товара со склада должна осуществляться ежедневно. На складе работает два кладовщика и завскладом, функционирует локальная сеть на основе технологии Ethernet. Топология сети следующая: иерархическая звезда без петлевых соединений, включает два коммутатора, маршрутизатор, четыре персональных компьютера (ПК), одно многофункциональное устройство (МФУ), один принтер, одно копировальное устройство (рис. 1).

Конфигурация сети представлена в таблице 1.



Рис. 1. Физическая схема сети складского хозяйства

Fig. 1. Physical scheme of a network of warehouse facilities

Обработка запроса в сервере происходит в течение 20-30 микросекунд (мкс). Частота запросов передачи информации от одной станции к другой невысокая (товарная накладная, поступление, реализация). Длина

передающихся сообщений составляет около 1,2 Кбайт. Тип канала связи – дуплекс, скорость передачи информации – 1,2 Мбайт/с. Витая пара как кабель связи используется для передачи данных на скорости 10 Мбит/с и 100 Мбит/с.

Конфигурация сети

Table 1

Network configuration

Вид техники	Марка, характеристика	Количество, ед.
Сервер	Dell PowerEdge T20(ЦП Intel XeonE3-1225 v3)	1
Рабочая станция	(ЦП Intel Pentium G4560)	4
Коммутаторы	8-портовые гигабитные T2500G-10TS	2
Маршрутизатор	Гигабитный Multi-WAN VPN TL-ER6020	1
МФУ	Canon pixma mg ² 540s	1
Принтер	Xerox Phaser 3020BI	1
Копировальное устройство	Epson perfection v19	1

В данной ЛВС проходит три вида транзакций:

1. Запрос на печать документа с персонального компьютера 1 (ПК1) кладовщика-приёмщика на локальный принтер (рис. 2). Каждые 360000 ±5000 мкс с первого компьютера через коммутатор направляется запрос на локальный принтер, который производит печать документа.

2. Запрос на удалённый ресурс: пересылка документа от кладовщика к заведующему складом – с ПК1 на ПК3 (рис. 3). С персонального компьютера каждые 30000 ±7000 мкс направляется запрос на первый коммутатор (документ пересылается от кладовщика к заведующему складом), перед которым образуется очередь из запросов и который передаёт запрос маршрутизатору, где также

может образовываться очередь. Далее происходит распознавание IP-адреса устройства удалённого доступа (в среднем за 7 ±2 мкс) и передача запроса на второй коммутатор, который, в свою очередь по IP-адресу в течение 6 ±3 мкс передаёт запрос адресату на персональный компьютер (ПК3) заведующего складом.

3. Запрос на выход в Интернет: заведующий складом запрашивает страницу сайта и другие запросы. При этом второй коммутатор передаёт удалённый запрос маршрутизатору, который, в свою очередь, передаёт запрос на сервер. Запрос выполняется на сервере в течение 50 ±10 мкс и направляется через коммутатор и маршрутизатор обратно на ПК3 (рис. 4).

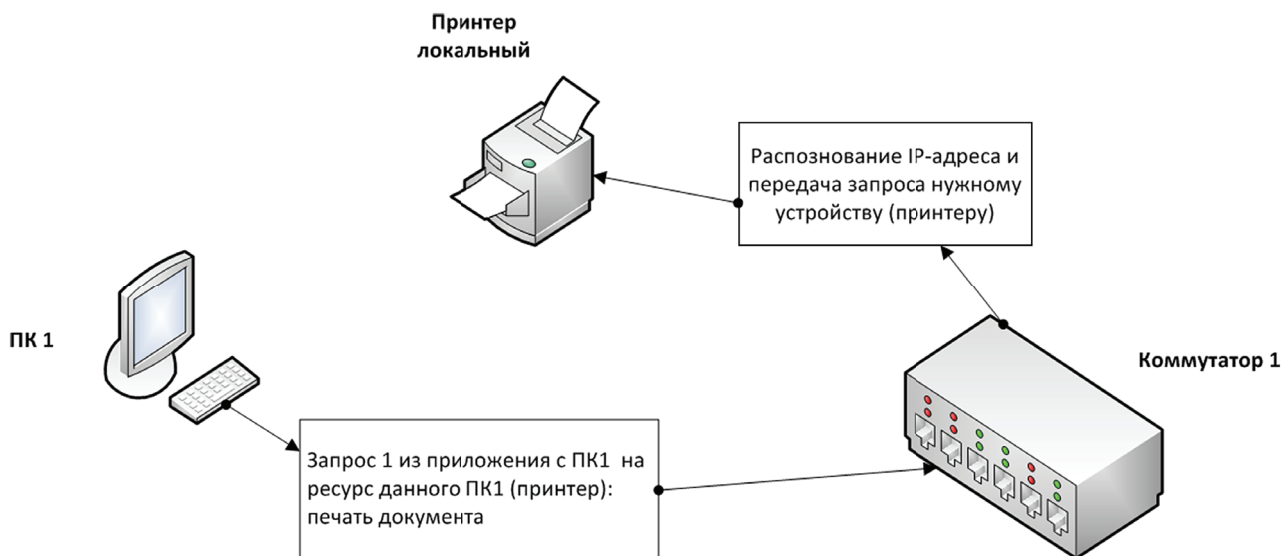


Рис. 2. Запрос 1

Fig. 2. Request 1

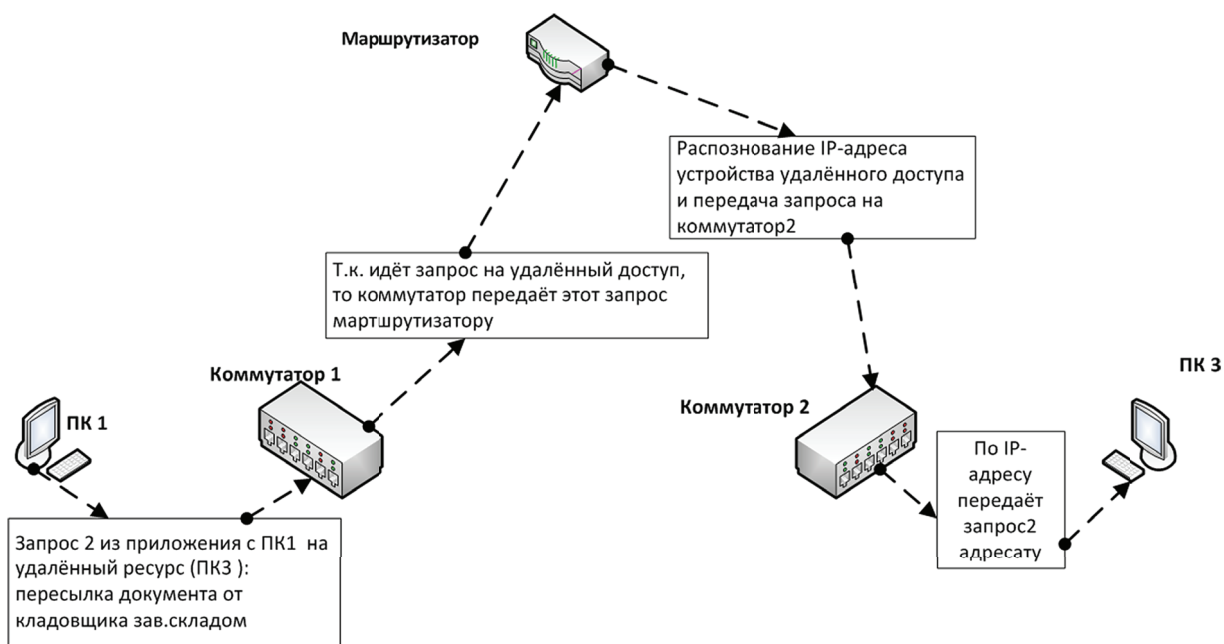


Рис. 3. Запрос 2

Fig. 3. Request 2

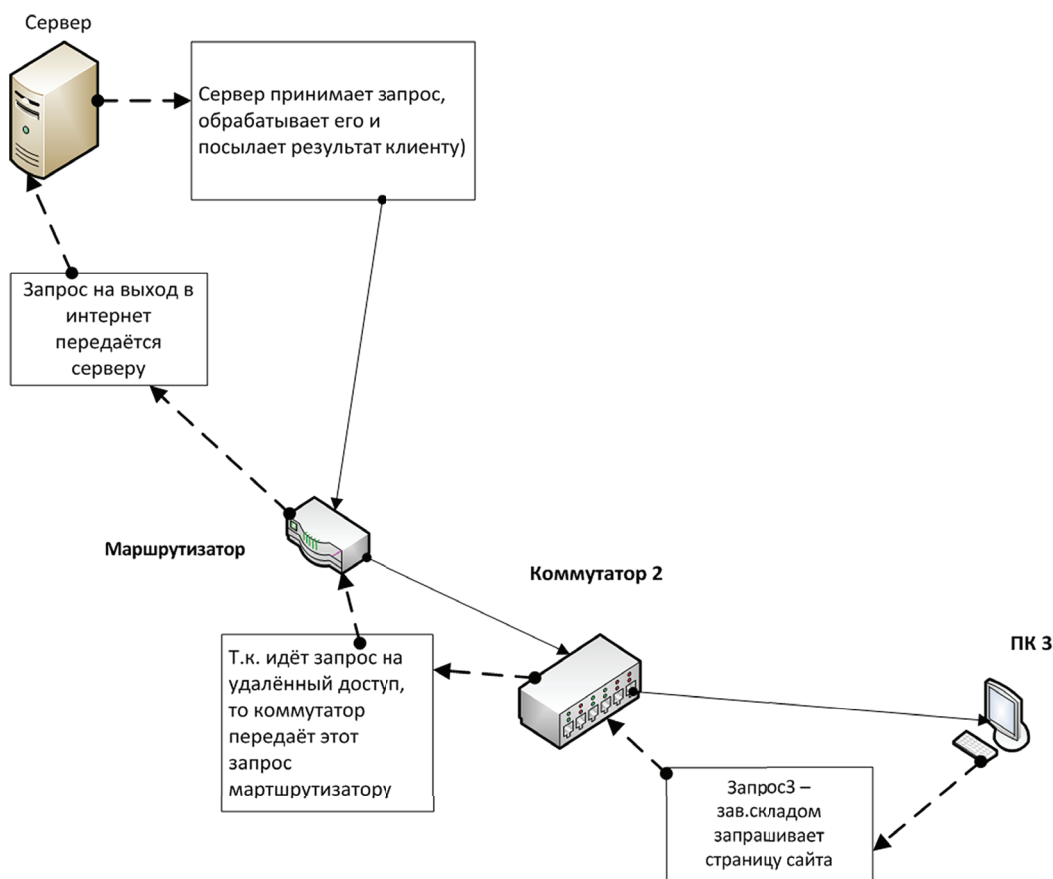


Рис. 4. Запрос 3

Fig. 4. Request 3

Во всех транзакциях задействованы сетевые устройства: коммутаторы и маршрутизатор. Коммутаторы пересылают информацию на нужные устройства ЛВС (работают с IP-адресами устройств данной ЛВС). Основная их задача – перевод информации

из локального формата в сетевой формат. Маршрутизатор работает с MAC-адресами и осуществляет связь с сетью Интернет (связь с провайдером). Оба эти устройства используются для согласования работы устройств, входящих в ЛВС.

Все описанные выше запросы с фактическим диапазоном времени их генерации и обработки коммутаторами, маршрутизатором и сервером смоделированы с помощью системы имитационного моделирования GPSS World. Фрагмент модели представлен на рисунке 5.

После прогона данной модели были получены следующие результаты работы сети (рис. 6).

Как показывает стандартный отчет о результатах моделирования, практически все устройства системы недогружены (коэффициенты их загрузки (UTIL.) близки к нулю). Ни к одному из устройств не образуется очередь из транзактов (средняя длина очереди (AVE.CONT) – нулевая, среднее время нахождения транзакта в очереди (AVE.TIME) – также нулевое).

```

; запрос 1
GENERATE 36000,5000 ; запрос 1 от ПК1, мс
QUEUE Kommut_1
SEIZE Kom_1
DEPART Kommut_1
ADVANCE 5,3 ; распознавание IP-адреса
RELEASE Kom_1

QUEUE Och_printer
SEIZE Printer
DEPART Och_printer
ADVANCE 200,20 ; печать документа
RELEASE Printer
TERMINATE 0

; запрос 2
GENERATE 30000,7000 ; запрос 2 от ПК1, мс
QUEUE Och_commut_1
SEIZE Kom_1
DEPART Och_commut_1
ADVANCE 4,2 ; передача маршрутизатору
RELEASE Kom_1

QUEUE Och_marshrut
SEIZE marshrut
DEPART Och_marshrut
ADVANCE 7,2 ; распознавание IP-адреса устройства удаленного доступа
RELEASE marshrut

QUEUE Och_commut_2
SEIZE Kom_2
DEPART Och_commut_2
ADVANCE 6,3 ; распознавание IP-адреса
RELEASE Kom_2
TERMINATE 0
***
; Запрос 3 Запрос сайта
GENERATE 45000,1000 ; запрос завскладом страниц сайта, мс
QUEUE Och_commut_2
    
```

Рис. 5. Имитационная модель работы (ЛВС) предприятия в системе GPSS World (фрагмент)

Fig. 5. Simulation model of work (LAN) of the enterprise in the GPSS World system (fragment)

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
KOM_1	20	0.000	4.717	1	0	0	0	0	0
MARSHRUT	19	0.000	6.924	1	0	0	0	0	0
KOM_2	19	0.000	4.749	1	0	0	0	0	0
PRINTER	9	0.005	197.522	1	0	0	0	0	0
SERVER	8	0.001	48.222	1	0	0	0	0	0
MARSHRUT_OBRATNO	8	0.000	6.940	1	0	0	0	0	0
KOM_2_OBRATNO	8	0.000	7.713	1	0	0	0	0	0

QUEUE	MAX CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY
OCH_COMMUT_1	1	0	11	11	0.000	0.000	0.000
OCH_MARSHRUT	1	0	19	19	0.000	0.000	0.000
OCH_COMMUT_2	1	0	19	19	0.000	0.000	0.000
KOMMUT_1	1	0	9	9	0.000	0.000	0.000
OCH_PRINTER	1	0	9	9	0.000	0.000	0.000
OCH_SERVER	1	0	8	8	0.000	0.000	0.000
OCH_MARSHRUT_OBRATNO	1	0	8	8	0.000	0.000	0.000
OCH_KOM_2_OBRATNO	1	0	8	8	0.000	0.000	0.000

Рис. 6. Фрагмент отчета о результатах моделирования работы ЛВС предприятия в системе GPSS World

Fig. 6. Fragment of the report on the results of modeling the enterprise LAN in the GPSS World system

Разработка модели компьютерной сети работы складского хозяйства сельскохозяйственного предприятия и эксперименты с ней показали, что планируемая топология сети и мощность её основных узлов не является рациональной, так как основные узлы сети (коммутаторы, маршрутизаторы и сервер) имеют низкие коэффициенты загрузки, что увеличивает удельные затраты на амортизацию и электроэнергию и ведёт к потере конкурентоспособности продукции предприятия. Рекомендуется либо дополнительная загрузка сети транзакциями других подразделений предприятий, если это технологически возможно, либо отказ от установки сети.

Выводы

Для проектирования компьютерных сетей предприятия и оценки эффективности их работы может быть применено имитационное моделирование, которое позволяет сформировать численную доказательную базу для выбора направлений рационального проектирования компьютерных сетей предприятия или реинжиниринга бизнес-процессов. Имитационная модель может служить инструментом для обоснования выбора рациональных параметров сети.

Библиографический список

1. Худякова Е.В., Клочкова К.В. Оптимизация технико-экономических параметров организации процесса уборки зерновых культур на основе имитационного моделирования // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Гoryachkina». 2015. № 5 (69). С. 60-64.
2. Худякова Е.В. Инструменты и механизмы государственной поддержки развития мясного скотоводства: Научное издание / Е.В. Худякова, Ю.Р. Стратонович, А.П. Королькова, Е.О. Метелькова. М.: Росинформагротех. 2016. 136 с.
3. Ахметов М.А., Халилов Е.О. Исследование гибкой производственной системы на этапе системотехнического проектирования имитационным моделированием и анализом результатов имитации анимационными экспериментами // Системы управления и информационные технологии. 2019. Т. 75. № 1. С. 56-59.
4. Журавлев С.С. Использование среды моделирования STATEFLOW программного пакета Matlab в имитационном моделировании реактивных динамических систем

Критерии авторства

Катасонова Н.Л. провела обобщение и написала рукопись. Катасонова Н.Л. имеет на статью авторские права и несёт ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 06.06.2019

Опубликована 18.10.2019

/ С.С. Журавлев, К.В. Зубарев, А.А. Ковалев // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. 2016. № 14-1. С. 75-80.

5. Лычкина Н.Н. Синергетика и процессы развития в социально-экономических системах: поиск эффективных модельных конструкций // Бизнес-информатика. 2016. № 1 (35). С. 66-79. DOI: 10.17323/1998-0663.2016.1.66.79

References

1. Khudyakova Ye.V., Klochkova K.V. Optimizatsiya tekhniko-ekonomicheskikh parametrov organizatsii protsessa uborki zernovykh kul'tur na osnove imitatsionnogo modelirovaniya [Optimization of technical and economic parameters of the organization of grain crop harvesting based on simulation modeling]. *Vestnik FGOU VPO "MGAU imeni V.P. Goryachkina"*. 2015; 5 (69): 60-64. (In Rus.)
2. Khudyakova Ye.V., Stratonovich Yu.R., Korol'kova A.P., Metel'kova Ye.O. Instrumenty i mekhanizmy gosudarstvennoy podderzhki razvitiya myasnogo skotovodstva: Nauchnoye izdaniye [Tools and mechanisms of state support for the development of beef cattle breeding: Scientific publication]. Moscow, Rosinformagrotekh. 2016: 136. (In Rus.)
3. Akhmetov M.A., Khalilov Ye.O. Issledovaniye gibkoy proizvodstvennoy sistemy na etape sistemotekhnicheskogo proyektirovaniya imitatsionnym modelirovaniyem i analizom rezul'tatov imitatsii animatsionnymi eksperimentami [Study of a flexible production system at the stage of system design by simulation modeling and analysis of simulation results by animation experiments]. *Sistemy upravleniya i informatsionnyye tekhnologii*. 2019; vol. 75; 1: 56-59. (In Rus.)
4. Zhuravlev S.S., Zubarev K.V., Kovalev A.A. Ispol'zovaniye sredi modelirovaniya STATEFLOW programmnoy paketa Matlab v imitatsionnom modelirovanii reaktivnykh dinamicheskikh system [Using the modeling environment STATEFLOW software package Matlab in the simulation of reactive dynamic systems]. *Fundamental'nyye i prikladnyye issledovaniya v sovremennom mire*. 2016; 14-1: 75-80. (In Rus.)
5. Lychkina N.N. Sinergetika i protsessy razvitiya v sotsial'no-ekonomicheskikh sistemakh: poisk effektivnykh model'nykh konstruksiy [Synergetics and development processes in socio-economic systems: the search for effective model constructions]. *Biznes-informatika*. 2016; 1 (35): 66-79. DOI: 10.17323/1998-0663.2016.1.66.79 (In Rus.)

Contribution

Katsonova N.L. summarized the material and wrote the manuscript. Katasonova N.L. has equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The author declares no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on June 6, 2019

Published 18.10.2019