

- infokommunikacijah* [New information technologies: personnel training. P.2. Simulation modelling and management of business processes in infocommunications]. Samara, SNC RAN Publ., 2008, 350 p.
10. Anufriev D.P., Dimov E.M., Maslov O.N., Troshin Y.V. Statisticheskoe imitacionnoe modelirovanie i upravlenie biznes-processami v social'no-ehkonomicheskikh sistemah [Statistical simulation modeling and management of business processes in socio-economic systems]. Astrahan, AstrISMI Publ. 2015. 365 p.
11. Germeier Yu.B. *Igry s neprotivopolozhnyimi interesami (teoriya prinyatiya resheniy pri nepolnom edinstve)* [Games with opposing interests (decision theory with incomplete unity)]. Moscow, Moscow State University Publ., 1972. 256 p.
12. Anufriev D.P., Dimov E.M., Maslov O.N., Halimov R.R. Sravnitel'naya effektivnost' metodov i sredstv informacionnoy podderzhki upravlencheskikh resheniy [Comparative effectiveness of methods and means of information support for management decisions]. *Infokommunikacionnye tehnologii*, 2014, vol. 12, no. 1, pp. 54-67.

Received 15.11.2018

УДК 658.5

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА «ПОИСК И ВЫБОР ПОСТАВЩИКА ПРОДУКЦИИ»

*Богданова Е.А., Михаленко Ю.А.*

*Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, РФ  
E-mail: helen.bogdan@mail.ru, mihalenko97@mail.ru*

В статье приведено обоснование применения статистического имитационного моделирования как одного из методов обработки больших объемов данных, что позволяет существенно повысить эффективность принимаемых решений в различных сферах деятельности. Рассматриваются вопросы, связанные с разработкой статистической имитационной модели бизнес-процесса поиска и выбора поставщика продукции на примере организации по производству молочной продукции. Приведена блок-схема бизнес-процесса, его детальное описание, а также проведен анализ рассматриваемого бизнес-процесса в интересах имитационного моделирования, в ходе которого выделены наиболее значимые для моделирования данного процесса случайные величины. Для создания модели были определены законы распределения всех выделенных случайных величин, разработан моделирующий алгоритм и план эксперимента с моделью. Приведены результаты эксперимента, проведенного на имитационной модели.

**Ключевые слова:** статистическое имитационное моделирование, цифровая экономика, бизнес-процесс, случайные величины, алгоритм моделирования

### Введение

В современных реалиях мировая экономика, как в целом и все социально-экономические системы (СЭС), постоянно подвергаются изменениям и различного рода трансформациям под влиянием ряда факторов: от природных катаклизмов, появления фундаментальных разработок и технологий и вплоть до разного рода кризисов. В условиях непрерывного развития перед каждой организацией на первый план становится вопрос грамотного и эффективного управления предприятием, что представляет собой достаточно трудный и кропотливый процесс, требующий определенной компетентности в области рационального сочетания разнообразных методов управления.

Лицо, принимающее решение (ЛПР), должно руководствоваться достоверной и полной ин-

формацией для выбора оптимального пути развития организации. Для этого ЛПР необходимо проанализировать огромный объем данных. И в этой связи данные являются основой экономического анализа, исследующего закономерности функционирования современных СЭС. Как утверждает ряд экспертов, в настоящее время для экономического агента становится важным не сам факт обладания каким-либо ресурсом, а наличие данных об этом ресурсе и возможность их использовать с целью планирования своей деятельности [1].

Исходя из этого, под «цифровой экономикой» следует понимать современный тип хозяйствования, в котором ключевым фактором производства являются данные в цифровом виде и методов управления ими как определяющий ресурсы в сфере производства, распределения, обмена и потребления. Обработка больших объемов дан-

ных и использование результатов их анализа по сравнению с традиционными формами хозяйствования позволяют существенно повысить эффективность принимаемых решений в сферах производства, технологий, хранения, продаж, доставки товаров и предоставления услуг. Одним из методов обработки и управления большими объемами данных является метод статистического имитационного моделирования (СИМ).

На сегодняшний день во многих крупных компаниях к обязательному этапу в принятии управленческих решений относят метод СИМ. Применение моделирования различных бизнес-процессов позволяет вырабатывать экономически эффективные стратегии и тактически верные управленческие решения. Эти решения, перед непосредственным применением в реальных условиях, должны быть предварительно испытаны на моделях бизнес-процесса. Таким образом, метод СИМ можно охарактеризовать как эмпирический инструментальный метод анализа настоящей системы по ее СИМ-модели, комбинирующий в себе особенности практического подхода и особые условия применения компьютерной техники [2].

Цель статьи – практическое применение метода СИМ, позволяющего воспроизводить процессы функционирования СЭС путем формирования стохастических величин (СВ), имитации работы и статистической обработки результатов моделирования [3].

### Цели и задачи разработки

Рассмотрим бизнес-процесс поиска и выбора поставщика, который удовлетворял бы всем потребностям организации, с целью долгосрочного сотрудничества. Этот процесс может быть применен к любой организации вне зависимости от ее сферы деятельности. Также моделирование вышеупомянутого бизнес-процесса наглядно иллюстрирует суть и практическую значимость рассматриваемого метода моделирования.

Исходя из цели моделирования, сформулируем задачи, подлежащие решению.

1. Произвести анализ рассматриваемого бизнес-процесса.
2. Формализовать алгоритм бизнес-процесса посредством блок-схемы.
3. Собрать и обработать доступные на данном этапе статистические данные о процессе.

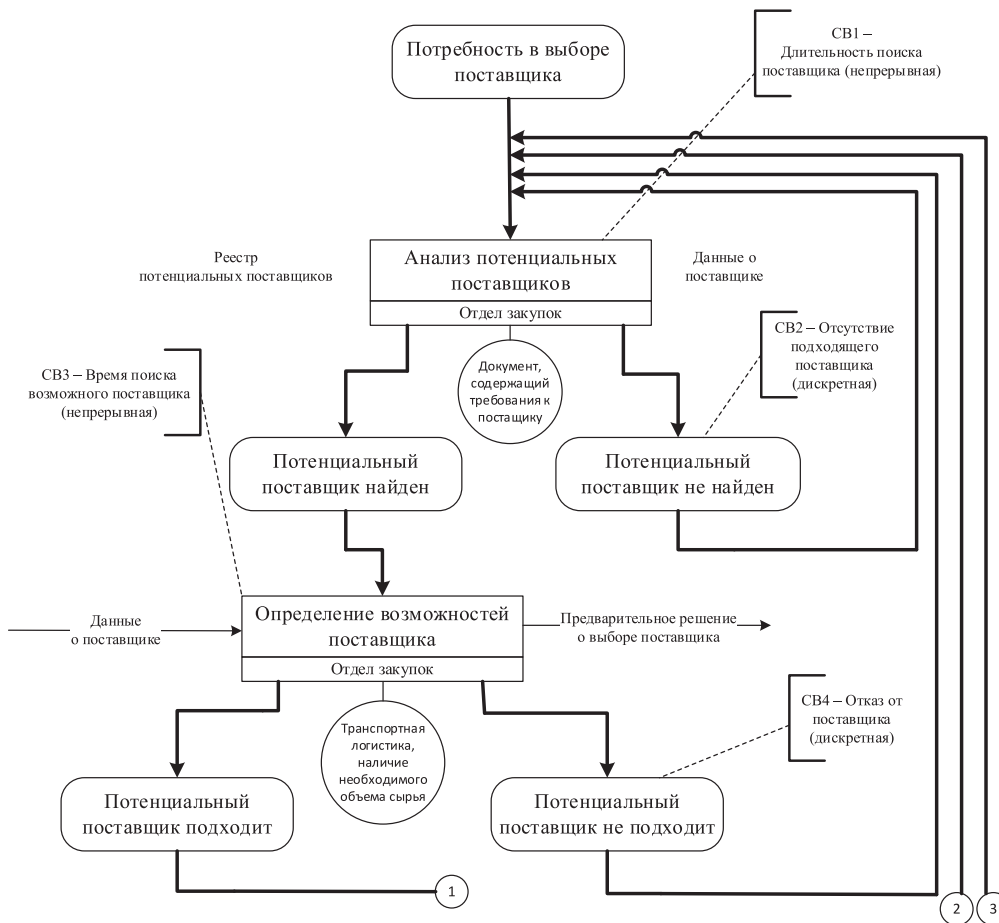


Рисунок 1. Бизнес-процесс поиска и выбора поставщика

4. Создать моделирующий алгоритм.
5. Вывести результаты эксперимента на СИМ-модели пользователю.

### Разработка и анализ бизнес-процесса «Поиск и выбор поставщика продукции»

На рисунке 1 бизнес-процесс представлен содержательным и формализованным описанием в виде блок-схемы нотации «Процесс», демонстрирующим управляющие и информационные потоки, исполнителей процесса и используемые ресурсы. Видно, что бизнес-процесс подвержен влиянию большой совокупности случайных факторов, что делает его сложным с точки зрения формализации и моделирования.

Инициализация бизнес-процесса происходит с определением потребности в выборе поставщика (см. рисунок 1). Отдел сбыта предприятия на первоначальном этапе определяет потребность в

сырье, необходимом для производства, и ставит задачу выбора поставщика для заключения долгосрочного договора на поставку данного сырья. В виде ресурса здесь выступает документ с требованиями к будущему партнеру, разработанный предприятием.

Отдел закупок приступает к анализу потенциальных поставщиков, используя реестр, который содержит сведения, касающиеся сферы деятельности, контактной информации, территориального расположения и прочих данных. В результате потенциальный поставщик либо определяется, либо нет. В первом случае сведения о поставщике подвергаются более детальной проверке, во втором – процесс предварительного подбора осуществляется заново. В данном случае случайными величинами являются время поиска поставщика СВ1, так как время, затраченное на определение подходящего по параметрам постав-

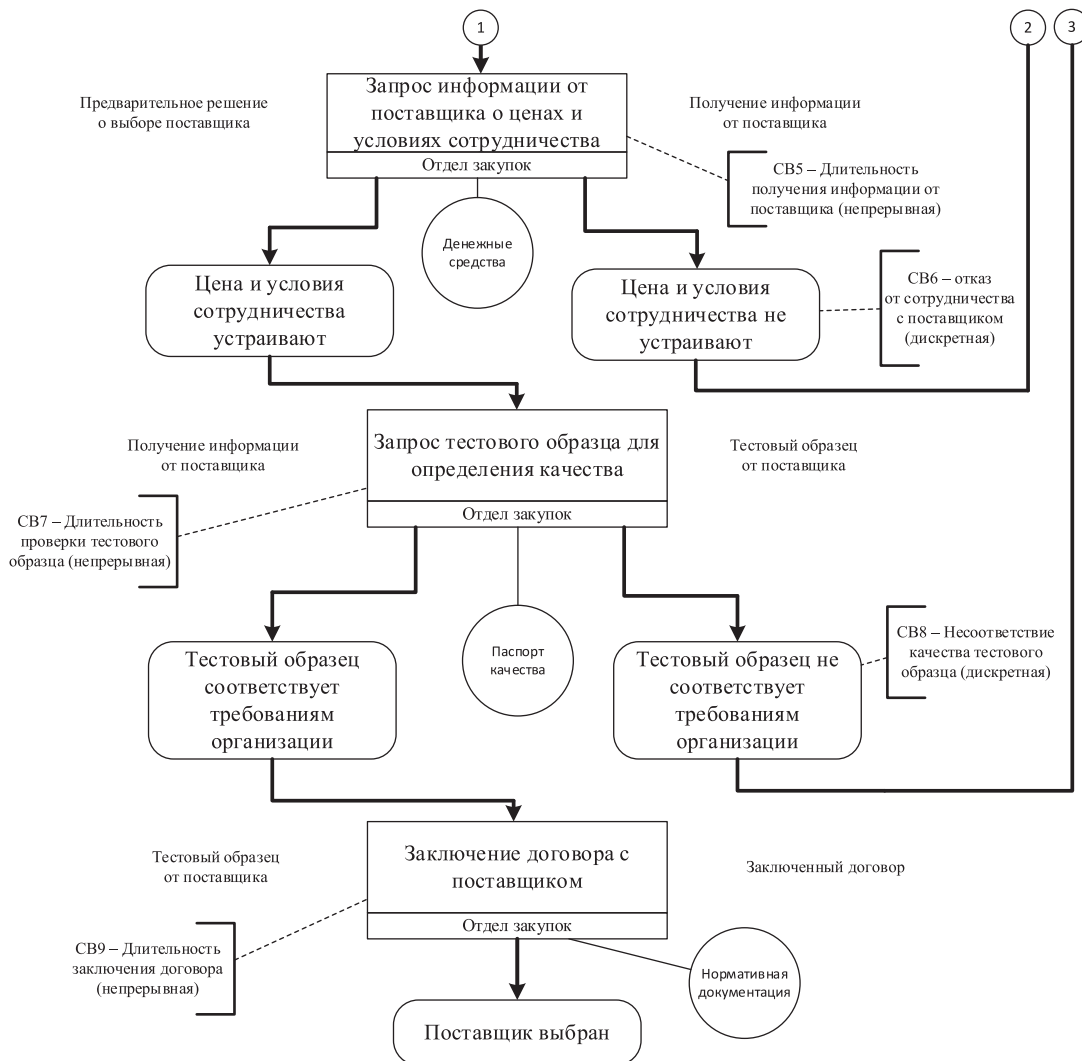


Рисунок 1 (окончание)

щика спрогнозировать сложно, и отсутствие подходящего поставщика есть СВ2.

Затем происходит определение возможностей поставщика. Отдел закупок руководствуется, в первую очередь, транспортной логистикой и наличием необходимого объема сырья. В случае дорогостоящей, длительной доставки, а также невозможностью предоставить сырье или комплектующие в нужном объеме и в нужный срок, будет целесообразно отказаться от сотрудничества с возможным поставщиком. Таким образом, отдел закупок может принять предварительное решение о том, подходит ли предприятию данный поставщик.

Время, затраченное на его определение, будет СВ3, так как в зависимости от разных условий оно может меняться. Или будет принято решение об отказе от рассматриваемого поставщика и возвращении процесса поиска в исходную позицию. Отказ от поставщика обозначается как СВ4. В случае положительного решения отдел закупок связывается с поставщиком для уточнения готовности последнего к сотрудничеству, а также условий партнерства, возможности предоставления скидки или различного рода льгот и цен на интересующие позиции (см. рисунок 1). Здесь отдел закупок руководствуется определенной суммой денежных средств, которую предприятие готово заплатить за сырье.

Время получения информации от поставщика есть СВ5. Если полученные сведения не устраивают организацию, она отказывается от сотрудничества с выбранным поставщиком и возвращается в начальную позицию поиска. Отказ от сотрудничества является СВ6.

В ситуации, когда предприятие устраивают все условия поставщика, отдел закупок запрашивает тестовый образец для определения его качества. Проверка качества предоставленного образца определяется в соответствии с паспортом качества. Длительность этой проверки является СВ7, поскольку на этот процесс может повлиять множество случайных факторов. При несоответствии качества тестового образца процесс поиска поставщика также возвращается в начало. Несответствие качества соответствует СВ8. Если отдел закупок удостоверится в соответствии надлежащего качества сырья поставщика, организация заключает с ним договор о сотрудничестве, тем самым достигнув поставленной цели. Поскольку на процесс заключения договора воздействуют стохастические факторы, длительность этого этапа есть СВ9.

На основе проанализированного бизнес-процесса разработана СИМ-модель. Теоретической и методологической основой создания модели послужили источники информации [4-10]. Результаты эксперимента, проведенного на имита-

Потенциальный поставщик	Расстояние (км.)	Периодичность поставки (через сколько дней)	Цена за литр (руб.)	Объем поставки (литр)	Стоимость партии
СПК Колхоз им. Калягина	72	2	26,75	140	3745
СПК Колхоз Куйбышева	74	3	24,9	100	2490
СПК "Антоновский"	120	3	27	150	4050
СХПК "Покровское"	67	4	23,5	150	3525
СПК "Родина"	210	4	25	160	4000
СПК им. Камиля Якуба	220	5	21,9	130	2847
СПК "Ягодный"	130	3	24,75	120	2970
СПК "ИСКРА"	53	2	29	95	2755
СПК "Степные зори"	80	1	27,10	100	2710
СПК "Усаклинский"	230	6	22	180	3960
СПП "Рубежное"	25	3	25,25	125	3156,25
СПК "Правда"	110	2	26,8	90	2412
СПК "Победа"	43	2	24,5	80	1960
ОАО "Комсомолец"	200	5	23,1	150	3465
КВХ Яковлев	150	4	24,65	92	2267,8
СПК "Черемшан"	170	5	25	130	3250
СПК Колхоз Жигули	110	3	25,75	130	3347,5
СПК СХА им. Пушкина	140	2	23,38	115	2688,7
ООО "Кутузовское"	210	4	24,82	135	3350,7
СПК "Ленина"	110	2	23,05	120	2766

Рисунок 2. Результаты эксперимента, полученные на СИМ-модели

ционной модели, представлены на рисунке 2. В качестве объекта исследования была выбрана организация по производству молочной продукции, нуждающаяся в поставщике сырого молока.

Согласно разработанной СИМ-модели, система производит поиск подходящего варианта, используя имеющийся реестр и отсеивая варианты, неподходящие под установленные критерии. В конечном итоге формируется список наиболее приемлемых вариантов с выделением самого выгодного из них.

В качестве объекта исследования выбрано предприятие по производству молочной продукции, нуждающееся в поставщике сырого молока. Согласно разработанной выше СИМ-модели, система производит поиск подходящего варианта, используя имеющийся реестр и отсеивая варианты, неподходящие под установленные критерии. Разработанная СИМ-модель может быть размещена в Internet, чтобы всем заинтересованным компаниям можно было промоделировать процесс выбора поставщика и тем самым воспользоваться электронными услугами, что соответствует концепции цифровой экономики.

### Заключение

По результатам СИМ бизнес-процесса ЛПР может принять управленческое решение по вопросу выбора наиболее подходящего поставщика, оценить возможности повышения эффективности бизнес-процесса с наименьшими затратами. Также ЛПР может вносить ряд поправок в рассматриваемый бизнес-процесс и в режиме реального времени наблюдать потенциально точный результат от этих корректировок, не расходуя ресурсов, связанных с изменениями в реальном бизнес-процессе.

### Литература

1. Джулий Л.В., Емчук Л.В. Информационные системы и их роль в деятельности современных предприятий // Perspective economic and management issues. Collection of scientific articles. Scientific journal «Economics and finance», «East West» Association For Advanced Studies and Higher Education. – 2015. – С. 130-134.
2. Скрипник Д.В., Яхонтова И.М. Современные подходы к имитационному моделированию бизнес-процессов // Информационное общество: современное состояние и перспективы развития. – 2017. – С. 83-85.
3. Богданова Е.А., Шерстянкина А.А. Имитационное моделирование как инструмент принятия решений // Технические науки. – 2017. – №6. – С. 25-28.
4. Димов Э.М., Маслов О.Н., Скворцов А.Б. Новые информационные технологии: подготовка кадров и обучение персонала. Часть 1. Реинжиниринг и управление бизнес-процессами в инфокоммуникациях. – М.: ИРИАС, 2005. – 386 с.
5. Димов Э.М., Маслов О.Н., Пчеляков С.Н., Скворцов А.Б. Новые информационные технологии: подготовка кадров и обучение персонала. Часть 2. Имитационное моделирование и управление бизнес-процессами в инфокоммуникациях. – Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2008. – 350 с.
6. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1978. – 380 с.
7. Димов Э.М., Маслов О.Н., Швайкин С.К. Имитационное моделирование, реинжиниринг и управление в компании сотовой связи (новые информационные технологии). – М.: Радио и связь, 2001. – 256 с.
8. Кобелев Н.Б. Основы имитационного моделирования сложных экономических систем. – М.: Дело, 2003. – 336 с.
9. Ануфриев Д.П., Димов Э.М., Маслов О.Н., Трошин Ю.В. Статистическое имитационное моделирование и управление бизнес-процессами в социально-экономических системах. – Астрахань: Изд-во АстИСИ, 2015. – 366 с.
10. Маслов О.Н., Халимов Р.Р., Димов Э.М., Трошин Ю.В. Динамика разработки имитационной модели бизнес-процесса // Инфокоммуникационные технологии. – 2013. – Т.11. – №1. – С.63-77.

*Получено 10.01.2019*

**Богданова Елена Александровна**, к.т.н., доцент Кафедры прикладной информатики Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ). Тел. (8-846) 228-00-36. E-mail: helen.bogdan@mail.ru

**Михаленко Юлия Александровна**, студентка ПГУТИ. Тел. 8-917-968-28-81. E-mail: mihalenko97@mail.ru

**APPLICATIONS OF SIMULATION IN THE BUSINESS PROCESS***Bogdanova E.A., Mikhailenko I.A.**Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russian Federation**E-mail: helen.bogdan@mail.ru*

The article presents the rationale for the application of statistical simulation modeling as one of the methods for processing large amounts of data, which can significantly improve the efficiency of decisions taken in various fields of activity. The issues related to the development of a statistical simulation model of a business process for finding and selecting a supplier of products are considered on the example of an organization for the production of dairy products. A flowchart of the business process, its detailed description is given, and an analysis of the business process under consideration in the interests of simulation modeling is conducted, during which the random variables that are most significant for the simulation of this process are highlighted. To create a model, the laws of distribution of all selected random variables were determined, a modeling algorithm and a model experiment plan were developed. The article presents the result of an experiment conducted on a simulation model.

**Keywords:** *simulation modeling, digital economy, business process, random variable, simulation model, simulation algorithm*

**DOI:** 10.18469/ikt.2019.17.1.09

**Bogdanova Elena Aleksandrovna**, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, 77 Moscovskoe shosse, Samara, 443090, Russian Federation; Associated Professor of the Department of Applied Informatics, PhD in Technical Science. Tel. +78462280036. E-mail: helen.bogdan@mail.ru

**Mikhailenko Iuliia Aleksandrovna**, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, 77 Moscovskoe shosse, Samara 443090, Russian Federation; student. Tel. +789179682881. E-mail: mihalenko97@mail.ru

**References**

1. Julie L.V., Yemchuk L.V. Information systems and their role in the activities of modern enterprises. *Perspective economic and management issues Collection of scientific articles. Scientific journal «Economics and finance»*, «East West» Association For Advanced Studies and Higher Education, 2015, pp. 130-134.
2. Skripnik D.V., Yakhontova I.M. Sovremennye podhody k imitacionnomu modelirovaniyu biznes-processov [Modern approaches to simulation of business processes]. *Informacionnoe obshchestvo: sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya*, 2017, pp. 83-85.
3. Bogdanova E.A., Sherstyankin A.A. Imitacionnoe modelirovanie kak instrument prinyatiya resheniy [Simulation modeling as a decision-making tool]. *Tekhnicheskie nauki*, 2017, no. 6, pp. 25-28.
4. Dimov E.M., Maslov O.N., Skvorcov A.B. New information technologies: training and personnel training. Part 1. Reengineering and business process management in infocommunications. Scientific publication. Moscow, IRIAS, 2005. 386 p.
5. Dimov E.M., Maslov O.N., Pcheljakov S.N., Skvorcov A.B. *Novye informatsionnye tehnologii: podgotovka kadrov i obuchenie personala. Ch. 2. Imitatsionnoe modelirovanie i upravlenie biznes-processami v infokommunikacijah* [New information technologies: personnel training. P.2. Simulation modelling and management of business processes in infocommunications]. Samara, SNC RAN Publ., 2008, 350 p.
6. Buslenko N.P. *Modelirovanie slozhnyh sistem* [Modeling of complex systems]. Moscow, Nauka Publ., 1978. 380 p.
7. Dimov E.M., Maslov O.N., Shvaykin S.K. *Imitacionnoe modelirovanie, reinzhiniring i upravlenie v kompanii sotovoy svyazi (novye informacionnye tehnologii)* [Simulation, reengineering and management in a cellular company (new information technologies)]. Moscow, Radio i svyaz Publ., 2001. 256 p.
8. Kobelev N.B. *Osnovy imitacionnogo modelirovaniya slozhnyh ekonomicheskikh sistem* [Fundamentals of simulation modeling of complex economic systems]. Moscow, Delo Publ., 2003. 336 p.
9. Anufriev D.P., Dimov E.M., Maslov O.N., Troshin Y.V. Statisticheskoe imitacionnoe modelirovanie i upravlenie biznes-processami v social'no-ekonomicheskikh sistemah [Statistical simulation modeling and management of business processes in socio-economic systems]. Astrahan, AstrISMI Publ. 2015. 365 p.

10. Maslov O.N., Khalimov R.R., Dimov E.M., Troshin Yu.V. Dinamika razrabotki imitacionnoy modeli biznes-processa [Dynamics of development of a business process simulation model]. *Infokommunikacionnye tehnologii*, 2013, no. 1, pp. 63-77

Received 10.01.2019

УДК 681.586.5

## РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СЕНСОРОВ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ОСНОВЕ СТУПЕНЧАТОГО ВОЛОКНА С ПЕРЕТЯЖКОЙ

Головкина М.В.

*Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, РФ*

*E-mail: nauka77@yandex.ru*

В работе рассматривается сенсор на основе ступенчатого оптического волокна, содержащего макроструктурный дефект типа «перетяжка». Такие сенсоры используются при проведении биологических исследований для точного определения показателя преломления биологического раствора. В работе исследуется случай, когда диаметр перетяжки настолько мал, что влиянием сердцевины оптического волокна на характеристики распространяющихся мод высших порядков можно пренебречь. Сигнал в виде основной моды подается на вход оптического сенсора, в перетяжке энергия основной моды преобразуется в энергию мод высших порядков, скорость распространения и постоянные распространения которых зависят от эффективного показателя преломления волокна и окружающей среды. При этом возникают интерференционные эффекты, которые становятся существенными при определенной длине волны. На выходе из сенсора измеряется интерференционный сигнал, величина которого зависит как от геометрических размеров сенсора, так и от показателя преломления окружающей среды. В работе рассматривается уравнение Максвелла для ступенчатого волокна и проводится его численное решение для случая малого диаметра перетяжки. На основе полученного численного решения рассматривается интерференционный сигнал на выходе из оптического сенсора с перетяжкой и учитывается влияние показателя преломления окружающей среды на его характеристики. Показано, что исследуемый сенсор при определенном выборе геометрических размеров перетяжки обладает достаточной чувствительностью для определения разницы показателя преломления, равной 0,0001.

**Ключевые слова:** *оптический сенсор, перетяжка, уравнения Максвелла, моды, показатель преломления*

### Введение

В настоящее время внимание инженеров-конструкторов и исследователей обращено на создание высокоэффективных сенсоров на основе оптического волокна. Достоинством оптоволоконных сенсоров и датчиков является высокая чувствительность к изменению внешних параметров и малые размеры. Такие датчики могут использоваться для измерения температуры, давления, электрического тока, магнитного поля, вибрации, кручения, механического смещения, показателя преломления [1]. В основе конструкции таких оптических датчиков лежат различные физические явления: поглощение и отражение света, интерференция, явление двойного лучепреломления, эффект Фарадея, эффект Керра, флуоресценция, хемилюминесценция, вращение плоскости поляризации и другие [2].

Широкое распространение находят сенсоры на основе волоконных брэгговских решеток [3], различные интерферометрические схемы [4]. Волоконно-оптические датчики, работающие на

эффекте поверхностного плазмонного резонанса, находят все большее применение в биологических исследованиях и в медицине. В основе работы таких датчиков лежит эффект поверхностного плазмонного резонанса, возникающего на границе раздела двух сред, одна из которых обладает отрицательным показателем преломления. При этом в качестве среды с отрицательным показателем преломления может выступать как металл, так и различные композитные среды, содержащие нановключения различной формы [5-6]. Также для создания различных сенсоров применяются оптические волокна с нанесенными на них макроструктурными дефектами, например, волокна с перетяжкой [7].

Сенсоры на основе оптического волокна имеют следующие преимущества: простая конструкция, малый размер, удобство в применении. Такие волоконно-оптические сенсоры также находят широкое применение для детектирования биологических объектов или органических растворов в биомедицинских исследованиях, давая информацию в режиме реального времени. Малый раз-