

## ИТЕРАЦИОННЫЙ АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ РИСКОВ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМЫ

**ДУДИНЦЕВА НАТАЛЬЯ ВИКТОРОВНА**, канд. мед. наук, ассистент кафедры сестринского дела ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, Россия, 443099, Самара, ул. Чапаевская, 89, e-mail: natalidudinceva@mail.ru

**ЖЕСТКОВ АЛЕКСАНДР ВИКТОРОВИЧ**, докт. мед. наук, профессор, зав. кафедрой общей и клинической микробиологии, иммунологии и аллергологии ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, Россия, 443099, Самара, ул. Чапаевская, 89

**ЛОТКОВ ВЯЧЕСЛАВ СЕМЕНОВИЧ**, докт. мед. наук, профессор, профессор кафедры профессиональных болезней и клинической фармакологии ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, Россия, 443099, Самара, ул. Чапаевская, 89

**СТУЛИН ВЛАДИМИР ВАСИЛЬЕВИЧ**, канд. техн. наук, доцент кафедры высшей математики и прикладной информатики ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», Россия, 443100, Самара, ул. Молодогвардейская, 244

**Реферат. Цель исследования** — оценка факторов риска развития профессиональной бронхиальной астмы на примере итерационного алгоритма в группе средних медицинских работников. **Материал и методы.** Выделена группа медицинских работников с наибольшим числом профессиональных заболеваний — 222 (группа среднего медицинского персонала — медицинские сестры), которая послужила экспериментальной группой в нашем исследовании. Для выбора оптимальной стратегии профессиональной заболеваемости было проведено моделирование на основе итерационного алгоритма, который разработан сотрудниками Самарского государственного технического университета и называется аппроксимационно-оптимизационный подход. В основу алгоритма положен принцип максимальной вариабельности факторов риска. Для моделирования выбрана группа профессиональных аллергозов — бронхиальная астма. **Результаты и их обсуждения.** Проведен анализ санитарно-гигиенических характеристик условий труда медицинских сестер. Установлено наличие значительного количества производственных факторов риска для развития профессиональной бронхиальной астмы. В качестве возможных факторов риска профессиональной бронхиальной астмы при построении модели были выделены следующие показатели: пенициллины, вакцина гриппол, дезинфицирующие вещества (содержащие и не содержащие хлор), латексные перчатки, плесневые грибы. **Заключение.** Применение итерационного алгоритма дает возможность прогнозирования развития профессиональной бронхиальной астмы для разработки программ профилактики.

**Ключевые слова:** риски бронхиальной астмы, обработка медицинской информации, статистические методы.

**Для ссылки:** Итерационный алгоритм оценки рисков профессиональной бронхиальной астмы / Н.В. Дудинцева, А.В. Жестков, В.С. Лотков, В.В. Стулин // Вестник современной клинической медицины. — 2017. — Т. 10, вып. 2. — С. 25—29. DOI: 10.20969/VSKM.2017.10(2).25-29.

## ITERATIVE ALGORITHM OF PROFESSIONAL ASTHMA RISK ASSESSMENT

**DUDINTSEVA NATALIA V.**, C. Med. Sci., assistant of professor of the Department of nursing of Samara State Medical University, Russia, 443099, Samara, Chapaevskaya str., 89, e-mail: natalidudinceva@mail.ru

**ZHESTKOV ALEXANDER V.**, D. Med. Sci., professor, Head of the Department of microbiology, immunology and allergology of Samara State Medical University, Russia, 443099, Samara, Chapaevskaya str., 89

**LOTKOV VYACHESLAV S.**, D. Med. Sci., professor of the Department of occupational diseases and clinical pharmacology of Samara State Medical University, Russia, 443099, Samara, Chapaevskaya str., 89

**STULIN VLADIMIR V.**, C. Tech. Sci., associate professor of the Department of mathematics and practical informatics of Samara State Technical University, Russia, 443100, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244

**Abstract. Aim.** Assessment of occupational asthma risk factors was performed taking iterative algorithm in a group of nurses as an example. **Material and methods.** The group of health care providers with the largest number of occupational diseases — 222 (Group of nurses) has served as experimental group in our study. Simulations based on iterative algorithm developed by employees of Samara State Technical University called approximation-optimization approach (POA) were conducted in order to choose optimal strategy for occupational diseases. The algorithm is based on the principle of risk factor maximum variability. A group of professional allergies (asthma) was selected for simulation. **Results and discussion.** Sanitary hygienic characteristics analysis of working conditions of nurses was conducted. Presence of significant amount of production risk factors for development of occupational asthma was revealed. The following indicators have been identified: penicillins, Grippol vaccine, disinfectants (with and without chlorine), latex gloves and mycelia fungus. **Conclusion.** Iterative algorithm application makes it possible to predict occupational bronchial asthma progression in order to develop preventative programs.

**Key words:** bronchial asthma risks, processing of medical information, statistical methods.

**For reference:** Dudintseva NV, Zhestkov AV, Lotkov VS, Stulin VV. Iterative algorithm of professional asthma risk assessment. The Bulletin of Contemporary Clinical Medicine. 2017; 10 (2): 25—29. DOI: 10.20969/VSKM.2017.10(2).25-29.

Приоритетными заболеваниями населения на протяжении длительного периода являются болезни органов дыхания (26,5%). Наибольший уровень заболеваемости относится к субъектам Российской Федерации, расположенным в Северо-Западном, Приволжском, Сибирском и Дальневосточном федеральных округах. Заболеваемость населения болезнями органов дыхания ассоциирована с загрязнением атмосферного воздуха аммиаком, толуолом, фтором и его соединениями, хлором и его соединениями, ксилолом, ароматическими углеводородами в 34 субъектах Российской Федерации (к приоритетным территориям относятся Красноярский, Пермский, Алтайский края, Калужская, Владимирская, Самарская области, Чеченская Республика), формируя от 15,69 до 64,7 дополнительных случаев заболеваемости астмой и астматическим статусом на 100 тыс. взрослого населения [1].

В последние годы растет число медицинских работников с клиническими проявлениями лекарственной аллергии, что приводит к потере профессиональной трудоспособности и квалифицированных трудовых кадров. Рост профессиональной аллергии обуславливается выпуском и внедрением в медицинскую практику новых лекарственных препаратов, дезинфицирующих средств, а также повышением реактивности организма, связанным с нарастающей урбанизацией [2].

Современные статистические методы планирования и анализа экспериментов достаточно широко применяются в научных исследованиях. Практический опыт показывает, что с их помощью может быть повышена эффективность экспериментальных медико-биологических и других исследований, требующих значительных материальных и временных затрат. Особенно возможен значительный эффект при изучении сложных многофакторных процессов, к которым, например, относятся процессы измерения, анализа и обработки медицинской информации различными методами математического описания и моделирования. Несмотря на высокую эффективность методов планирования экспериментов, они не нашли еще достаточно широкого применения при решении задач оптимальной обработки опытных данных (под опытными данными в рассматриваемой области приложений подразумеваются записи параметров медицинского эксперимента, записи в истории болезни, различные другие формы представления медицинских баз данных).

**Цель исследования** — оценка факторов риска развития профессиональной бронхиальной астмы на примере итерационного алгоритма в группе средних медицинских работников.

**Материал и методы.** Из 15 838 медицинских карт стационарного больного отобрано 477 карт медицинских работников. Из них врачи составили 37,5% ( $n=179$ ), средние медицинские работники — 60,1% ( $n=287$ ) и младший медицинский персонал — 2,4% ( $n=11$ ). Для анализа степени риска профессиональных заболеваний все медицинские работники были распределены на группы

в зависимости от медицинских специальностей. Среди специальностей среднего медицинского персонала профессиональные заболевания выявлены у 222 медицинских сестер (122,7 на 10 000 работающих).

Прочие специальности средних медицинских работников с профессиональной заболеваемостью составили 65 случаев (26,0 на 10 000 работающих).

Для выявления вредного производственного фактора, который непосредственно вызывал профессиональные заболевания, анализировались санитарно-гигиенические характеристики условий работы среднего медицинского персонала (форма 362-1/у-2001 г.).

Статистическая обработка полученных данных проводилась с помощью специализированного статистического пакета SPSS 21 (лицензия № 20130626-3). Определяли критерии Пирсона с поправкой Йетса, отношения правдоподобия, критерии Колмогорова — Смирнова с поправкой Лилифорса и Шапиро — Уилка, критерии Стьюдента, критерии Манна — Уитни — Вилкоксона, дисперсионный анализ Краскела — Уоллиса, анализ корреляции Пирсона и Спирмена. Во всех видах статистического анализа критическое значение уровня значимости ( $p$ ) принимали равное 0,05.

**Результаты и их обсуждение.** Заболеваемость аллергозами медицинских сестер составляет 38,3% от всей выявленной профессиональной патологии и диагностирована у 85 больных. Бронхиальная астма занимает ведущее положение среди всех выявленных аллергических заболеваний и диагностирована у 61 человека (71,4%), аллергический контактный дерматит — у 7 (8,3%), хроническая рецидивирующая крапивница — у 5 человек (5,8%), хроническая экзема кистей — у 5 (5,8%), аллергический ринит — у 2 человек (2,4%).

Анализ возникновения заболевания в зависимости от стажа работы показал, что профессиональная бронхиальная астма чаще развивается у медицинских работников со стажем работы в данной профессии ( $19,67 \pm 1,25$ ) года ( $p=0,468$ ), средний возраст — ( $44,95 \pm 8,81$ ) года ( $p=0,416$ ).

Предлагается новый подход к решению подобного рода задач на примере обработки медицинской информации по оценке рисков бронхиальной астмы, при проведении специально спланированной серии экстремальных численных экспериментов. Необходимая статистическая информация собрана, а экспериментальная часть исследовательской программы реализована на кафедрах сестринского дела, профессиональных болезней и клинической фармакологии Самарского государственного медицинского университета.

Анализ баз данных разнообразной медицинской информации требует специфического подхода к решению таких задач. Задача исследования таких систем методами планирования экспериментов может быть решена последовательно и с учетом ряда обстоятельств и требований:

- на основе экспериментального опыта накопления медицинской информации и ее систем-

ного анализа выбирается фактор или факторы, параметрический характер которых в заданном или варьируемом диапазоне рассматривается как последовательное возмущение на всех этапах выполнения экспериментальной оптимизационной программы, назовем их факторы-параметры (ФП) (возмущения);

- проводится необходимая по количеству и полноте серия экстремальных численных экспериментов, в каждом из которых ФП фиксируются на определенном уровне из области своего изменения. Следовательно, при таком подходе эффект влияния ФП на исследуемые свойства объекта будет наиболее стабильным и каким-то образом распределен по коэффициентам полиномиальных регрессионных моделей, получаемых для каждого эксперимента;

- после каждого эксперимента (исходя из конкретных целей исследования) выбирается одна точка (или несколько точек) факторного пространства, с которой однозначно связывается некоторая особенная характеристика процесса [обобщенный параметр оптимизации  $Y$  или локальная характеристика (ЛХ) процесса], обычно это максимальное или минимальное значение параметра оптимизации ( $Y^{max}$  или  $Y^{min}$ ), некоторые усредненные или среднеинтегральные характеристики процесса ( $Y_{cp}$ ,  $Y_{cp}^{max}$  или  $Y_{cp}^{min}$ ),  $grad(Y)$  или другие специальным образом установленные величины или характеристики (ЛХ =  $Y_i^*$ , где  $i$  — номер эксперимента);

- после серии экспериментов выявляется вид функциональной или дискретной зависимости ЛХ, указанная зависимость выбирается в таком классе функций, чтобы появилась возможность ее использования для выполнения дальнейшей стратегии оптимального поиска;

- обычно увеличение числа факторов влияет на длительность и содержание эксперимента, а это может эволюционно повлиять на показатели процесса, факторы, условия и обстоятельства проводимых исследований;

- чтобы какие-либо внешние факторы не вносили систематической ошибки в результаты исследования, устанавливается при необходимости случайным образом (например, по таблице

случайных чисел) сбалансированный порядок реализации опытов (рандомизация эксперимента).

С целью оптимизации процедуры медико-биологических численных экспериментов нами реализована экспериментальная программа, состоящая из двух этапов, в содержательную основу программы положена теория планирования эксперимента [3, 4, 5, 6] и некоторые элементы методологии эволюционного планирования (ЭВОП) [7]. Совместное использование элементов обоих направлений позволяет с учетом специфики наших исследований применить известный подход (точнее его разновидность в виде итерационного алгоритма), который разработан В.В. Стулиным [8] и называется аппроксимационно-оптимизационным подходом (АОП).

Для выбора оптимальной стратегии профессиональной заболеваемости было проведено моделирование на основе аппроксимационно-оптимизационного подхода. Для моделирования выбраны наиболее распространенные профессиональные заболевания медицинских работников — группа профессиональных аллергозов — бронхиальная астма (табл. 1).

В основу алгоритма положен принцип максимальной варибельности факторов риска. В качестве возможных факторов риска профессиональной бронхиальной астмы при построении модели нами были выделены следующие показатели: пенициллины, вакцина гриппол, антисептики, содержащие и не содержащие хлор, латексные перчатки, плесневые грибы. Установленные начальные условия для серии численных экспериментов приведены в табл. 2.

Для оценки меры определенности системы использованы дисперсионные характеристики регрессионных математических моделей, а именно: разброс самих коэффициентов ( $b$ ) регрессионных уравнений для начальной и последней итераций (табл. 3).

Подтверждением обоснованности такого подхода к оценке меры определенности является итерационный процесс сходимости для параметра оптимизации  $Y$  при изменении исходных числовых данных

Таблица 1

Заболеваемость профессиональной бронхиальной астмой средних медицинских работников

Профессиональный профиль медсестры	Бронхиальной астмы нет		Бронхиальная астма есть		Вероятность, $p^*$
	Абсолютное значение	Процентное значение, %	Абсолютное значение	Процентное значение, %	
Медсестра процедурного кабинета	61	37,89	26	42,62	0,624
Медсестра палатная	61	37,89	22	36,07	0,924
Медсестра-анестезист	10	6,21	3	4,92	0,964
Медсестра хирургического отделения	8	4,97	3	4,92	0,741
Медсестра операционная	14	8,7			0,038
Медсестра участковая	2	1,24	6	9,84	0,008
Медсестра физиотерапии	2	1,24	1	1,64	0,674
Медсестра инфекционного отделения	3	1,86			0,674

Примечание:  $*\chi^2$  с поправкой Йетса.

Начальные условия численных экспериментов

Факторы	Натуральные значения			Кодированные значения		
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$x_1$	$x_2$	$x_3$
Основной уровень ( $X_{0j}$ )	43,5	41,5	4	0	0	0
Интервалы варьирования ( $\Delta X_j$ )	10,4043	11,5933	1,18906	-3,181	-2,5796	-2,364
Верхний уровень (+1)	53,9043	53,0933	5,18906	1	1	1
Нижний уровень (-1)	33,0957	29,9067	2,81094	-1	-1	-1
Верхняя звездная точка $+X_j$ (+1,682)	61	61	6	1,682	1,682	1,682
Нижняя звездная точка $-X_j$ (-1,682)	26	22	2	-1,682	-1,682	-1,682

*Примечание:* код  $X_1$  соответствует медицинским сестрам процедурного кабинета;  $X_2$  — палатным медицинским сестрам;  $X_3$  — участковым медицинским сестрам.

Таблица 3

Изменения коэффициентов регрессионной квадратичной модели в процессе итераций

Коэффициенты	Итерация 1	Итерация 4	Итерация 8	Итерация 12
$b_0$	88,87847413	88,87847413	88,87847413	88,8784741
$b_1$	10,40203073	2,185949668	0,273109113	0,03412182
$b_2$	11,59083424	2,435772488	0,304321583	0,03802146
$b_3$	1,188803512	0,249822819	0,03121247	0,00389964
$b_{12}$	1,77636E-15	0	0	0
$b_{13}$	-1,77636E-15	0	0	0
$b_{23}$	-3,55271E-15	0	1,77636E-15	0
$b_{11}$	0,03259479	0,03259479	0,03259479	0,03259479
$b_{22}$	0,03259479	0,03259479	0,03259479	0,03259479
$b_{33}$	0,03259479	0,03259479	0,03259479	0,03259479

в матрице планирования, которые показывают, что в процессе снижения влияния факторов риска профессиональная заболеваемость снижается до определенного уровня, являющегося минимально возможным (рисунки).

По результатам расчета риск профессиональной бронхиальной астмы составляет около 30% и может быть снижен до 4,5%.

**Заключение.** Выявлено лидирующее положение профессиональных аллергозов верхних дыхательных путей с учетом конкретной специальности медицинского персонала. Профессиональная бронхиальная астма как одна из нозологических форм профессиональных аллергозов имеет большую вероятность развития у медицинских сестер процедурных кабинетов и палатных медицинских сестер. Применение итерационного алгоритма дает возможность прогнозирования возникновения профессиональной бронхиальной астмы с высокой достоверностью. При этом предполагается, что существенный эффект по снижению риска бронхиальной астмы может быть достигнут только путем последовательного, всестороннего и адекватного усиления уже сложившихся системных медицинских схем и мероприятий по исследованию и обеспе-

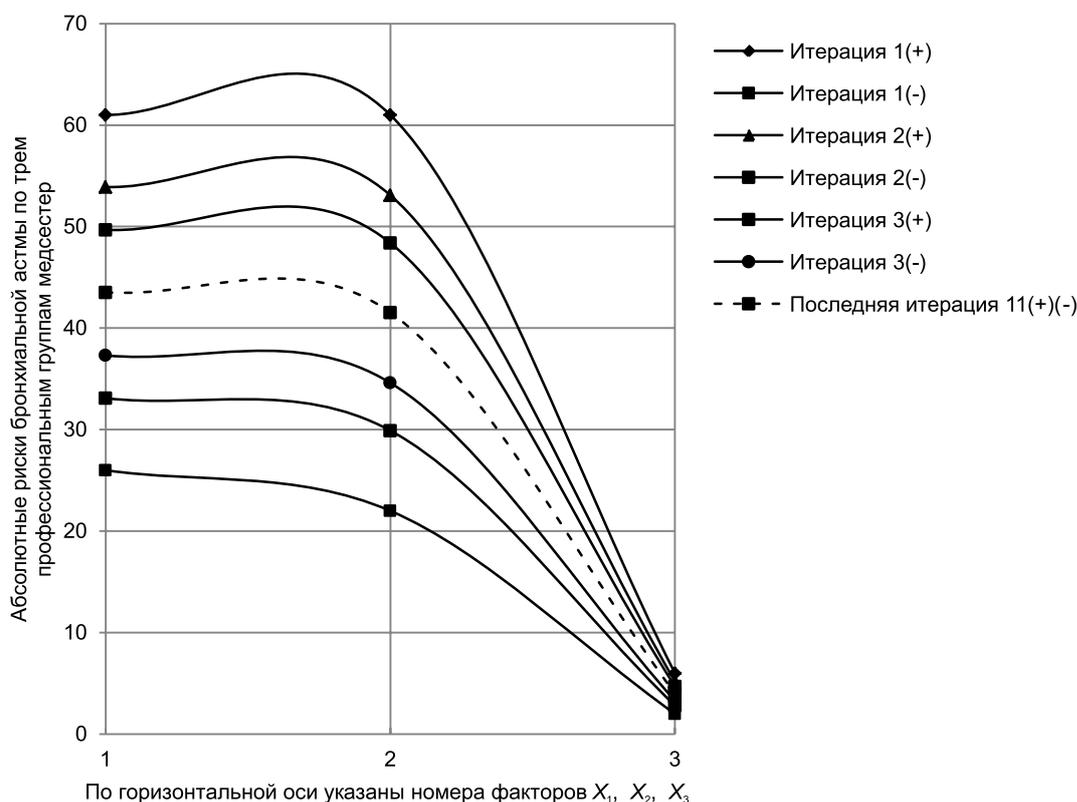
чению безопасности медицинских сестер, а также позволяет оптимизировать разработку программы профилактики профессиональной бронхиальной астмы: соблюдение правил техники безопасности, аттестация рабочих мест, обеспечение персонала средствами индивидуальной защиты и улучшение оснащения материально-технической базы.

**Прозрачность исследования.** Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы несут полную ответственность за предоставление окончательной версии рукописи в печать.

**Декларация о финансовых и других взаимоотношениях.** Все авторы принимали участие в разработке концепции, дизайна исследования и в написании рукописи. Окончательная версия рукописи была одобрена всеми авторами. Авторы не получали гонорар за исследование.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Государственный доклад о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2015 году. — М.: Проспект, 2016. — 200 с.
2. Междисциплинарные проблемы аллергических и вирусных заболеваний у медицинских работников /



Итерационный процесс сходимости для параметра оптимизации Y по каждому из трех факторов

- В.А. Жарин, И.Г. Петух, С.В. Федорович [и др.] // Военная медицина. — 2015. — № 4 (37). — С.138—141.
3. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий: учеб. пособие / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Наука, 1976. — 280 с.
  4. Ахназарова, С.Л. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии: учеб. пособие / С.Л. Ахназарова, В.В. Кафаров — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высшая школа, 1985. — 327 с.
  5. Лисенков, А.Н. Математические методы планирования многофакторных медико-биологических экспериментов / А.Н. Лисенков. — М.: Медицина, 1979. — 344 с.
  6. Налимов, В.В. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов / В.В. Налимов, Н.А. Чернова. — М.: Наука, 1965. — 340 с.
  7. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов / К. Хартман, Э. Лецкий, В. Шефер, Д. Бальцер. — М.: Мир, 1977. — 552 с.
  8. Стулин, В.В. Вероятностная модель оценки влияния фактор-параметра на локальную характеристику серии экстремальных экспериментов / В.В. Стулин, Д.В. Зипаев, А.В. Зимичев // Вестник Самарского государственного технологического университета. Сер. Математика. — 2008. — № 2(8). — С.112—133.

## REFERENCES

1. Gosudarstvennyj doklad o sostojanii sanitarno-jepidemiologicheskogo blagopoluchija naselenija v Rossijskoj Federacii v 2015 godu [State report on the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in Russian Federation in 2015]. Moskva [Moscow]: Prospekt [Prospect]. 2016; 200 p.
2. Zharin VA, Petuh IG, Fedorovich SV et al. Mezhdisciplinarnye problemy allergicheskikh i virusnyh zabolevanij

u medicinskih rabotnikov [Interdisciplinary problems of allergic and viral diseases in health care workers]. Voennaja medicina [Military medicine]. 2015; 4 (37): 138-141.

3. Adler YP, Markova EV, Granovskij YV. Planirovanie eksperimenta pri poiske optimal'nyh uslovij: uchebnoe posobie [Planning an experiment when searching for optimal conditions: tutorial]. Moskva: Nauka [Moscow: Science]. 1976; 280 p.
4. Ahnazarova SL, Kafarov VV. Metody optimizacii eksperimenta v himicheskoj tehnologii : ucheb posobie [Methods of experiment optimization in chemical technology: tutorial]. Moskva: Vysshaja shkola [Moscow: High school]. 1985; 327 p.
5. Lisenkov AN. Matematicheskie metody planirovanija mnogofaktornyh mediko-biologicheskikh eksperimentov [Mathematical methods of planning multifactorial biomedical experiments]. Moskva: Medicina [Moscow: Medicine]. 1979; 344 p.
6. Nalimov VV, Chernova NA. Statisticheskie metody planirovanija ekstremal'nyh eksperimentov [Statistical Methods for Planning Extreme Experiments]. Moskva: Nauka [Moscow: Science]. 1965; 340 p.
7. Hartman K, Leckiy E, Shefer V, Balcer D. Planirovanie eksperimenta v issledovanii tehnologicheskikh processov [Planning an experiment in the study of technological processes]. Moskva: Mir [Moscow: World]. 1977; 552 p.
8. Stulin VV, Zipaev DV, Zimichev AV. Veroyatnostnaja model' ocenki vlijanija faktor-parametra na lokal'nuju harakteristiku serii ekstremal'nyh eksperimentov [Probabilistic model for estimating the influence of the factor-parameter on the local characteristic of a series of extreme experiments]. Vestnik SamGTU: Serija matematicheskaja [SamSTU Messenger: Mathematical Series]. 2008; 2 (8): 112-133.