

А.И. Овсяник, С.Л. Копнышев, В.Н. Бурков, А.В. Щепкин
(Академия ГПС МЧС России, Институт проблем управления
им. В.А. Трапезникова РАН; e-mail: ovsyunik58@gmail.com)

О МЕТОДИКЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОСТАТОЧНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РЕГИОНА СТРАНЫ

Предлагается методика исследования достаточности мероприятий по обеспечению безопасности функционирования региона страны. Использование методики позволит минимизировать среднееождаемые годовые потери населения от различных ЧС на территории региона с учётом его особенностей в условиях ресурсных ограничений и минимизации влияния фактора неопределённости при их планировании.

Ключевые слова: безопасность, модель, регион, чрезвычайная ситуация, эффективность, целевая функция.

A.I. Ovsyanik, S.L. Kopnyshev, V.N. Burkov, A.V. Schepkin

THE RESEARCH METHODOLOGY OF SUFFICIENCY MEASURES TO ENSURE THE SAFETY FUNCTIONING OF THE REGION

The research methodology of sufficiency of measures to ensure the safety functioning of the region is proposed. The use of this methodology will allow to minimize the average expected annual loss of population from different emergencies throughout the region considering its features in the context of resource limits and minimization of the effects of indeterminacy in planning.

Key words: security, model, region, emergency, efficiency, objective function.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 31 марта 2017 г.

В соответствии с федеральным законом № 68-ФЗ "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера" [1], на Единую государственную систему предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, действующую на федеральном, межрегиональном, региональном, муниципальном и объектовом уровнях возложена задача осуществления целевых и научно-технических программ, направленных на предупреждение чрезвычайных ситуаций и повышение устойчивости функционирования организаций, а также объектов социального назначения в чрезвычайных ситуациях. Кроме того, статья 7 Закона № 68-ФЗ определяет, что объёмы содержания мероприятий по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций определяются исходя из принципа необходимой достаточности, а планирование таких мероприятий проводится с учётом экономических, природных и иных характеристик, особенностей территорий и степени реальной опасности возникновения чрезвычайных ситуаций. Приведённые положения Закона делают актуальными исследования, направленные на разработку методологии оценки безопасности жизнедеятельности региона страны. Наличие такого аппарата позволит обосновать рациональный перечень и объём мероприятий предупреждения чрезвычайных ситуаций в условиях ограниченного времени и других видов ресурсов.

Специалистами МЧС России совместно с сотрудниками *Института проблем управления Российской Академии наук (ИПУ РАН)* проводятся исследования по обоснованию достаточности реализованных (планируемых) мероприятий по обеспечению безопасности функционирования региона страны. Цель исследований сформулирована как создание аппарата исследования достаточности реализованных (планируемых) мероприятий по обеспечению безопасности функционирования региона страны. Методический аппарат должен обеспечивать выбор допустимого комплекса защитных мероприятий, минимизирующего среднеожидаемые годовые потери населения от различных ЧС.

Разрабатываемая методика предполагает наличие трёх блоков [2].

Первый **блок базы данных** включает следующие показатели: количество населённых пунктов и их характеристика, количество потенциально опасных объектов регионального уровня и их характеристика, количество возможных мероприятий предупреждения ЧС, участки с возможным формированием ЧС природного характера.

Блок определения воздействия на персонал, оборудование, население при ЧС техногенного характера включает методические подходы определения вероятности формирования источников ЧС регионального масштаба и расчёт значений поражающих факторов источников ЧС (пожароопасных, химически опасных, взрывоопасных), определение показателей индивидуального риска и сопоставление их с нормативным значением, определение показателей материального ущерба, а также пробит-функции конкретного типа воздействия. Пробит-функции решают задачу количественной оценки вероятности поражения индивидуума, исходя из дозы негативного воздействия, которую он может получить при нахождении в заданной точке.

Блок определения воздействия на население и территории при ЧС природного характера включает методические подходы моделирования вероятности формирования региональной ЧС природного характера (наводнения, ландшафтные пожары, землетрясения), расчёта параметров поражающих факторов источников ЧС с учётом выполненных мероприятий, формирования моделей сопротивления воздействию (моделей разрушения зданий, поражения людей), оценки возможных последствий рассматриваемых ЧС, а также определения показателей индивидуального риска и сопоставление их с принятым для рассматриваемого региона нормативным значением.

Целевая функция методики определяется как оценка среднеожидаемых годовых потерь населения на рассматриваемой территории от интегрального воздействия всех рассматриваемых ЧС (безвозвратные потери)

$$EL(S, z) = \int_S \rho(x, y) \cdot [1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i(z, (x, y)))] \cdot dS,$$

где $\rho(x, y)$ – функция плотности распределения населения на территории S ;

$P_i(z, (x, y))$ – вероятность гибели человека в течение года в точке (x, y) от фактора i , при условии, что защитные мероприятия проведены согласно вектору z ;

z – вектор инцидентности выбора защитных мероприятий, а именно $z_i = 1$, если i -е мероприятие выбирается для реализации и $z_i = 0$, иначе.

Предложения по составу комплекса мероприятий предупреждения чрезвычайных ситуаций с учётом особенностей региона страны определяются как решение задачи оптимального выбора допустимого комплекса мероприятий предупреждения, минимизирующего среднеожидаемые годовые потери населения от различных ЧС на рассматриваемой территории S

$$EL(S, z) \rightarrow \min,$$

где $(\vec{c}, \vec{z}) \leq V$, c_i – приведённая годовая стоимость проведения i -го мероприятия, определяемая как отношение полной стоимости проведения i -го мероприятия к расчётному времени эксплуатации i -го мероприятия и среднегодовых эксплуатационных расходов при реализации i -го мероприятия;

V – среднегодовой объём средств на проведение комплекса мероприятий;

$$Az \leq 0;$$

$$Bz = 1;$$

A и B – матрицы, задающие ограничения на комплексе мероприятий предупреждения ЧС.

Решение сводится к задаче целочисленного программирования [3]. В качестве функционалов используются их разностные аппроксимации:

$$EL_{\text{сегм}}(S, z) = \sum_{k=1}^{k_{\max}} \sum_{l=1}^{l_{\max}} \rho(x_k, y_k) \cdot [1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i(z, (x_k, y_l)))] \cdot h_k \cdot h_l \rightarrow \min,$$

где h_k, h_l – размеры элементарной площадки S_k на рассматриваемой территории S ;

$\rho(x_k, y_k)$ – количество населения, проживающего на элементарной площадке S_k территории S ;

$P_i(z, (x_k, y_l))$ – вероятность гибели человека, проживающего в пределах элементарной площадки S_k в течение года от фактора i , при условии, что защитные мероприятия проведены согласно вектору z .

Важным элементом методики исследования достаточности реализованных (планируемых) мероприятий по обеспечению безопасности функционирования региона страны является оценка уже сформированного альтернативным способом комплекса мероприятий. Для решения этой задачи используется "дерево целей" – структурированная, построенная по иерархическому принципу (распределённая по уровням ранжирования) совокупность целей программы, представленная на рис. 1, в которой выделены:

- генеральная цель ("вершина дерева");
- подчинённые ей подцели первого, второго и последующего уровней ("ветви дерева").

Достижение генеральной цели и подчинённых подцелей обеспечивается выполнением соответствующих проектов, причём, как правило, на участие в программе, то есть на достижение соответствующих целей имеется множество проектов – претендентов. Задача заключается в выборе проектов, обеспечивающих реализацию целей программы с минимальными затратами при ограничениях либо на вероятность успешной реализации программы, либо на число проектов с высоким и средним риском, либо на объёмы финансирования таких проектов [4].

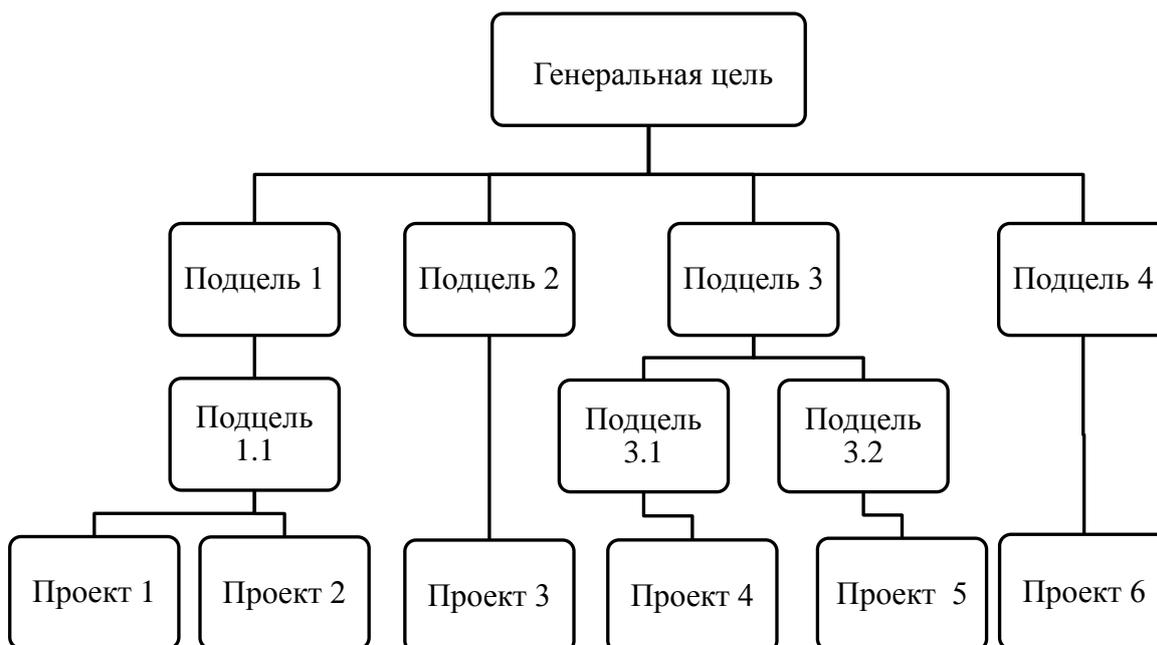


Рис. 1. Дерево целей и проекты

Естественно считать, что генеральной целью программы обеспечения безопасности функционирования региона страны, являются среднеожидаемые годовые потери населения рассматриваемой территории от интегрального воздействия всех рассматриваемых ЧС. Очевидно, что программа обеспечения безопасности функционирования региона страны может и должна осуществляться по нескольким направлениям, и, соответственно, реализация того или иного проекта может вносить свой вклад сразу в несколько направлений.

Последовательность действий, при оценке программы обеспечения безопасности функционирования региона страны, представлена на рис. 2.

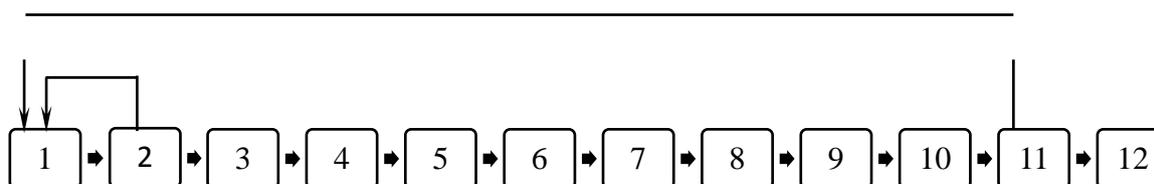


Рис. 2. Последовательность действий при оценке программы обеспечения безопасности функционирования региона страны

Этап 1. Уточнение формулировки основных целей.

Этап 2. Оценка потенциала достижения целей.

Обратная связь соответствует корректировке целей с учётом полученной оценки потенциала.

Этап 3. Определение ожидаемых результатов, затрат и оценка рисков.

Этап 4. Формирование оценки эффекта – вклада проектов в достижение целей.

Этап 5. Определение эффективности проектов.

Этап 6. Упорядочение проектов по эффективности.

Этап 7. Построение графика "затраты эффект" по каждому направлению

Этап 8. Перевод графиков "затраты-эффект" в качественные шкалы.

Этап 9. Определение матрицы минимальных затрат, требуемых для достижения требуемых оценок эффекта по направлениям.

Этап 10. Определение минимальных затрат, требуемых для достижения требуемых оценок эффекта.

Этап 11. Выбор целевых значений эффекта и корректировка целей с учётом возможностей финансирования программы.

Этап 12. Разработка календарного плана с учётом графика финансирования.

Программа оценивается по m направлениям (критериям). Состояние каждого направления оценивается, как правило, по балльной шкале (плохо – 1, удовлетворительно – 2, хорошо – 3, отлично – 4).

В настоящее время для оценки направлений программы широко используются комплексные оценки эффекта программы на основе матричных свёрток. Соответственно, в качестве целей программы ставится достижение требуемых величин оценок эффекта по направлениям.

Будем считать, что оценивается программа обеспечения безопасности функционирования региона страны по множеству направлений Q . Для участия в этой программе получены заявки от руководителей n проектов – претендентов на участие в программе.

В форме заявке, которую должен заполнить каждый претендент, обязательно должна содержаться информация об эффекте, затратах и рисках. В частности каждый проект может реализовываться в двух вариантах – с низким риском или с высоким риском (либо в трёх вариантах – с низким, средним и высоким рисками).

Пусть в заявке содержится следующая информация:

- a_{ij} , эффект (вклад) который даёт i -й проект в одно или несколько направлений программы ($i = 1, \dots, n, j \in Q_i$, где Q_i – множество направлений, в которые даёт вклад i -й проект);

- b_i – затраты на реализацию проекта с низким риском;

- χ_i – уровни рисков проектов (низкий – 1, средний – 2, высокий – 3).

Для проверки вклада необходимо провести соответствующую оценку достижения цели проекта. Для этого формируются качественные шкалы, и реализуется механизм комплексного оценивания.

Обозначим через w_i оценку эффекта (вклада) i -го проекта в достижение цели. Тогда всю информацию о проектах можно представить в виде табл. 1.

Таблица 1

Информация о проектах

Проект №	1	2	3	4	5
Оценка вклада проекта в достижение цели проекта	w_1	w_2	w_3	w_4	w_5
Затраты на реализацию проекта	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5
Уровень риска	χ_1	χ_2	χ_3	χ_4	χ_5

Упорядочивание проектов осуществляется следующим образом. Заполняется табл. 2, в которой рассчитывается эффективность проектов.

Таблица 2

Эффективность проектов

	Затраты на реализацию	Оценка эффекта	Эффективность
Проект № 1	b_1	w_1	w_1/b_1
Проект № 2	b_2	w_2	w_2/b_2
Проект № 3	b_3	w_3	w_3/b_3
Проект № 4	b_4	w_4	w_4/b_4
Проект № 5	b_5	w_5	w_5/b_5

По оси абсцисс откладываются значения затрат, а по оси ординат откладываются значения эффектов. Для i -го проекта получаем отрезок, выходящий из начала координат и заканчивающийся в точке с координатами (b_i, w_i) , $i = 1, \dots, n$. Таким образом, получим пучок, состоящий из n отрезков (рис. 3).

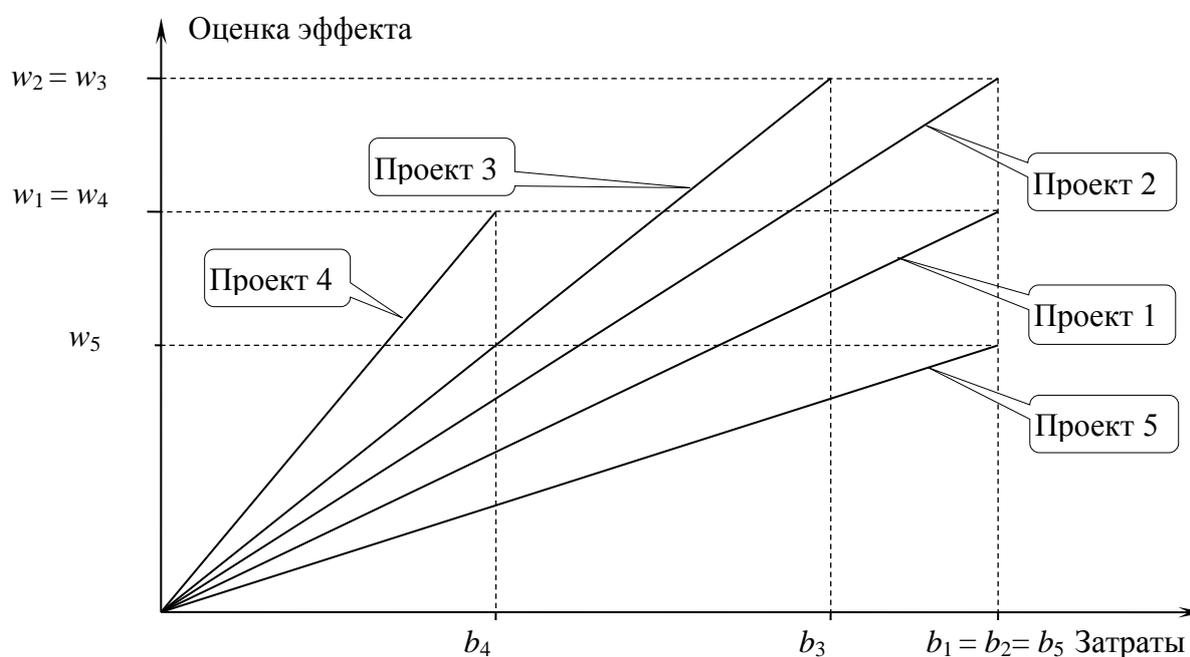


Рис. 3. Эффективность проектов

Заметим здесь, что для реализации проектов 1, 2 и 5 требуются одинаковые затраты, в то время как проекты 2 и 3 и проекты 1 и 4 дают одинаковые эффекты при разных затратах.

Определение объёмов финансирования проектов на основе метода "затраты – эффект" осуществляется следующим образом. Сначала выполняется самый эффективный проект, затем следующий по эффективности и т.д. Рис. 3 показывает, в какой последовательности надо реализовывать проекты. Из этого рисунка видно, что четвёртый проект самый эффективный, потом идёт третий проект, потом второй, первый и, наконец, пятый.

Полученные значения эффективностей позволяют построить график "затраты – эффект", из которого, кроме последовательности выполнения проектов видно какой максимальный эффект может быть получен от реализации этих проектов, и какие средства необходимо вложить в реализацию этих проектов.

Для удобства построения графика "затраты – эффект" предварительно необходимо табл. 2 представить в следующем виде (табл. 3).

Таблица 3

Упорядочение проектов по эффективности

№ проекта	Затраты на реализацию	Эффективность	Затраты нарастающим итогом	Оценка эффекта нарастающим итогом
Проект № 4	b_4	w_4/b_4	b_4	w_4
Проект № 3	b_3	w_3/b_3	$b_4 + b_3$	$w_4 + w_3$
Проект № 2	b_2	w_2/b_2	$b_4 + b_3 + b_2$	$w_4 + w_3 + w_2$
Проект № 1	b_1	w_1/b_1	$b_4 + b_3 + b_2 + b_1$	$w_4 + w_3 + w_2 + w_1$
Проект № 5	b_5	w_5/b_5	$b_4 + b_3 + b_2 + b_1 + b_5$	$w_4 + w_3 + w_2 + w_1 + w_5$

В табл. 3 проекты упорядочены по эффективности. А именно, на первом месте стоит самый эффективный проект, затем – следующий по эффективности и т.д.

График "затраты – эффект" строится на основе данных, находящихся в двух последних столбцах. По оси абсцисс откладываются суммарные затраты, а по оси ординат – суммарное значение эффекта. График "затраты – эффект" представлен на рис. 4.

Построив график "затраты – эффект" можно оценить, сколько средств потребуется для внедрения рассматриваемых проектов и какой эффект от реализации этих проектов можно получить.

Автоматизация предложенного подхода позволит получить рекомендации о последовательности выполнения мероприятий и показатели эффективности достижения цели при выполнении планируемых мероприятий.

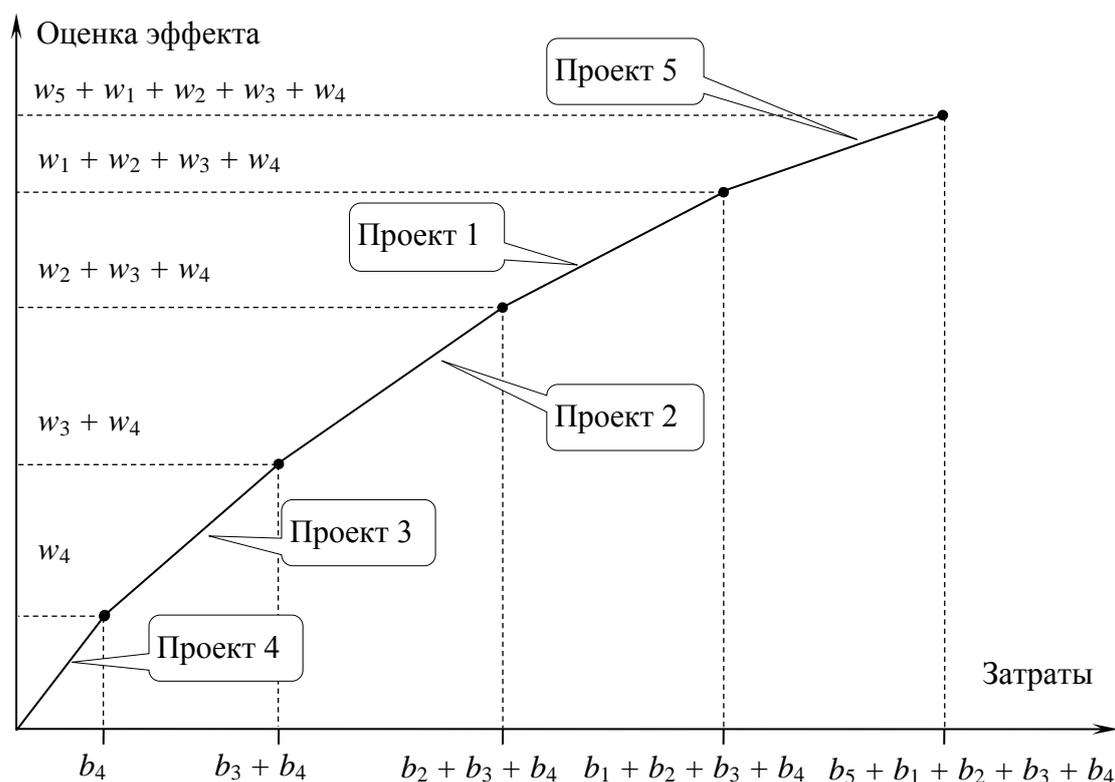


Рис. 4. График "затраты – эффект"

Таким образом, предложенные подходы позволят минимизировать среднеожидаемые годовые потери населения от различных ЧС на территории региона путём выбора и реализации комплекса мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций с учётом особенностей региона в условиях ресурсных ограничений и минимизации влияния фактора неопределённости при их планировании.

Кроме того, второй методический блок позволит производить оценку эффективности уже созданных альтернативными способами планов реализации комплекса мероприятий по предупреждению ЧС на территории региона страны, что свидетельствует о практической значимости разрабатываемой методологии.

Литература

1. Федеральный закон от 11 ноября 1994 года № 68-ФЗ "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера".
2. Косоруков О. А., Овсяник А. И., Чурбанов О. И. Оценка и управление рисками при чрезвычайных ситуациях : учебное пособие. М.: ВИА МО России, 2004. 105 с.
3. Сухарев А. Г., Тимохов А. В., Федоров В. В. Курс методов оптимизации: учеб. пособие. М.: Физматлит, 1986. 328 с.
4. Ириков В. А., Новиков Д. А., Тренёв В. Н. Целостная система государственно-частного управления инновационным развитием как средство удвоения темпов выхода России из кризиса и посткризисного роста. М. : ИПУ РАН, 2009. 228 с.

References

1. Federal'nyj zakon ot 11 nojabrja 1994 goda No 68-FZ "O zashhite naselenija i territorij ot chrezvychajnyh situacij prirodного i tehnogenного haraktera" (On protection of the population and territories from emergency situations of natural and man-made nature).
2. Kosorukov O. A., Ovsjanik A. I., Churbanov O. I. Ocenka i upravlenie riskami pri chrezvychajnyh situacijah (Assessment and management of risks in emergency situations) : uchebnoe posobie. M. : VIA MO Rossii, 2004. 105 p.
3. Suharev A. G., Timohov A. V., Fedorov V. V. Kurs metodov optimizacii (Course of optimization methods): ucheb. posobie. M.: Fizmatlit, 1986. 328 p.
4. Irikov V. A., Novikov D. A., Trenjov V. N. Celostnaja sistema gosudarstvenno-chastnogo upravlenija innovacionnym razvitiem kak sredstvo udvoenija tempov vyhoda Rossii iz krizisa i postkrizisnogo rosta (A holistic system of public-private management of innovative development as a means of doubling the pace of Russia's exit from the crisis and post-crisis growth). M.: IPU RAN, 2009. 228 p.