

СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ СОБЫТИЙ И ДЕЙСТВИЙ ОПЕРАТИВНЫХ СЛУЖБ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРА В ЗООЛОГИЧЕСКОМ ПАРКЕ

**А.А. Таранцев, доктор технических наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;**

Т.С. Маркова;

А.А. Бондарь, кандидат технических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены вопросы, связанные с изучением сценариев развития событий, методов планирования и управления при пожарах, применением интервального анализа к определению критического пути, а также действий специальных подразделений при ликвидации пожаров в зоологических парках и меры по обеспечению безопасности людей и обитателей зоопарков в случае пожаров.

Ключевые слова: интервальный анализ, критический путь, сценарии развития, методы управления, пожарная безопасность

SCENARIO AND THE ACTIVITIES OF THIS SERVICE UNDER THE EMERGENCY ELIMINATION IN ZOOLOGICAL PARK

A.A. Tarantcev; T.S. Markova; A.A. Bondar.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The problems associated with the study of scenarios, planning and management in fires, the use of interval analysis to the determination of the critical path, as well as actions of special units on fires in zoological parks and measures to ensure the safety of people and the inhabitants of zoos in the event of fire.

Keywords: interval analysis, critical path, script development, management, fire safety

Проблема пожарной безопасности зоопарков требует самого пристального внимания, поскольку именно пожары возникают наиболее часто, а действия специальных подразделений усложняются опасным соседством с хищниками и ядовитыми змеями. Спасение животных, чаще всего – это очень сложная и ответственная, зачастую сложно решаемая задача, которую неподготовленному человеку без специального оборудования, как правило, самостоятельно решить не удастся.

При спасении людей и обитателей зоопарка на пожаре оперативные должностные лица обязаны определить порядок и способы спасения людей и животных в зависимости от обстановки и состояния людей, которым необходима помощь, предпринять меры по защите спасаемых от опасных факторов пожара.

Работы по спасанию проводятся быстро, но с соблюдением предосторожностей, чтобы не были причинены повреждения и травмы спасаемым людям и животным.

Во всех случаях, когда проводятся спасательные работы, должностные лица одновременно с развертыванием сил и средств организуют вызов скорой медицинской помощи, даже если в данный момент в ней нет необходимости.

Действия по тушению пожара и проведению аварийно-спасательных работ (АСР) представлены на рис. 1.

Необходимо отметить, что действия по разведке, спасанию людей и имущества, боевому развертыванию, ликвидации горения и выполнению специальных работ могут выполняться одновременно.

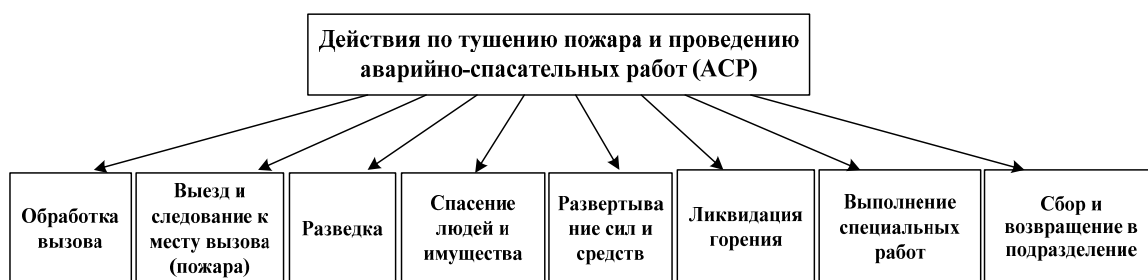


Рис. 1. Действия по тушению пожара и проведению АСР

Действия по тушению пожара и проведению АСР специальными подразделениями должны выполняться в соответствии с установленными требованиями нормативных документов (норм пожарной безопасности, правил охраны труда, инструкций и иных документов, содержащих требования пожарной безопасности), так как проводятся в условиях высокой психологической и физической нагрузки, повышенного риска, прямой опасности для жизни и здоровья.

Для обеспечения условий успешного выполнения основной задачи используются специальные технические средства, способы и приемы [1]: вскрытие и разборка конструкций, подъем (спуск) на высоту, организация связи, освещение места пожара (вызова), восстановление работоспособности технических средств. Для успешного выполнения основной задачи по тушению пожара и проведению АСР в зоологическом парке весь персонал, обслуживающий животных, и руководящий состав зоопарка должны быть обучены способам, приемам и методам обезвреживания животных в случаях их неожиданного выхода на свободу. Планом предусматривается порядок уничтожения опасных животных в случаях угрозы выхода их при пожарах на свободу.

На случай эвакуации животных при пожарах дирекцией зоопарка обеспечивается определенное количество переносных и транспортных клеток, использование которых для других целей запрещается. Перечень таких животных, подлежащих эвакуации, и необходимое количество клеток определяется дирекцией зоопарка и утверждается вышестоящей организацией по подчиненности зоопарка [2].

Руководитель учреждения (другое должностное лицо), прибывший к месту пожара, обязан [1]:

- продублировать сообщение о возникновении пожара в пожарную охрану и поставить в известность вышестоящее руководство, ответственного дежурного по объекту;
- организовать встречу подразделений пожарной охраны и оказать помощь в выборе кратчайшего пути для подъезда к очагу пожара;
- в случае угрозы жизни людей немедленно организовать их спасение, используя для этого имеющиеся силы и средства;
- проверить включение в работу автоматических систем противопожарной защиты (оповещения людей о пожаре, пожаротушения, противодымной защиты);
- при необходимости отключить электроэнергию (за исключением систем противопожарной защиты), перекрыть паровые и водяные коммуникации, остановить работу систем вентиляции в аварийном и смежном с ним помещениях, выполнить другие мероприятия, способствующие предотвращению развития пожара и задымления помещений здания;
- прекратить все работы в здании (если это допустимо по технологическому процессу производства), кроме работ, связанных с мероприятиями по ликвидации пожара;
- осуществить общее руководство по тушению пожара (с учетом специфических особенностей объекта) до прибытия подразделения пожарной охраны;
- одновременно с тушением пожара организовать эвакуацию и защиту материальных ценностей.

Дирекцией зоопарка должна быть разработана и постоянно храниться следующая документация [2]:

- генеральный план территории зоопарка с размещением всех объектов;
- план подземных коммуникаций;
- схема размещения животных по объектам;
- план-схема эвакуации посетителей, работников зоопарка и ценного имущества при аварийных случаях и пожарах;
- схема размещения на территории парка аварийного инвентаря;
- схема расположения основных электрических вводов и рубильников включения и выключения осветительных и силовых сетей, водопроводных вводов и водомеров, теплоузлов, газопроводов, канализационных магистралей и колодцев, противопожарных средств, пожарных кранов, гидрантов и колодцев, колодцев коллекторов телефонной сети, водостоков и прочих технических сооружений;
- план и схема эвакуации животных при авариях и пожарах;
- папка ответственного дежурного по зоопарку с соответствующей инструкцией, списком адресов и телефонов должностных лиц, адресов и телефонов вышестоящих организаций, городских органов охраны общественного порядка, аварийных служб города и органов ветеринарной службы и пожарной части.

Для обеспечения условий успешного выполнения основной задачи на месте происшествия организуется работа мобильных нарядов полиции: дорожно-патрульной, патрульно-постовой служб, вневедомственной охраны. В задачи полицейских входят мероприятия по охране общественного порядка и обеспечению безопасности граждан, пресечение случаев мародёрства, организация движения автотранспорта, в том числе специального, так же оказание помощи при эвакуации. Сообщать в оперативный штаб обо всех замеченных изменениях по существу пожара (возникновение новых очагов, обрушение, деформация и т.д.).

После возникновения пожара первую медицинскую помощь пострадавшим оказывают медицинский персонал бригады скорой медицинской помощи. Основные задачи на этом периоде – вывод (вывоз) пострадавших из зоны происшествия, оказание первой врачебной помощи, доставка в лечебные учреждения.

Важными условиями медико-санитарного обеспечения являются сроки оказания первой помощи, близость расположения лечебных учреждений и всесторонняя подготовка медицинского персонала и вспомогательных служб.

Важными условиями обеспечения пожарной безопасности в зоопарках являются строгое соблюдение действующих нормативных документов при их строительстве и реконструкции, также тщательное составление планов тушения возможных пожаров и проведение совместных учений сотрудников зоопарка, пожарных, спасателей, полиции и медиков.

Система методов сетевого планирования и управления все больше используется для совершенствования управления различными процессами. Сетевое планирование позволяет установить точную взаимосвязь между работами, которые планируются и результатами, которые можно получить благодаря выполнению этих работ. Также дает возможность оперативно рассчитать и скорректировать план любых работ.

Сеть – графическое изображение плана разработки, показывающее взаимосвязь всех работ, необходимых для достижения конечной цели [3].

Под комплексом работ будем понимать всякую задачу, для выполнения которой необходимо осуществить достаточно большое количество работ.

На графике (рис. 2) отражены события и работы при ликвидации пожара в зоологическом парке. Событие характеризует либо начало, либо завершение определенной работы, то есть результат, получаемый после выполнения работ, а сама работа выражает действие, совершение которого необходимо для перехода от события, которое ей предшествует к последующему. На графике события изображены в виде кружков,

а работы в виде стрелок, которые обозначают связь между событиями. Неотъемлемым свойством каждой работы является то, что она протекает во времени, имеет определенную продолжительность.

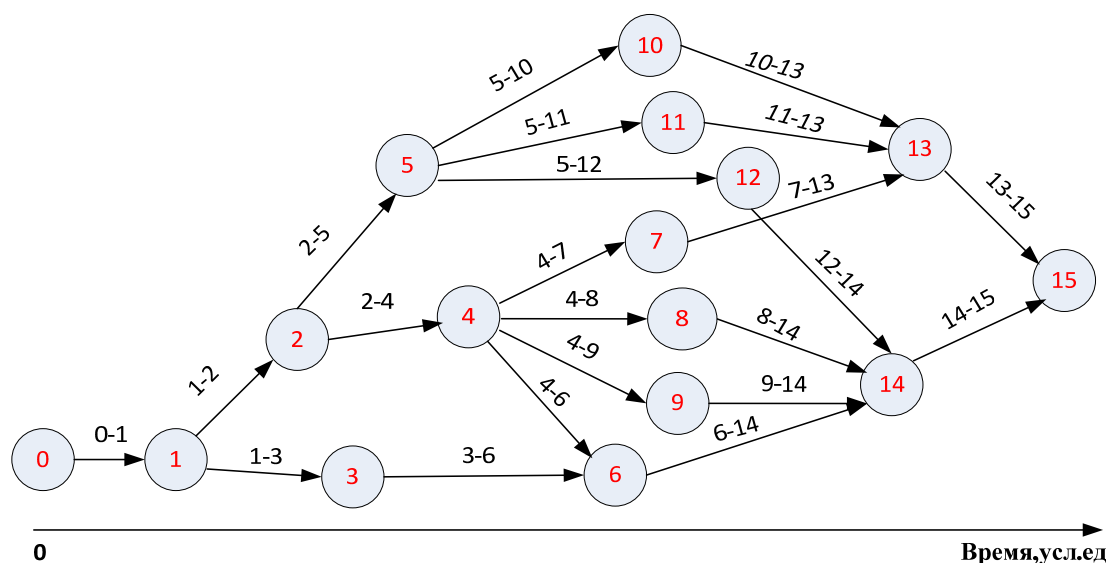


Рис. 2. Сетевой график действий специальных подразделений при ликвидации пожара в зоологическом парке

Представленный на рис. 2 сетевой график состоит из 15 событий и 22 работ. Конечным результатом данного графика является событие 15 – ликвидация пожара.

Упорядочение сетевого графика заключается в таком расположении событий и работ, при котором для любой работы предшествующее ей событие расположено левее и имеет меньший номер по сравнению с завершающим эту работу событием. Другими словами, в упорядоченном сетевом графике все работы-стрелки направлены слева направо: от событий с меньшими номерами к событиям с большими номерами. Событие, в отличие от работы, не является процессом и не сопровождается никакими затратами времени или ресурсов (табл. 1).

Таблица 1

Код события	Наименование события
S ₀	Возник пожар
S ₁	Дежурный обнаружил возгорание
S ₂	Пожарная часть, получение вызова
S ₃	Директор зоологического парка оповещен о пожаре
S ₄	Руководитель тушения пожара прибыл к месту пожара
S ₅	Центр управления в кризисных ситуациях (ЦУКС), получение информации о пожаре
S ₆	Штаб, получение информации
S ₇	Создан участок тушения пожара (УТП)-1
S ₈	Создан УТП-2
S ₉	Создан УТП-3
S ₁₀	Прибытие бригады скорой помощи
S ₁₁	Прибытие полиции
S ₁₂	Прибытие дополнительных сил и средств
S ₁₃	Спасение пострадавших
S ₁₄	Локализация пожара
S ₁₅	Ликвидация пожара

В сетевом планировании по работам, время выполнения которых не определено, можно дать две вероятностные оценки времени: \min время выполнения работы при благоприятном стечении обстоятельств и \max время выполнения работы при неблагоприятном стечении обстоятельств. Эти величины являются исходными для расчета ожидаемого времени выполнения работ $t_{ож}(i,j)=M(T)$ – математическое ожидание случайной величины T – продолжительности работы (i, j) .

Существует часть работ, образующих последовательность от начального до конечного события, обладающая наибольшей продолжительностью. Эта последовательность называется критической или критическим путем. Изменение продолжительности любой работы на критическом пути соответствующим образом меняет срок наступления завершающего события.

Критический путь на сетевом графике – такой путь из L возможных, для которого продолжительность последовательности работ является наибольшей, то есть:

$$t_{кр} = \max_{i=1}^L (t_i), \quad (1)$$

где t_i – время реализации i пути, складывающееся из суммы продолжительностей соответствующих работ $\{\tau_j\}$.

Однако на практике продолжительность работ, образующих пути сетевого графика, носит недетерминированный характер. Продолжительность каждой j работы τ_j может быть описана либо в виде плотности распределения $\varphi_j(\tau)$ [4], либо в виде интервала $[\tau_{\min}, \tau_{\max}]_j$ [5]. В первом случае по набору распределений $\{\varphi_j(\tau)\}$ методом суперпозиции [6] строится результирующее распределение $\varphi_0(t)$.

В первом случае требуется знание плотностей законов распределения $\{\varphi_j(\tau)\}$, которые могут быть получены по результатам обработки результатов статистических измерений. Кроме того, аналитическая реализация метода суперпозиции случайных величин достаточно сложна, тем более что для каждого пути будет иметь место несколько суперпозиций. Это приводит к необходимости имитационного моделирования [7], что, в свою очередь, требует применения специальных компьютерных программ.

Второй подход представляется более перспективным, поскольку требует лишь знания временных интервалов $[\tau_{\min}, \tau_{\max}]_j$ для каждой j работы, которые оценить значительно проще, чем распределения $\{\varphi_j(\tau)\}$. Нахождение величин продолжительности путей $\{t_i\}$ может быть осуществлено методами интервального анализа [8].

В общем случае при оценке продолжительности i пути будут иметь место следующие соотношения [9]:

$$t_{icp} = \sum_{j=1}^{N_i} \tau_{jcp}, \quad (2)$$

$$D_i = \sum_{j=1}^{N_i} D_j, \quad (3)$$

где t_{icp} , D_i – средняя продолжительность и дисперсия продолжительности i пути; N_i – число работ, образующих i путь; τ_{jcp} , D_j – средняя продолжительность и дисперсия продолжительности j работы.

При втором подходе результирующие интервалы i пути могут быть определены из выражений [5]:

$$\begin{cases} t_{i \min} = t_{i \text{cp}} - (3D_i)^{0,5}, \\ t_{i \max} = t_{i \text{cp}} + (3D_i)^{0,5}. \end{cases} \quad i \in [1, L], \quad (4)$$

$$(5)$$

Дисперсия D_i в этом случае может быть найдена с использованием выражения (3):

$$D_i = \sum_{j=1}^{N_i} (\tau_{j \max} - \tau_{j \min})^2 / 12. \quad (6)$$

В итоге получим набор из L интервалов $\{[t_{\min}, t_{\max}]_i\}$ для каждого пути, сравнивая которые можно на основе выражения (1) определить один или несколько критических. А, найдя критический путь, можно найти наиболее продолжительную работу в нём, сокращение которой позволит сократить общее время выполнения проекта.

Сетевой график (рис. 2) имеет 8 полных путей:

- L2: (0,1) (1,2) (2,5) (5,11) (11,13) (13,15)
- L3: (0,1) (1,2) (2,5) (5,12) (12,14) (14,15)
- L4: (0,1) (1,2) (2,4) (4,7) (7,13) (13,15)
- L5: (0,1) (1,2) (2,4) (4,8) (8,14) (14,15)
- L6: (0,1) (1,2) (2,4) (4,9) (9,14) (14,15)
- L7: (0,1) (1,2) (2,4) (4,6) (6,14) (14,15)
- L8: (0,1) (1,2) (2,3) (3,6) (6,14) (14,15).

В табл. 2 представлены действия специальных подразделений при тушении пожара в зоологическом парке (работы) их последовательность и средняя продолжительность.

По формуле (2) находим $t_{i \text{cp}}$ – среднюю продолжительность для каждого пути:

- L1 (0,1,2,5,10,13,15)=5,5+1,25+2+2+55+95=160,75 мин
- L2 (0,1,2,5,11,13,15)=5,5+1,25+2+2+100+95=205,75 мин
-
- L8 (0,1,2,3,6,14,15)=5,5+1,25+1,25+95+95+95=293 мин.

Чтобы определить D_i – дисперсию продолжительности i пути, находим D_j дисперсию j работы с использованием выражения (6) для каждого пути:

$$L1:(0,1)(1,2)(2,5)(5,10)(10,13)(13,15)=6,75; 0,18; 0,33; 0,33; 408,33; 2408,33.$$

$$\begin{aligned} D(0,1) &= (10-1)^2/12=6,75; & D(5,10) &= (3-1)^2/12=0,33; \\ D(1,2) &= (2-0,5)^2/12=0,18; & D(10,13) &= (90-20)^2/12=408,33; \\ D(2,5) &= (3-1)^2/12=0,33; & D(13,15) &= (180-10)^2/12=2408,33. \end{aligned}$$

Аналогично определяем D_j пути L2–L8.

- L2: (0,1)(1,2)(2,5)(5,11) (11,13)(13,15)=6,75; 0,18; 0,33; 0,33; 2133,33; 2408,33;
- L3: (0,1) (1,2)(2,5)(5,12) (12,14)(14,15)=6,75; 0,18; 0,33; 0,33; 2133,33; 2408,33;
- L4: (0,1) (1,2) (2,4) (4,7) (7,13)(13,15)=6,75; 0,18; 2,08; 8,33; 2133,33; 2408,33;
- L5: (0,1) (1,2) (2,4) (4,8) (8,14)(14,15)=6,75; 0,18; 2,08; 8,33; 2408,33; 2408,33;
- L6: (0,1) (1,2) (2,4) (4,9) (9,14)(14,15)=6,75; 0,18; 2,08; 8,33; 2408,33; 2408,33;
- L7: (0,1)(1,2)(2,4)(4,6)(6,14)(14,15)=6,75; 0,18; 2,08; 2408,33; 2408,33; 2408,33;
- L8: (0,1)(1,2)(2,3)(3,6)(6,14)(14,15)=6,75; 0,18; 0,18; 2408,33; 2408,33; 2408,33.

Определив дисперсии продолжительности работ D_j на всех путях L1–L8, находим D_i – дисперсию продолжительности i пути по формуле (3):

$D_{L1}=6,75+0,18+0,33+0,33+408,33+2408,33=2824,25$, аналогично для L2–L8, результаты расчетов представлены в табл. 3.

Таблица 2

Коды работ (начало, окончание)	Наименование работы	Продолжительность (мин)		
		$t_{i \min}$	$t_{i \max}$	$t_{i \text{cp}}$
(0,1)	Обнаружение пожара дежурным по зоопарку	1	10	5,5
(1,2)	Сообщение о пожаре в пожарную часть	0,5	2	1,25
(1,3)	Сообщение о пожаре директору (администрации) зоопарка	0,5	5	2,75
(2,5)	Передача информации диспетчером пожарной части в ЦУКС	1	3	2
(2,4)	Выезд и следование караула к месту пожара (вызова)	5	10	7,5
(3,6)	Работа администрации в составе штаба пожаротушения	10	180	95
(5,10)	ЦУКС вызывает на место пожара скорую помощь	1	3	2
(5,11)	ЦУКС вызывает на место пожара полицию	1	3	2
(5,12)	ЦУКС вызывает на место пожара дополнительные силы и средства	1	3	2
(4,6)	Передача необходимой информации руководителю тушения пожара	10	180	95
(4,7)	Создается участок тушения пожара (УТП -1) для проведения эвакуации	10	20	15
(4,8)	Создается участок тушения пожара-2 (УТП-1)	10	20	15
(4,9)	Создается участок тушения пожара-3 (УТП-2)	10	20	15
(10,13)	Спасение пострадавших	20	90	55
(11,13)	Оцепление, охрана порядка	20	180	100
(7,13)	Эвакуация людей и животных, материальных ценностей	20	180	100
(8,14)	Тушение пожара	10	180	95
(9,14)	Тушение пожара (защита соседних конструкций)	10	180	95
(6,14)	Сбор, обработка и анализ данных об обстановке на пожаре, контроль за выполнением поставленных задач	10	180	95
(12,14)	Проведение аварийно-спасательных работ	20	180	100
(13,15)	Завершение спасательных операций	10	180	95
(14,15)	Локализация и ликвидация пожара	5	20	95

Таблица 3

Путь	$t_{i \text{cp}}$	D_i	$t_{i \min}$	$t_{i \max}$
L1	160,75	2824,25	67,95	252,05
L2	205,75	4549,25	88,93	322,57
L3	205,75	4549,25	88,93	322,57
L4	224,25	4559	107,3	341,2
L5	219,25	4834	98,83	339,67
L6	219,25	4834	98,83	339,67
L7	299,25	7234	151,93	446,57
L8	293	7232,1	145,7	440,3

Для определения результирующих интервалов $t_{i \min}$ и $t_{i \max}$ i пути используем выражения (4) и (5):

$$t_{i \min} L1 = 160,75 - (3 \cdot 2824,25)^{0,5} = 67,95;$$

$$t_{i \max} L1 = 160,75 + (3 \cdot 2824,25)^{0,5} = 252,05$$

аналогично для L2–L8, результаты расчетов представлены в табл. 2.

Таким образом, получаем, что самым продолжительным является путь L7 и поэтому он является критическим для этой сети.

Проблема пожарной безопасности зоопарков является актуальной и требует самого пристального внимания на всех этапах функционирования – от проектирования до ликвидации пожаров и последствий чрезвычайных ситуаций. Методы сетевого планирования и управления при этом обеспечат руководителей и участников тушения пожара на всех участках работы важной информацией, которая необходима для принятия решений по организации и управлению на пожаре. Например, для рассмотренного случая критическим путем будет работа штаба. Но при этом нужно иметь ввиду, что этот путь, в свою очередь, будет зависеть от продолжительности работ по тушению пожара и спасению обитателей зоопарка.

В дальнейшем представляется целесообразным рассмотреть действия по тушению пожаров и спасению обитателей зоопарков с привлечением методов исследования операций.

Литература

1. Об утверждении Порядка тушения пожаров подразделениями пожарной охраны: Приказ МЧС РФ от 31 марта 2011 г. № 156. Доступ из информ.-правовой системы «Гарант».
2. О введении в действие правил пожарной безопасности для учреждений культуры Российской Федерации: Приказ ВППБ от 13 янв. 1994 г.; принят Министерством культуры РФ 1 нояб. 1994 г. № 736; введ. 1 янв. 1995 г. URL: <http://base.garant.ru> (дата обращения: 10.01.2015).
3. Абрамов С.А., Мариничев М.И., Поляков П.Д. Сетевые методы планирования и управления. М.: Советское радио, 1965.
4. Вадзинский Р.Н. Справочник по вероятностным распределениям. СПб.: Наука, 2001.
5. Таранцев А.А. Случайные величины и работа с ними: учеб. пособие / под ред. В.С. Артамонова. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: Изд. дом «Петрополис», 2011.
6. Венцель Е.С. Исследование операций. М.: Советское радио, 1972.
7. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. Практикум. М.: Высш. шк., 1999.
8. Таранцев А.А. О связи интервального анализа с теорией вероятностей // Заводская лаборатория. 2004. № 3.
9. Венцель Е.С. Теория вероятностей. 5-е изд. стереотип. М.: Высш. шк., 1998.