

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ СССР

Г. П. ЖУКОВ, С. Ф. ВИКУЛОВ

ВОЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ

*Утвержден начальником Центрального финансового управления
Министерства обороны СССР в качестве учебника*

МОСКВА
ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
1987

В Учебнике изложены основы методологии военно-экономического анализа мероприятий, обеспечивающих боевую готовность Вооруженных Сил и проводимых в войсковой и производственной сферах деятельности, а также методы количественного обоснования военно-экономических решений и статистического анализа показателей затрат материальных, трудовых и финансовых ресурсов.

Учебник предназначен для слушателей Военного финансово-экономического факультета при Московском финансовом институте. Он может быть также использован преподавателями и слушателями других вузов при изучении военно-экономического анализа и исследования операций, а также практическими работниками в системе командирской подготовки офицеров финансово-экономических органов Министерства обороны.

ВОЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ

Редактор *Ж.И. Риманова*
Технический редактор *Н.Я. Богданова*
Корректор *Г.Л. Паранина*

Сдано в набор 06.06.85.

Подписано в печать 9.02.87.

Г-90394

Формат 60x90/16 Печ.л. 27½. Усл.печ.л. 27,5. Уч.-изд.л. 27,99. Усл. кр.-отт. 27,5.
Изд. № 14/939 Для внутриведомственной продажи. Цена 1 р. 20 к. Зак. 870

Воениздат, 103160, Москва, К-160.
2-я типография Воениздата
191065, Ленинград, Д-65, Дворцовая пл., 10

ПРЕДИСЛОВИЕ

Для повышения эффективности производства и качества работы, совершенствования управления в современных условиях необходимо знание методов обоснования решений, способов и приемов анализа планируемых и проводимых мероприятий в области экономики. Особенно это необходимо при решении задач обеспечения обороноспособности страны, поскольку здесь наиболее велика цена потерь от ошибочных или недостаточно обоснованных решений.

В материалах съездов КПСС, в других партийных документах подчеркивается, что наш народ обеспечил и будет обеспечивать свою армию всем необходимым. В то же время следует учитывать, что расходы на оборону сокращают возможности повышения благосостояния советских людей. Поэтому проблема повышения эффективности использования средств, выделяемых на укрепление боевого потенциала Вооруженных Сил, была и остается чрезвычайно актуальной. Она требует своего решения на научной основе.

Трудность решения проблемы повышения эффективности в сфере обороны определяется спецификой конечного продукта, получаемого в результате деятельности всех структурных звеньев Вооруженных Сил и оборонной промышленности. Здесь возникает комплекс своеобразных методологических задач оценки связи между конечными результатами, получаемыми структурными подразделениями Вооруженных Сил в ходе боевой подготовки и ведении боевых действий, и затратами на их достижение. Существенную помощь практическим работникам в решении специфических проблем повышения эффективности расходов на оборону оказывает военно-экономический анализ. Он предполагает оценку всех мероприятий в процессе военно-экономической деятельности по трем показателям: эффект – затраты – время. Эти показатели характеризуют получаемый результат, затраченные для достижения цели ресурсы и срок получения результата.

Военно-экономический анализ позволяет решать задачи оценки влияния отдельных факторов на уровень затрат ресурсов и получаемый конечный результат в различных областях военной деятельности, составлять оптимальные планы проведения мероприятий по повышению боевой готовности войск.

Как научное направление военно-экономический анализ возник в 50-е годы в связи с необходимостью разработки методов сопоставления результатов применения средств вооруженной борьбы с затратами материальных, трудовых и финансовых ресурсов.

К концу 70-х годов военно-экономический анализ сформировался как самостоятельная научная дисциплина. В этот период авторами был разработан специальный курс для подготовки военных экономистов – финансистов, а в 1981 году авторами было выпущено учебное пособие по военно-экономическому анализу и исследованию операций.

Военно-экономический анализ является в значительной мере синтетической наукой, что характерно для многих наук, возникших в период развития научно-технической революции. Он базируется на марксистско-ленинской философии и объективных законах политической экономии социализма и тесно связан с рядом других военно-экономических дисциплин. Военно-экономический анализ представляет собой самостоятельную отрасль военно-экономической науки и одновременно служит инструментом управления военной экономикой и экономикой Вооруженных Сил. Этим определяются его место и роль в системе наук об экономическом обеспечении вооруженной борьбы социалистического государства.

В настоящем Учебнике в качестве объекта анализа выступают мероприятия, направленные на обеспечение боевой готовности войск. При этом основное внимание уделено войсковой сфере деятельности.

В Учебнике изложены основы методологии и методы военно-экономического анализа. Поскольку военно-экономический анализ предполагает использование достижений смежных наук, в нем содержится изложение методов статистического анализа экономических показателей. Значительное место отведено методам исследования операций. В самом общем смысле операция – это отдельная законченная часть процесса, действие, направленное на выполнение какой-либо задачи. В зависимости от характера деятельности различают операции военные, производственные, финансовые, торговые, хирургические, почтовые и др. В настоящем Учебнике термин «исследование операций» можно было бы заменить на другой: «исследование экономических операций». Однако термин «исследование операций» сохранен как наиболее употребляемый в научной литературе.

Изложение всех методов анализа финансово-экономических показателей и нахождения оптимальных решений сопровождается примерами. Числовые исходные данные, использованные для примеров, являются условными, а сами примеры носят иллюстративный характер. Их сложность выбрана такой, чтобы можно было получить решение без привлечения высокопроизводительных вычислительных средств. В ряде случаев в интересах лучшего усвоения материала примеры намеренно упрощены. Отбор вариантов для значительной части примеров проводился на основе результатов расчетов на мини-ЭВМ «Электроника ДЗ-28» по стандартным программам. Использование ЭВМ значительно расширяет аналитические возможности методов, излагаемых в Учебнике.

В приложениях к Учебнику приведены таблицы, с помощью которых можно вести расчеты без привлечения других справочных материалов.

Приложения подготовлены кандидатом технических наук, доцентом А.Т. Перчуном.

Авторы благодарны всем товарищам за помощь при подготовке Учебника. Они внимательно отнесутся ко всем критическим замечаниям и предложениям специалистов, работающих в области военно-экономического анализа.

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВОЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Глава 1

ПРЕДМЕТ, ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ ВОЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

1.1. Предмет военно-экономического анализа

Необходимость защиты завоеваний социализма от агрессивных устремлений империализма вынуждают Коммунистическую партию и Советское правительство постоянно держать в поле зрения вопросы укрепления оборонного могущества страны, ее Вооруженных Сил. В Конституции СССР сказано, что «долг Вооруженных Сил СССР перед народом – надежно защищать социалистическое Отечество, быть в постоянной боевой готовности, гарантирующей немедленный отпор любому агрессору»¹.

Уровень боевой готовности зависит от многих факторов, к основным из которых относятся боевые возможности военной техники и уровень подготовленности личного состава к выполнению стоящих перед ним задач.

Достижение требуемого уровня боевой готовности Вооруженных Сил сопровождается значительными расходами материальных, трудовых и финансовых ресурсов. Поэтому обеспечение боеготовности является задачей не только военной, но и экономической. В.И. Ленин отмечал, что «в современной войне... экономическая организация имеет решающее значение»².

Уровень боевой готовности зависит не только от объема ресурсов, выделяемых на оборону страны, но и от эффективности их использования. Связь результатов деятельности всех структурных элементов Вооруженных Сил со степенью эффективности использования ресурсов становится все более тесной и ощутимой. Отсюда вытекает всевозрастающая роль военно-экономического анализа, который обеспечивает практическую деятельность руководителей всех уровней методами количественного анализа и обоснования военно-экономических решений.

Опираясь на методологию марксистско-ленинской философии, объективные экономические законы и используя системный подход к исследованию процессов и явлений, протекающих в структурных элементах Вооруженных Сил, военно-экономический анализ совместно с другими экономическими, техническими и военными науками решает задачи подготовки рекомендаций по объему потребных ассигнований на развитие средств вооруженной борьбы, по выбору наиболее целесообразных способов осуществления мероприятий в войсковой и производственной сферах деятельности Вооруженных Сил.

Объектами военно-экономического анализа являются мероприятия, направленные на обеспечение боевой готовности войск и проводимые в структурных звеньях Вооруженных Сил и на предприятиях оборонной промышленности. Под мероприятием понимается всякая целенаправленная деятельность, протекающая в рамках экономических отношений в процессе производства, распределения, обмена и потребления конечного военного продукта.

Предметом военно-экономического анализа являются специфические экономические отношения, возникающие по поводу наиболее эффективных путей использования материальных, трудовых и финансовых ресурсов для выполнения стоящих перед Вооруженными Силами задач. Военно-экономический анализ изучает методы обоснования

1 Конституция (Основной Закон) Союза Советских Социалистических Республик. М.: Политиздат, 1977, с. 15.

2 Ленин В.И. Полн. собр. соч., т. 34, с. 194.

планов осуществления мероприятий по обеспечению боевой готовности Вооруженных Сил с учетом затрат на их проведение и достигаемого результата (эффекта). При этом предполагается обязательное совместное рассмотрение военной и экономической сторон деятельности.

Всякая деятельность по обеспечению боеготовности предполагает постановку и достижение целей. Достижение каждой цели и детализирующих ее задач осуществляется посредством выполнения одного или нескольких мероприятий. Они могут быть осуществлены различными способами и, следовательно, за различное время и с различным расходом ресурсов того или иного качества. Под качеством ресурса здесь понимаются также тактико-технические характеристики (ТТХ) вооружения и другой военной техники.

Результаты деятельности зависят от двух групп факторов (рис. 1.1):

– от уровня организации деятельности, под которым понимается обоснованность организационно-штатной структуры элементов Вооруженных Сил, оптимальность планов проведения мероприятий, включая своевременность обеспечения ресурсами всех видов деятельности;

– от объема ресурсов, под которыми понимаются личный состав, военная техника, материалы, денежные средства, и от качества ресурсов (тактико-технические характеристики военной техники, уровень специальной подготовки военных специалистов и др.).



Рис. 1.1. Схема ресурсного и организационного обеспечения деятельности

Изменяя объем и качество ресурсов, организационно-штатную структуру и способы организации деятельности, можно добиться различных выходных результатов и, следовательно, различного уровня эффективности использования ресурсов.

Задача военно-экономического анализа состоит в формировании различных способов достижения поставленной цели, всестороннем их анализе и нахождении наиболее предпочтительного варианта осуществления мероприятий. В некоторых случаях варианты достижения цели задаются, остаются лишь задачи их оценки и анализа.

Исходя из определения предмета военно-экономического анализа можно привести примеры некоторых задач по обоснованию мероприятий:

1) в области экономики и финансов Вооруженных Сил:

– анализ и прогнозирование расходов по статьям сметы Министерства обороны;

- статистический анализ заявок на кредиты, представляемых довольствующими службами;
 - обоснование планов боевой подготовки частей и соединений, а также оценка и анализ затрат на проведение войсковых учений;
 - обоснование оптимальной системы ремонта и технического обслуживания военной техники в войсках;
 - обоснование нормативов запасов ресурсов;
 - оценка военно-экономической целесообразности усовершенствования образцов военной техники;
 - выбор оптимальной схемы транспортировки воинских грузов;
- 2) в области военной экономики:
- обоснование перспектив развития отдельных образцов военной техники и систем вооружения в целом;
 - определение объемов потребных ассигнований на разработку, производство и обеспечение эксплуатации военной техники;
 - анализ живучести военной экономики;
 - анализ реализуемости перспективных планов развития военной техники с учетом возможностей промышленных и строительных министерств.

В любой из приведенных задач просматривается цель, достижение которой может быть осуществлено различными путями, а следовательно, с различным результатом и объемом потребленных ресурсов. Для решения перечисленных и ряда других задач необходима единая методология, система методов и методик, позволяющих находить наилучшие способы достижения поставленных целей. Кроме того, необходима определенная работа по анализу исходного состояния объекта или процесса, проведению расчетов и анализу их результатов, подготовке научно обоснованных рекомендаций.

Таким образом, военно-экономический анализ можно рассматривать с двух сторон:

- как н а у ч н о е н а п р а в л е н и е (научную дисциплину), включающее систему взглядов, понятий, определений и методов и имеющее целью наиболее рационально, с максимальной эффективностью выполнять мероприятия по обеспечению боевой готовности войск;
- как с и с т е м у р е а л ь н ы х д е й с т в и й по обоснованию принимаемых решений, включающую анализ мероприятий и оценку возможных изменений уровня боевой готовности войск, обоснование объемов необходимых ресурсов и продолжительности планируемых мероприятий.

Главной чертой военно-экономического анализа как научной дисциплины, отличающей его от других наук, является наличие своего объекта исследования – системы мероприятий по обеспечению боевой готовности войск. Это порождает, в свою очередь, своеобразие постановки задач и состав определяемых показателей, учитывающий стоимостной, временной и результативный аспекты мероприятий. Рассмотрение любого мероприятия при обязательном учете временного аспекта, объема и качества потребляемых ресурсов и достигаемого конечного результата делает военно-экономический анализ комплексным, позволяющим находить научно обоснованные рекомендации по оптимальному способу действий с учетом разносторонних ограничивающих факторов.

Военно-экономический анализ как научное направление базируется на следующих основных методических положениях, согласующихся с системным подходом к явлениям и процессам.

1) В каждый момент рассматриваемого отрезка времени состав, тактико-технические характеристики и состояние вооружения, уровень боевой и политической подготовки и состояние личного состава должны быть такими, чтобы можно было предотвратить угрозу нападения противника. Отсюда вытекает требование создания военной техники на уровне не ниже, чем у вероятного противника, и поддержания постоянной боевой готовности вооруженных сил к отражению агрессии.

Нарушение данного требования приведет либо к снижению уровня боевой готовности Вооруженных Сил, что недопустимо для обеспечения обороноспособности страны, либо к

созданию превосходства над вероятным противником, что может привести к усилению напряженности международной обстановки и гонке вооружений.

2) Каждый элемент структуры Вооруженных Сил имеет строго целевое предназначение, а сама структура в каждый фиксированный момент времени обоснована. Использование военной техники и личного состава не по целевому назначению снижает боевую готовность и должно быть компенсировано другими силами и средствами. Изменение боевых задач на театрах военных действий, а также средств вооруженной борьбы и способов ведения боевых действий приводит к необходимости периодического пересмотра структуры Вооруженных Сил. Но после пересмотра она должна строго соблюдаться до нового изменения внешних или внутренних условий, вызывающих потребность в создании новой структуры.

3) Военно-экономический анализ рассматривает мероприятия, направленные на достижение определенной цели. При этом важно, чтобы цель любого мероприятия по возможности более полно отображала конечное предназначение Вооруженных Сил – выполнение стоящих перед ними боевых задач. Например, при подготовке к проведению войскового учения должно быть найдено такое решение по способу его организации, при котором в отведенное время при имеющихся ресурсах уровень отработки поставленных командованием учебно-боевых задач будет наивысшим. Это соответствует задаче более высокого уровня – укреплению боевого потенциала Вооруженных Сил в целом. Иначе говоря, показатель эффективности мероприятия должен отвечать интересам задачи более высокого уровня.

Таким образом, военно-экономический анализ, учитывая требования системного подхода, исходит из того, что оптимальные решения частных задач должны находиться в соответствии с интересами (целями) более общих задач, задач высшего уровня, а любой объект, относительно которого должно быть принято решение, рассматривается, как часть целого, как элемент системы.

4) Военно-экономический анализ предполагает оценку двух групп показателей, одна из которых отражает военный (боевой) аспект, а другая экономический (стоимостной и временной) аспект рассматриваемого мероприятия. Военный аспект определяет цель деятельности, вытекающую, в свою очередь, из объективных потребностей практики. Под целью понимается желаемое состояние или достигнутый тем или иным структурным элементом результат. Желательно, чтобы при проведении анализа степень достижения цели измерялась количественно, что повышает аналитичность получаемых результатов.

Экономические показатели имеют две разновидности: показатели объема требуемых или израсходованных ресурсов и показатели длительности достижения цели. Временной показатель возникает вследствие невозможности немедленного удовлетворения всеми ресурсами, необходимыми для достижения цели, и мгновенного исполнения всех работ, входящих в состав мероприятия. При этом следует иметь в виду, что путей достижения цели может быть несколько или даже много, а следовательно, различными будут длительности достижения цели и объем ресурсов.

Поэтому военно-экономический анализ предполагает в общем случае обязательную оценку трех показателей: эффект – затраты – время. При решении некоторых частных задач возможна оценка только одного или двух показателей. Например, на практике часто возникает необходимость в оценке стоимости проведения войскового учения по утвержденному командованием плану.

Конкретное содержание показателей эффект – затраты – время может быть различным и определяется характером решаемой задачи, что в конечном счете зависит от цели мероприятия. Так, при решении задачи оптимального назначения боевых средств по учебно-боевым целям в качестве критерия может выступать стоимость выполнения задачи, а ограничениями являются требуемая степень поражения этих целей и время, отведенное командиром на выполнение задачи. При обосновании планов боевой подготовки в качестве показателя, подлежащего максимизации, выступает уровень обученности военнослужащих, а объем выделенных ресурсов и отведенное для обучения время являются заданными и выступают в роли дисциплинирующих, ограничивающих условий.

Поскольку все три показателя связаны между собой, выделение только одного из них, например только экономического, может приводить к отрицательному воздействию на дру-

гие. Своей главной целью военно-экономический анализ имеет не просто экономию средств любой ценой, а поиск таких путей организации мероприятий, которые приводят к повышению эффективности расходования материальных, трудовых и финансовых ресурсов.

5) В зависимости от поставленной цели анализа выходной результат решения задачи может быть двух видов:

– значения основных показателей анализируемого мероприятия (совокупности мероприятий): ожидаемого или полученного эффекта, длительности его получения и объема требуемых (потребленных) ресурсов (задача оценки показателей);

– оптимальный план осуществления мероприятия (задача оптимизации деятельности).

Первый вид результатов анализа получается как ответ на вопрос: что будет, если ...? При известных характеристиках военной техники и заданном плане осуществления мероприятия оцениваются количественные значения трех показателей: эффекта, продолжительности, объема ресурсов.

Второй вид результатов получается, когда необходимо ответить на один из следующих вопросов: Какие характеристики должны иметь военная техника, имущество и другие материальные ресурсы? Каков объем потребных ресурсов? В какие сроки необходимо поставить ресурсы? Как должно осуществляться мероприятие (см. рис. 1.1)?

6) Выбор оптимального плана достижения цели может считаться вполне обоснованным лишь в том случае, когда, как правило, имеется количественная оценка значений показателей и критериев. Применение словесно описанных показателей («хорошо – плохо», «мало – много») и порядковых критериев («лучше – хуже», «больше – меньше») возможно лишь в исключительных случаях, когда из-за недостатка исходной информации нельзя получить количественную оценку степени достижения поставленной цели и объема требуемых ресурсов.

Всякому количественному анализу должен предшествовать качественный анализ, незаменимый при выполнении таких принципиально важных, основополагающих этапов анализа, как четкая и конкретная формулировка целей и задач, а также обоснование критерия выбора оптимального решения. Кроме того, качественный анализ используется при исследовании начального состояния изучаемого объекта или процесса, при отборе статистических данных. После проведения количественного анализа снова наступает этап качественного анализа, связанный с интерпретацией полученных результатов, подготовкой проекта предложения для командира или начальника, принимающего решение. По результатам качественного анализа полученного решения задачи или в случае отсутствия решения при несовместности заданных условий (ограничений) количественный анализ может повторяться.

7) В качестве показателей эффективности мероприятий при военно-экономическом анализе служат не только показатели собственно боевой эффективности образцов вооружения или эффективности действия войсковых формирований, но и показатели различного характера, определяющие степень соответствия полученных или ожидаемых результатов поставленной конечной цели. Важно, однако, чтобы показатели эффективности отдельных мероприятий соразмерно отображали конечный результат деятельности, соответствовали цели функционирования структурных элементов Вооруженных Сил.

Например, при анализе процессов технического обслуживания и ремонта техники не обязательно оценивать конечный уровень боевой готовности части или соединения, а тем более объединения и Вооруженных Сил в целом. В данном случае достаточно в качестве показателя, характеризующего конечный результат, выбрать коэффициент технической готовности. Очевидно, что, чем выше коэффициент готовности техники, тем выше боеготовность части и соединения.

Таковы основные методические положения военно-экономического анализа как научного направления.

Военно-экономический анализ как система действий в общем случае состоит из ряда элементов, состав которых зависит от характера решаемой задачи: оценки показателей или оптимизации.

При решении задачи оценки военно-экономический анализ включает в себя конкретизацию задач анализа в соответствии с поставленной целью, определение перечня и качественное описание сущности основных военно-экономических показателей (эффект – затраты –

время), расчет количественных значений показателей и подготовку предложений по результатам анализа.

При решении задачи оптимизации после конкретизации задач анализа и определения перечня показателей необходимо:

- выбрать критерий, наиболее полно соответствующий цели мероприятия;
- сформировать варианты (альтернативы) достижения поставленной цели путем изменения способов организации мероприятия, качества и порядка поставки ресурсов;
- оценить количественные значения показателей по каждому варианту;
- сравнить варианты по выбранному критерию с учетом имеющихся ограничений и определить наилучший вариант из числа допустимых;
- подготовить рекомендации для принятия решения. Оценка количественных значений показателей потребности в ресурсах и сравнение их с фактическим наличием ресурсов могут привести к уточнению исходного пункта анализа – формированию цели, так как возможности осуществления мероприятий активно воздействуют на процесс выработки целей.

Следует при этом отметить, что военно-экономический анализ сам по себе не предназначен для автоматического принятия решения. Он дает руководителю, принимающему решение, результаты оценки различных вариантов и рекомендации по лучшим из них. Поэтому можно считать, что военно-экономический анализ – это метод подготовки для руководителей необходимых данных в удобной для принятия решения форме, не заменяющий здравого суждения руководителя, а помогающий ему.

Выбор окончательного варианта (плана) действий является прерогативой (исключительным правом) командиров и начальников. Они же, как правило, формулируют цели анализа.

1.2. Классификация задач и методы военно-экономического анализа

Чтобы обеспечить наиболее эффективное использование ресурсов, выделяемых государством для обеспечения высокой боевой готовности Вооруженных Сил, необходимо на всех уровнях руководства проводить комплексный военно-экономический анализ планируемых мероприятий по укреплению боевого потенциала, начиная с обоснования перспективных направлений совершенствования военной техники и кончая мероприятиями по текущему обслуживанию техники в войсках, обучению и воспитанию личного состава войск и сил флота, несению боевого дежурства.

Чем выше уровень, на котором принимаются решения (Совет обороны, Совет Министров, Министр обороны) и чем более отдаленной перспективы они касаются (10–15 лет), тем сильнее проявляется качество их обоснования в эффективности использования всех видов ресурсов.

Поэтому естественно, что в настоящее время методология военно-экономического анализа наиболее активно используется для решения задач на высшем уровне управления.

Наиболее сложными и важными являются задачи оптимального распределения материальных и финансовых ресурсов в целях создания условий для рационального развития Вооруженных Сил. Социалистическое государство выделяет на нужды обороны значительные средства, и они должны быть использованы с максимальной эффективностью. Достичь этого невозможно без военно-экономического анализа мероприятий, планируемых и проводимых всеми структурными элементами Вооруженных Сил.

Большие возможности предоставляет военно-экономический анализ как научная дисциплина для решения практических задач по обоснованию оптимальных тактико-технических характеристик военной техники, планов и программ ее испытания в ходе опытно-конструкторской отработки, программ контроля техники на всех этапах серийного производства, при оценке и оптимизации уровня защищенности фортификационных сооружений и др.

Очень ответственными и важными являются задачи военно-экономического анализа войсковой сферы деятельности. Военная техника с определенными тактико-техническими характеристиками поступает в войска. Именно в войсках создается система «человек –

оружие», проверяется действительное ее качество и поддерживается требуемый уровень боевой готовности.

Таким образом, задачи военно-экономического анализа возникают и решаются в весьма разнообразных направлениях и на разных уровнях структуры Вооруженных Сил.

Все задачи, которые решаются с использованием результатов военно-экономического анализа, можно классифицировать:

- а) по уровню организации, проводящей анализ:
 - задачи высших звеньев управления государством;
 - задачи видов Вооруженных Сил и родов войск, главных и центральных управлений Министерства обороны;
 - задачи штабов, управлений и служб военных округов, объединений и соединений;
- б) по условиям действий войск:
 - обоснование оптимальных способов ведения боевых действий;
 - обоснование мероприятий в процессе текущей деятельности войск в мирное время;
- в) по направлениям деятельности:
 - определение путей совершенствования систем вооружения и оценка потребных ассигнований на их развитие и поставку в войска;
 - оптимизация мероприятий войсковой сферы деятельности;
 - оптимизация планов предприятий и организаций производственной сферы деятельности;
 - оптимизация деятельности промышленных министерств, обеспечивающих разработку и производство военной техники;
 - оптимизация мероприятий вневойскового обеспечения;
- г) по цели анализа:
 - расчет военно-экономических показателей (эффекта, затрат ресурсов, продолжительности) проводимых мероприятий;
 - выбор оптимальных способов проведения мероприятий;
- д) по постановке задач:
 - «прямая» задача, направленная на максимизацию эффекта от использования выделенных ресурсов (задача повышения эффективности);
 - «обратная» задача, связанная с выбором наиболее экономичного плана достижения цели (задача повышения экономичности);
- е) по виду получаемых результатов:
 - выбор способов организации деятельности;
 - обоснование качества (в том числе ТТХ вооружения) и объемов потребных ресурсов и порядка их поставки.

Штабы высших звеньев управления Вооруженными Силами используют результаты военно-экономического анализа для обоснования перспектив развития систем оружия, тактико-технических характеристик образцов военной техники, объемов потребных ассигнований на разработку, производство и обеспечение эксплуатации вооружения, оптимального распределения боевых задач между видами Вооруженных Сил, родами войск и образцами вооружения и др.

Штабы и службы войскового звена управления используют результаты военно-экономического анализа для обоснования планов боевой и политической подготовки частей и соединений, обучения личного состава в учебных центрах, оценки и выбора рациональных вариантов проведения учений, манёвров и др.

Условия действия войск определяют характер задач военно-экономического анализа. Так, для условий военного времени или моделирования боевых действий в ходе командно-штабных учений характерными являются задачи оценки затрат на планируемую операцию или бой, военно-экономического обоснования решения командира по оптимальному распределению средств поражения по объектам противника из условий минимальной стоимости выполнения боевой задачи и др. В мирное время круг задач военно-экономического анализа не менее широк и связан с оценкой эффективности мероприятий по боевой подготовке, веде-

нию войскового хозяйства, деятельности производственных предприятий и строительных организаций.

Военно-экономический анализ предполагает получение результатов двух видов. Если известны объемы наличных ресурсов, определен план действий, то возникает потребность в решении задачи оценки степени достижения поставленной цели. В других случаях формулируется лишь цель мероприятий. Тогда возникает необходимость в расчете объемов потребных ресурсов для возможных вариантов достижения цели. Такого рода задачи военно-экономического анализа называются задачами оценки. Суть их состоит в том, что при фиксированных исходных данных необходимо оценить военно-экономические показатели (эффект – затраты – время) для различных вариантов достижения цели.

Более сложными являются задачи выбора лучшего варианта. Решение задачи выбора предполагает сравнение вариантов достижения цели. Чем большее количество вариантов подвергнуто анализу, тем ближе рекомендуемое решение к оптимальному, тем выше эффективность использования ресурсов. В простейшем случае задача оптимизации решается путем перебора различных вариантов (по меньшей мере двух) и выбора наилучшего. В более сложных случаях создаются специальные экономико-математические модели выбора или используются универсальные модели (см. гл. 7–10).

Постановки задач выбора могут быть различными. Если известны объем имеющихся ресурсов и цель мероприятия, то решается «прямая» задача, предполагающая нахождение такого способа использования ресурсов, при котором будет достигнут наибольший конечный результат. Такого рода задачу можно назвать задачей повышения эффективности, а результат – наиболее эффективным. XXVII съезд КПСС поставил задачу ускорения развития нашей экономики «...не за счет все большего наращивания ресурсов, как это было раньше, а путем всеобщей интенсификации производства – интенсификации по всему фронту»¹.

В другой постановке, когда задан результат деятельности, возникает задача такой ее организации или такого выбора характеристик военной техники, при которых затраты ресурсов на достижение цели будут минимальными. Такая задача является задачей повышения экономичности.

При решении задач выбора формирование вариантов, подлежащих в дальнейшем анализу, может производиться за счет различных параметров, которые объединяются в две основные группы: первая группа характеризует объем, качество и порядок поступления ресурсов, вторая группа – порядок действий и способ организации мероприятия.

Первая группа задач наиболее характерна для обоснования ТТХ военной техники, определения оптимального объема резервируемых ресурсов. Улучшение ТТХ приводит к увеличению затрат ресурсов за счет дополнительных опытно-конструкторских работ, усложнения технологии производства и ужесточения контроля качества. С другой стороны, лучшее качество военной техники позволяет решать задачи меньшим ее количеством. Следовательно, имеются некоторые оптимальные значения ТТХ, при которых стоимость выполнения боевых задач минимальна.

Если качество ресурсов определено и могут изменяться только объем и порядок их поставок, то возникает потребность в решении задачи о резервировании ресурсов. Создание больших запасов гарантирует деятельность структурных элементов Вооруженных Сил (в частности, промышленное производство и строительство) от срыва из-за нехватки ресурсов, но приводит к замораживанию средств и излишним расходам на хранение ресурсов.

Вторая группа задач военно-экономического анализа предполагает обоснование планов проведения мероприятий, т.е. состава работ, входящих в мероприятие, и порядка их проведения. Характерный пример этой группы задач – обоснование плана боевой подготовки. При заданном уровне обученности личного состава необходимо установить виды занятий, их продолжительность и последовательность проведения таким образом, чтобы суммарная стоимость обучения была минимальной.

В отдельных случаях может решаться комплексная задача выбора характеристик ресурсов и плана проведения мероприятий. Например, при заданном уровне обученности личного

1 Материалы XXVII съезда Коммунистической партии Советского Союза. М: Политиздат, 1986, с. 229.

состава можно обосновать не только план обучения, но и состав учебно-тренировочных средств и их характеристики.

Для решения практических задач в ходе военно-экономического анализа используется система методов и расчетных методик, позволяющих готовить обоснованные рекомендации по повышению эффективности использования ресурсов. Методология военно-экономического анализа опирается на общий философский подход, который дает основу для научного рассмотрения процессов, протекающих в военной экономике. Он позволяет проводить анализ военно-экономических процессов в динамике, в тесной связи с развитием средств вооруженной борьбы, способов их боевого применения и всех видов обеспечения как в мирное, так и в военное время с учетом противоречий, присущих всем экономическим явлениям.

При проведении военно-экономического анализа широко используются различные общенаучные методы, такие, как анализ и синтез, аналогия, моделирование. Большое значение для обоснования управленческих решений имеет системный подход (см. гл. 2). Он используется на всех этапах анализа военно-экономических процессов, начиная с постановки и формулирования целей и задач и кончая определением объемов потребных ресурсов.

Для получения количественных значений военно-экономических показателей (затраты – эффект – время) при военно-экономическом анализе используются методы прогнозирования, математического программирования, методология программно-целевого планирования, теория боевой эффективности.

Поскольку убедительность рекомендаций для командиров и начальников, принимающих решение, в значительной мере зависит от доказательности обоснования, специалист в области военно-экономического анализа обязан знать и уметь применять методы обработки статистических данных и количественного обоснования военно-экономических решений, методы оптимизации и экономико-математического моделирования. Классификация наиболее часто применяемых при военно-экономическом анализе методов приведена на рис. 1.2. Кроме того, при решении задач военно-экономического анализа сферы производства могут использоваться балансовые модели и другие общенаучные методы.



Рис. 1.2. Классификация основных методов, используемых при военно-экономическом анализе

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД И ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ВОЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ МЕРОПРИЯТИЙ

2.1. Системный подход к решению задач военно-экономического анализа

Системный подход представляет собой научное методологическое направление, цель которого – создание средств и методов исследования сложных по своей организации объектов.

В основе системного подхода лежит диалектико-материалистический метод исследования: движение от абстрактного к конкретному, взаимоотношение части и целого, диалектическая связь анализа и синтеза. Суть системного подхода состоит в рассмотрении всех частных (основных и второстепенных) вопросов с единых позиций целостности, что позволяет рассматривать все внешние и внутренние связи и экономические отношения, учитывать их влияние на те факторы, изменение которых приводит к нахождению наилучших способов достижения цели. Указывая на необходимость системного подхода к решению задач управления, В.И. Ленин подчеркивал: «... кто берется за частные вопросы без предварительного решения общих, тот неминуемо будет на каждом шагу бессознательно для себя «наткаться» на эти общие вопросы»¹.

Системный анализ, по существу, реализует требования системного подхода и представляет собой совокупность научных методов и средств, которые позволяют решать практические задачи в различных областях целенаправленной деятельности людей.

В связи с повышением роли системного подхода к решению экономических задач на XXIV съезде КПСС указывалось: «Наука серьезно обогатила теоретический арсенал планирования, разработав методы экономико-математического моделирования, системного анализа и другие. Необходимо шире использовать эти методы...»²

Системный подход используется при военно-экономическом анализе. Он необходим при комплексном перспективном планировании, создании образцов вооружения и обеспечении жизнедеятельности войск.

Для раскрытия существа системного подхода в задачах военно-экономического анализа необходимо сформулировать понятие системы, провести классификацию систем и рассмотреть методы их исследования.

2.1.1. Понятие системы

Все объекты, явления и процессы в природе и обществе взаимосвязаны и влияют друг на друга. Выделяя для анализа любой, даже незначительный по масштабу объект или экономический процесс, необходимо рассматривать его в составе всех окружающих и сопутствующих объектов или процессов. Однако такой метод анализа окажется чрезвычайно громоздким, а результаты анализа будут слабо реагировать на изменение анализируемого объекта. В этих случаях целесообразно объект анализа выделить из окружающей среды.

Но, выделяя объект для анализа, обязательно следует учесть все или хотя бы наиболее существенные связи между объектами. Так, рассматривая процесс боевой подготовки соединения, не обязательно измерять ее результаты показателями, применяемыми при оценке боевой готовности Вооруженных Сил в целом. В то же время необходимо учитывать связь боевой подготовки соединения с задачами, стоящими перед объединением, рассматривать дея-

1 Ленин В.И. Полн. собр. соч., т. 15, с. 368.

2 Материалы XXIV съезда КПСС. М: Политиздат, 1973, с. 67.

тельность соединения как элемент деятельности Вооруженных Сил. Деятельность ремонтного предприятия можно рассматривать самостоятельно, но при этом необходимо учитывать его внешние связи, влияющие на постановку задач, связанных с деятельностью по ремонту военной техники.

Системный подход предполагает применение целого ряда понятий и определений. К ним относятся понятия системы, иерархии, структуры, среды, информации и др. Оперирование этими понятиями позволяет рассматривать сложное явление как совокупность более простых явлений, имеющих между собой связи в виде отношений и потоков информации. В свою очередь, можно проводить «конструирование» сложной системы из совокупности простых подсистем с учетом единства решаемых ими задач.

Слово «система» в переводе с греческого означает целое, составленное из частей. В общем случае под системой понимается множество элементов с набором связей между ними. По такой трактовке системами являются: здания и сооружения; машины, собранные из определенных узлов и деталей; живые организмы, состоящие из клеток.

Важной чертой систем, рассматриваемых в экономическом и военно-экономическом анализе, является наличие отношений между элементами. Эти отношения в системах, включающие отношения людей, носят осознанный и целенаправленный характер. Под отношениями будем понимать законы, правила, подчиненность, обязанности и т.д. Например, содержание приказов и директив, порядок подчиненности, система учета и отчетности и т.п.

В качестве элементов экономических систем выступают не только материальные объекты, но и люди, т.е. под элементами экономической системы понимаются предметы любой природы, естественные или искусственные, которые зависят от других предметов и воздействуют на них.

Под **военно-экономической системой** понимается совокупность элементов и отношений, закономерно связанных друг с другом в единое целое, которое обладает новыми свойствами, отсутствующими у отдельных элементов и отношений. Свойства системы – это отличительные черты, признаки, составляющие ее особенности. Свойства системы могут иметь качественное описание, а иногда наряду с ним количественное выражение в виде одного или нескольких показателей. Например, финансовая служба военного округа как система состоит из таких элементов, как люди, технические средства, информация, обрабатываемая в процессе деятельности. Все элементы системы функционируют во имя единой цели, стоящей перед системой в целом. Финансовая служба военного округа обладает новыми свойствами, которые отсутствуют у любой службы низших звеньев.

Свойства системы в процессе ее функционирования могут изменяться. При этом они могут изменяться не только в результате деятельности самой системы, но и вследствие изменений среды, в которой система функционирует, под воздействием связей системы с этой средой. Связи могут быть существенными или несущественными в зависимости от силы их влияния на показатели функционирования системы. Например, изменение структуры управления войсками в связи с окончанием Великой Отечественной войны привело к изменению условий функционирования финансовой службы и решаемых ею задач. Система является понятием методологическим и отнесение того или иного объекта или процесса к системе зависит от задачи анализа.

Иногда в практике анализа используются понятия «большая система», «сложная система». Главное в этих понятиях не масштаб, не физические или географические размеры системы, а взгляд на общее как на совокупность связанных и функционирующих (либо способных к функционированию) элементов. Так, системой может считаться народное хозяйство страны в целом, функционирующее в определенной географической среде, в окружении других государств, влияние которых можно считать действием связи с внешней средой. В свою очередь, система «народное хозяйство» состоит из ряда элементов (отраслей производства, министерств и т.д.), имеющих связи между собой внутри системы «народное хозяйство». Отрасли народного хозяйства также могут рассматриваться как системы. Важно подчеркнуть, что система «народное хозяйство» имеет качественно новые свойства, которыми не обладает ни один из отдельно взятых элементов, входящих в систему. Способность элементов приобретать новые свойства при объединении называется эмерджентностью системы.

Вооруженные Силы являются элементом Советского государства в целом, финансовая служба Советской Армии и Военно-Морского Флота – элементом системы «Вооруженные Силы» и т.д. Исходя из этого финансовая служба соединения также может рассматриваться, с одной стороны, как элемент системы более высокого порядка, а с другой – как самостоятельная система, обладающая всеми присущими ей характерными признаками (наличие внутренних элементов, связей между ними и со средой, потоков информации). '

Способы объединения элементов, входящих в систему, характеризуют ее структуру и являются вполне определенными. В результате изучения системы и нахождения лучших способов ее функционирования структура системы может меняться (изменение организационно-штатной структуры, внедрение электронно-вычислительной техники и т.п.). Например, переход в управлении народным хозяйством на двухзвенную систему привел к изменению структуры системы «народное хозяйство».

Экономические системы иерархичны, т.е. все их элементы соподчинены. Управление элементами экономической системы низшего уровня из единого центра практически невозможно. Например, невозможно иметь прямое и непосредственное управление финансовыми органами воинских частей непосредственно из Центрального финансового управления Министерства обороны. Поэтому единая система управления дробится на подсистемы различных уровней. Это помогает упрощать задачи планирования и координации деятельности.

Реальные военно-экономические системы представляют собой совокупность различных иерархических структур: отраслевой (по видам Вооруженных Сил), территориальной (по военным округам) и функциональной (по родам войск, службам). Таким образом, можно рассматривать наличие подсистем и надсистем в зависимости от взаимного расположения систем в иерархической структуре. Например, финансовая служба военного округа является надсистемой для системы «финансовая служба соединения» и частей окружного подчинения.

Надсистема и элементы соседних систем образуют среду. **Среда** – это то, что окружает систему и оказывает на нее воздействие. Так, для финансовой службы соединения финансовая служба военного округа, командование и довольствующие службы данного соединения, финансовые и хозяйственные органы страны, а также смежных соединений и частей образуют среду.

Связи системы со средой реализуются через входы и выходы. Реальным воплощением связей являются технические системы, люди и информация в виде приказов, указаний, отчетов и т.п. Входы представляются в виде директивных указаний вышестоящих органов управления, лимитов на выделяемые фонды материальных и денежных средств.

Таким образом, основными признаками системы являются: наличие структуры, иерархичность (соподчиненность) элементов; необходимость учета связей между элементами и с внешней средой, проявляющихся в виде входа и выхода; участие вещественных элементов, людей и природной среды; возникновение новых свойств, отсутствующих у элементов, из которых состоит система.

2.1.2. Классификация систем

Системы классифицируются по ряду признаков: по характеру элементов, изменчивости свойств, характеру внутренних отношений, взаимодействию входов и выходов, степени достоверности получаемых результатов.

По характеру элементов системы бывают физические (машины, атом), биологические (человек, растение), социальные (общество, подразделение) и смешанные (человек–оружие).

По изменчивости свойств различают системы статические, т.е. мало меняющиеся со временем (здания, сооружения), и динамические, изменяющиеся относительно быстро, интенсивно (бой, войсковое хозяйство).

По характеру внутренних отношений системы могут быть централизованные и децентрализованные. В централизованной системе один элемент играет главную роль в ее функционировании. В децентрализованной системе такого главного элемента нет. В экономике страны и в военной экономике децентрализованные системы отсутствуют.

По взаимодействию входов и выходов различают системы с обратной связью и без нее. Под обратной связью понимается получение определенной реакции на входе системы в зависимости от тех или иных данных на выходе. Например, после отдачи приказа руководящий орган получает отчеты, справки и донесения от нижестоящих звеньев. Принятие решений по результатам анализа деятельности за отчетный период, направленных на улучшение выходных показателей в плановом периоде, также является проявлением обратной связи.

По степени достоверности получаемых результатов различают детерминированные и стохастические (вероятностные) системы. Если заранее можно практически достоверно предсказать результат функционирования системы, то она считается детерминированной, т.е. вполне определенной. Например, отдавая приказание подчиненным, командир практически уверен, что оно будет выполнено качественно и в нужное время. Экономические системы являются стохастическими, так как невозможно заранее абсолютно точно предсказать результат. Действительно, отчетные данные экономических систем, как правило, не совпадают с плановыми показателями. Поэтому оценка будущих результатов действия стохастической системы должна носить вероятностный характер.

Одним из свойств системы является ее адаптивность, т.е. способность приспосабливаться к изменениям среды. В процессе адаптации могут изменяться как свойства системы, так и ее структура. Система, которая сохраняет способность к незначительному изменению в условиях воздействия среды, называется стабильной. Так, деятельность финансовой службы военного округа в условиях мирного времени остается достаточно стабильной и значительно изменяется лишь при переходе от мирного времени к военному.

Для обеспечения нормального функционирования система должна быть «равнопрочной», т.е. все элементы должны одинаково успешно способствовать достижению единой цели функционирования системы. Нарушение этого принципа приводит к снижению эффективности функционирования системы в целом. Если, например, не уделять достаточного внимания развитию и совершенствованию войсковых ремонтных органов, делая главный упор на техническое обслуживание военной техники в процессе эксплуатации, то в конечном счете это приведет к снижению боеготовности Вооруженных Сил в целом. Поэтому не случайно в последние годы появились такие термины, как система ремонта, система технического обеспечения и др. Только системный подход, анализ процессов в их технологическом единстве с учетом всех связей и их воздействия на элементы системы позволяют принимать правильные, научно обоснованные решения.

Вооруженные Силы можно рассматривать как комплекс двух взаимосвязанных типов военных систем: системы материально-технического содержания и системы функционирования. Системы материально-технического содержания представляют собой совокупность образцов военной техники. Они проявляют свои свойства в системах второго типа, к числу которых могут быть отнесены:

- система обучения и воспитания личного состава {подготовка отдельных военнослужащих, отделения, взвода, роты и т.д.);
- система боевых действий войск (бой, операция);
- система мероприятий, обеспечивающих боевую подготовку личного состава (совершенствование учебно-материальной базы, финансовое обеспечение войск, тыловое обеспечение и т.д.).

Такая классификация военных систем помогает определять роль и место отдельных звеньев военного механизма, в целом оценивать результаты их деятельности и определять затраты на осуществление отдельных мероприятий.

2.1.3. Задачи исследования систем

Существует три основных уровня анализа системы: параметрический, морфологический и функциональный.

Параметрический анализ системы, являющийся исходным уровнем анализа, состоит в описании системы в целом, ее признаков и внешних связей. Например, параметрический анализ системы «финансовая служба соединения» предполагает описание задач соединения, ее

специфических черт, которые отличают финансовую службу от других служб, обеспечивающих жизнедеятельность войск.

Морфологический анализ (морфология – наука о форме, строении) состоит в определении поэлементного состава системы и, главное, в отыскании и описании связей между элементами системы. Для финансовой службы соединения морфологическое описание заключается в определении количества финансируемых воинских частей, характера их взаимоотношений между собой и с финансовой службой соединения, в определении наличных технических средств и кадров финансовой службы и их состояния.

Функциональный анализ позволяет установить количественные связи элементов между собой, между элементами и центральным звеном системы в целом. Функциональное описание позволяет перейти к выявлению картины «жизни» в целом, к управлению выявленными связями, а следовательно, к изменению параметров, характеризующих поведение системы.

Таким образом, системный подход проявляется в описании элементов не самих по себе, а с учетом их места в системе, с учетом связей между элементами.

Функциональное описание системы позволяет решать два класса задач: задачи анализа и задачи синтеза.

Задача анализа предполагает получение характеристик системы в том случае, когда известны условия ее функционирования (внешняя среда), заданы структура системы, численные значения параметров каждого элемента системы и связей между ними. Только при этих условиях можно оценить ожидаемые численные значения характеристик эффективности функционирования системы. Например, условия дислокации, характер соединения (мотострелковое, танковое и т.д.), укомплектованность личным составом и военной техникой воинских частей и соединения в целом, план боевой и политической подготовки и другие факторы определяют потребность в денежных средствах; укомплектованность штата финансовой службы соединения личным составом, уровень его специальной подготовки, стаж работы по специальности и некоторые другие факторы влияют на основные результирующие показатели деятельности по финансовому обеспечению соединения.

Если полученные или ожидаемые результаты функционирования не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к системе, возникает необходимость в решении задачи синтеза. Задача синтеза сводится как бы к конструированию или реконструкции системы, к отысканию наилучшего ее состава, оптимальных связей между элементами.

Если задача анализа предполагает определение исходного состояния системы, выявления внутренних связей между элементами и оценку количественных значений характеристик качества функционирования системы, то решение задачи синтеза, кроме того, предполагает:

- разработку различных способов, вариантов функционирования системы в интересах достижения конечных целей;
- определение ресурсов, потребных для достижения целей при каждом способе функционирования системы;
- соотнесение целей и достигаемых результатов, а также имеющихся и потребных ресурсов, т.е. определение ресурсных и целевых показателей;
- выбор критерия оценки качества функционирования системы, отбор допустимых вариантов с учетом ограничений по ресурсам, сравнение отобранных вариантов по критерию и подготовка рекомендаций по наилучшему способу функционирования системы.

Если решение получается неудовлетворительным, необходимо пересмотреть условия выбора (поставленные цели и ограничения по ресурсам) или попытаться разработать дополнительные варианты способов функционирования системы.

Более конкретно последовательность и содержание синтеза системы зависят от характера решаемой задачи и могут быть выражены в виде физической модели, реального экономического эксперимента или экономико-математической модели. В области экономики реальный эксперимент ограничен, потому что в случае неудачи ущерб, как правило, весьма значителен. Тем не менее экономические эксперименты проводятся (например, совершенствование системы финансового планирования и финансирования). В настоящее время все шире практикуется экономико-математическое моделирование реальных процессов.

2.2. Показатели и критерии при решении задач военно-экономического анализа

2.2.1. Показатели системы

Изучение реальных систем как совокупностей элементов материально-вещественной формы, людей и отношений происходит с помощью набора показателей. Показателями можно описать любую систему и процесс ее функционирования. Здесь под показателем понимается характеристика состояния системы и процесса ее функционирования. Например, себестоимость ремонта техники, количество финансируемых воинских частей в соединении, масса боевой машины пехоты, рост военнослужащего. Характеристике состояния системы может быть поставлено в соответствие множество количественных значений. Показатели, характеризующие процессы, происходящие внутри системы или с системой в целом, определяют, как правило, качество деятельности. Например, скорость движения танка, уменьшение количества финансовых нарушений в отчетном году.

По отношению к системе показатели могут быть внутренними и внешними. В свою очередь, внешние показатели имеют две разновидности: входные, определяющие цели и условия функционирования системы, и выходные, характеризующие результаты ее функционирования (рис. 2.1). Например, входными показателями системы «финансовая служба соединения» являются сумма назначенных кредитов, условия дислокации соединения и др. Выходными показателями этой системы являются полнота и своевременность финансового обеспечения деятельности соединения, эффективность использования денежных средств и др. Внутренние показатели характеризуют те решения, которые принимаются внутри системы, чтобы, действуя в условиях входных показателей, улучшить значения выходных показателей. Например, количество ревизий и проверок, количество часов, отведенных на специальную подготовку личного состава финансовой службы.



Рис. 2.1. Показатели системы

Набор входных, внутренних и выходных показателей, по существу, представляет собой эквивалент реальной системы, пользуясь которым можно проводить ее анализ.

Значение выходных показателей зависит от входных и внутренних показателей. В свою очередь, достигнутые значения выходных показателей влияют на изменение входных и внутренних показателей. В этом проявляется обратная связь между выходными и внутренними показателями. Под обратной связью понимается воздействие на входные и внутренние показатели системы результатов деятельности, т.е. выходных показателей. Например, количество и характер выявленных в процессе ревизий финансовых нарушений (выходные показатели) должны повлиять на планы контрольно-ревизионной работы и специальной подготовки (внутренние показатели).

В общем случае показатель должен включать в себя количественное значение и набор содержательных признаков, в которых отражается: объект измерения (выпускаемая продукция, денежные средства и т.п.); сущность процесса (получение, выпуск, потери, увеличение, уменьшение и др.); единица измерения (тыс.руб., т, кг и т.д.); отрезок времени функционирования системы или момент, к наступлению которого измерен показатель (месяц, год, пятилетка, к 1 января и т.д.); пространственное положение системы (военный округ, область и т.д.); исходная информация, использованная для получения показателя (норматив, фактические затраты, прогнозное значение и т.д.). Например, фактические затраты войсковой части 00000, расположенной в городе N, по статье 00 сметы Министерства обороны в 1983 г. составили 2 тыс.руб.

Состав входных, выходных и внутренних показателей для системы «финансовая служба соединения» показан на рис. 2.2.



Рис. 2.2. Входные, выходные и внутренние показатели финансовой службы соединения как системы

Конкретный набор показателей определяется не только объектом, но и целью анализа. Например, при решении задачи оценки деятельности соединения в целом в качестве входных показателей могут выступать географические условия, приказы и распоряжения вышестоящих органов; в качестве внутренних – планы боевой и политической подготовки, материального обеспечения частей, технического обслуживания военной техники, политико-воспитательной работы; в качестве выходных – состояние боеготовности части, обученность личного состава и слаженность частей и подразделений, состояние учебно-материальной базы, результаты учений и стрельб.

При решении задачи выбора (оптимизации деятельности) возможно варьирование только внутренними показателями с целью приведения выходных показателей к наилучшему значению. Например, применительно к системе «финансовая служба соединения» изменение такого выходного показателя, как количество финансовых нарушений, зависит от ряда внутренних показателей, к числу которых относятся уровень профессиональной подготовки работников финансовой службы, укомплектованность штата, план контрольно-ревизионной работы. Управлять внешними показателями (среда, указания вышестоящих органов и др.) начальник финансовой службы соединения не в состоянии.

Анализ выходных показателей позволяет начальнику финансовой службы соединения реализовать обратную связь посредством изменения внутренних показателей. Кроме того, анализ вышестоящим органом выходных показателей ряда финансовых органов воинских частей позволяет изменять входные показатели каждого финансового органа, что также является реализацией обратной связи.

2.2.2. Критерии выбора оптимального решения

Задача выбора оптимального способа функционирования системы или оптимальных характеристик военной техники формулируется обычно следующим образом. Для анализируемого объекта требуется выбрать такие его характеристики (для мероприятия – такой план действий), при которых один или несколько выходных показателей принимали бы экстремальное, (максимальное или минимальное) значение. При этом предполагается что цель должна быть достигнута и удовлетворены условия по ограничениям (ресурсным, временным). Например, требуется так организовать перевозки грузов (внутренний показатель – план закрепления пунктов отправления и назначения за транспортными средствами) в отведенное время и имеющимися средствами (входные показатели – ограничение по ресурсам), чтобы суммарная стоимость перевозки была минимальной (выходной показатель).

Набор внутренних показателей (или один показатель) в общем случае может считаться решением задачи. Но оно может быть недопустимым с точки зрения возможностей удовлетворения ресурсами или не лучшим по степени достижения цели. Например, можно произвольно назначить транспортные средства для перевозки грузов от поставщиков к потребителям. Если решение удовлетворяет поставленным условиям – ограничениям по ресурсам (материальным, временным, людским) и позволяет достичь поставленную цель, то оно называется допустимым. Допустимых решений может быть несколько. Из них нужно выбрать наилучшее.

Для получения наилучшего (оптимального) решения выбирается (назначается) критерий оптимальности или критерий эффективности. Критерием называется признак, на основе которого производится оценка целесообразности действия.

В случаях когда объем и качество (ТТХ) ресурсов заданы, на основе критерия выбирается оптимальный план осуществления мероприятия. Если известен план деятельности, то с помощью критерия выбираются (обосновываются) характеристики ресурсов, в том числе ТТХ военной техники. В общем случае критерий помогает выбрать одновременно и характеристики ресурсов, и план осуществления мероприятия.

Таким образом, критерий – это мерило суждения, сравнения, выбора.

Различают критерии глобальные и локальные, порядковые и количественные.

Глобальный критерий оптимальности – мера оценки качества функционирования системы с позиции интересов надсистемы системы верхнего уровня. Например, мерилom оценки оптимальности функционирования народного хозяйства служит степень удовлетворения потребностей общества в целом. Оптимальность функционирования всех подсистем может проверяться по глобальному критерию с позиции народнохозяйственного оптимума.

Локальный критерий – мера, характеризующая оптимальность функционирования рассматриваемой системы с позиций установленных для нее показателей. Например, критерием оценки деятельности предприятий может служить прибыль, которая лишь опосредствованно отображается в глобальном критерии народнохозяйственного уровня. Деятельность финансовой службы одного соединения может сравниваться с финансовой службой других соединений этого же военного округа по сумме фактических расходов денежных средств по статьям сметы Министерства обороны, по состоянию финансового планирования и другим показателям, которые являются локальными критериями оценки их деятельности.

Порядковый критерий выражается понятиями «больше-меньше», «хуже-лучше», «левее-правее».

Количественный критерий – это мера оценки, выраженная в виде числа.

В качестве критерия обычно выбирается один или несколько выходных показателей системы. Так, в рассмотренном ранее примере транспортировки грузов критерием оптимально-

сти может быть один из показателей: суммарный расход моторесурса, холостой пробег, стоимость перевозки и т.д.

Проиллюстрируем понятия «решение», «ограничения», «допустимое решение», «критерий» и «оптимальное решение» на следующем примере.

Допустим, что требуется организовать перевозку сельскохозяйственных продуктов от нескольких поставщиков (колхозов и совхозов) в воинские части. Каждый поставщик имеет определенное количество продуктов, подлежащих поставке. Каждой воинской части определены общие объемы заготовок. Известны стоимость перевозки единицы продуктов от каждого поставщика каждому потребителю. Необходимо установить такое закрепление поставщиков за потребителями, при котором суммарные затраты на перевозки всех продуктов были бы минимальными.

В данной задаче решением является любое возможное закрепление, т.е. установление объемов перевозок от каждого поставщика каждому потребителю. Допустимыми решениями будут лишь те, которые удовлетворяют ограничениям, т.е. учитывают фактическое наличие продуктов у поставщиков и полностью обеспечивают всех потребителей.

Критерием оптимальности закрепления поставщиков за потребителями является суммарная стоимость всех перевозок.

Каждое допустимое решение имеет свою суммарную стоимость перевозок. Оптимальным является то решение из числа допустимых, которое обеспечивает минимальную суммарную стоимость перевозок.

Схема входных, внутренних и выходных показателей для данной задачи представлена на рис. 2.3.

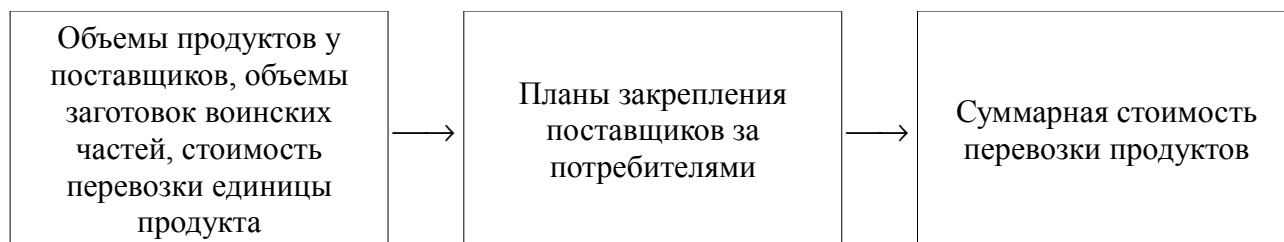


Рис. 2.3. Схема входных, внутренних и выходных показателей задачи о заготовках

Критерий должен отвечать таким требованиям, как представительность, чувствительность, возможно большая простота, способность учитывать фактор случайности в ходе исследуемого процесса. Требование представительности заключается в том, что критерий должен оценивать степень достижения главной цели, решение главной задачи, а не второстепенных задач. Например, переход от оценки результатов деятельности предприятий по общему объему выпуска продукции в стоимостном выражении (валовой продукции) к оценке по степени выполнения планов поставок по объему, номенклатуре и качеству знаменует переход к главному критерию, который объективно отражает конечную цель деятельности предприятия.

Чувствительность критерия заключается в его способности реагировать на изменение тех факторов, с помощью которых достигается оптимальность решения. Иначе говоря, выходной показатель, выбранный в качестве критерия, должен зависеть от изменения значений внутреннего показателя системы, оптимальное значение которого необходимо найти. Если критерий не чувствителен к изменению фактора (внутреннего показателя), то это означает, что либо неверно выбран критерий, либо необходимо изменить фактор (внутренний показатель), взятый для поисков оптимального решения.

Крайне желательно, чтобы критерий был по возможности простым, имел ясный физический или экономический смысл и был единственным. Усложнение критерия может затруднить анализ, не приведя к существенному повышению обоснованности решения. Единственность критерия также упрощает решение задачи, однако в ряде случаев практика вынуждает иметь дело с двумя и более критериями, иногда противоречивыми по своему существу. Для

решения практических задач при наличии нескольких критериев существуют различные методические приемы и способы.

Одним из способов решения задачи при наличии нескольких критериев (так называемый критерий-вектор) является введение составного критерия. Существует несколько основных способов работы с критерием-вектором.

Первый способ предполагает обозначение составного критерия в виде дроби. Числителем дроби является показатель, характеризующий одну сторону мероприятия (например, затраты на его проведение), знаменателем дроби – другой показатель (например, результат проведения мероприятия).

Дробный критерий K имеет вид

$$K_1 = \frac{C}{W} \quad \text{или} \quad K_2 = \frac{W}{C},$$

где K_1 – затраты ресурсов, необходимые для получения единицы эффекта и характеризующие экономичность мероприятия;

K_2 – получаемый эффект на единицу затраченных ресурсов;

C – показатель, имеющий экономическое содержание;

W – показатель, характеризующий результат осуществления мероприятия.

При этом следует иметь в виду, что дробный критерий не является чувствительным, поскольку изменение одной составляющей критерия можно компенсировать изменением другой составляющей и значение критерия останется неизменным.

Например, сравним два варианта осуществления мероприятия, расход ресурсов на осуществление которых составляет соответственно $C_1 = 10$ млн. руб. и $C_2 = 12,5$ млн. руб. Получаемый при этом эффект тоже разный: $W_1 = 0,8$ и $W_2 = 1,0$. В результате значения дробного критерия будут равны: для первого варианта $K_1 = 10 : 0,8 = 12,5$ и для второго варианта $K_2 = 12,5 : 1,0 = 12,5$.

Таким образом, критерии K_1 и K_2 равны по величине, хотя очевидно, что два варианта неравнозначны по мере достижения конечной цели. Поэтому дробный критерий имеет весьма ограниченное применение и может использоваться только для сравнения равноэффективных мероприятий (по конечному результату).

Вторым способом работы с критерием-вектором является формирование одного критерия в виде суммы частных с учетом «веса» каждого из них. Так, если есть частные критерии W_1 , W_2 и W_3 , то формируется единый критерий вида $W = \alpha_1 W_1 + \alpha_2 W_2 + \alpha_3 W_3$. Поскольку каждый из частных критериев отражает разные и нередко противоречивые показатели (например, затраты ресурсов, которые желательно уменьшить, и качество, которое желательно повысить), имеющие свою размерность (руб., т и т.д.), обобщенный критерий W может не иметь ясно выраженного физического или экономического смысла. Его следует рассматривать лишь как меру предпочтительности. Коэффициенты важности W_1 устанавливаются, как правило, экспертным путем (см. подразд. 6.6). Например, в одном из вариантов доля пораженных объектов противника $W_1 = 0,4$, доля потерь нашей стороны $W_2 = 0,1$, доля расхода боеприпасов $W_3 = 0,2$. Экспертами установлена степень важности каждого показателя: $\alpha_1 = 0,3$, $\alpha_2 = 0,5$, $\alpha_3 = 0,2$ (сумма «весов» равна единице).

Тогда величина обобщенного критерия W' будет равна $0,3 \cdot 0,4 - 0,5 \cdot 0,1 - 0,2 \cdot 0,2 = 0,03$. Знак «-» перед вторым и третьим критериями ставится потому, что нам желательно уменьшить свои потери и расход боеприпасов. Значит, критерий W должен быть по возможности большим. Для сравнения рассмотрим другой вариант, у которого $W_1 = 0,4$, $W_2 = 0,04$, $W_3 = 0,3$. Тогда величина W'' будет равна $0,3 \cdot 0,4 - 0,5 \cdot 0,04 - 0,2 \cdot 0,3 = 0,04$.

Величина W'' лучше, так как наши потери во втором варианте меньше. Значит, сравнение двух вариантов по суммарно взвешенному критерию дает количественную меру оценки целесообразности наших действий.

Третьим способом работы с критерием-вектором является ранжирование критериев, т.е. расположение их в порядке важности. Этот способ применяется в том случае, когда трудно оценить коэффициенты важности («веса») и лишь экспертным путем удастся установить сте-

пень предпочтительности одного критерия другому, т.е. устанавливается, например, что $W_2 \prec W_1 \prec W_3$ (\prec – знак «раньше», «предшествует», «предпочтительнее»; если a предпочтительнее b , то записывается $a \prec b$).

В этом случае производится оптимизация вначале по наиболее важному критерию, затем по следующим, менее важным. При этом оценивается величина отхода от оптимального решения по первому варианту, величина так называемой уступки. Аналогичные действия проводятся со следующими критериями.

Наиболее методически правильным способом работы с критерием-вектором является выделение одного из критериев в качестве главного и использование других в качестве ограничений. Так, модифицируя пример получения обобщенного критерия с использованием «весов», можно сформулировать задачу следующим образом: выбрать такой вариант действий, при котором потери противника будут максимальными, а наши потери и расход боеприпасов не превысят заданных уровней. Иначе говоря, необходимо найти такой способ действий, при котором $W_1 \rightarrow \max$, $W_2 \leq W_{дон а}$, $W_3 \leq W_{выд}$. В этом случае постановка задачи имеет ясный смысл и позволяет найти оптимальное решение из числа допустимых по условиям-ограничениям на значения W_2 и W_3 , при котором W_1 принимает максимальное значение. Задача решается в такой последовательности.

После формирования различных вариантов производится оценка каждого из них по показателям W_1 , W_2 и W_3 . Из числа допустимых вариантов отбирается тот, который имеет максимальное значение W_1 .

2.2.3. Общая форма критериев при военно-экономическом анализе мероприятий

В самом общем случае военно-экономический анализ мероприятий по обеспечению боевой готовности войск предполагает выбор наилучших вариантов действий по обеспечению рационального использования средств, выделяемых на оборону страны. При этом используется триада показателей: достигаемый эффект (W), затраты ресурсов (C) и время (T). В каждой конкретной задаче смысл показателей определяется целью анализа и существом мероприятия. Например, показатель C , имея материальное содержание, может измеряться в тоннах, штуках, боекомплектах, моточасах и т.д. Однако вследствие того, что мероприятие требует расхода разнородных ресурсов, наиболее часто показатель C имеет стоимостную форму и измеряется в рублях.

Показатель W может выражать боевую эффективность (вероятность поражения объектов противника, соотношение сил и средств сторон и др.) или результат проводимых мероприятий по обеспечению боевой готовности войск (степень финансового обеспечения, прибыль промышленного предприятия, полученная в отчетном году, достигнутый уровень обученности личного состава и др.).

Временной показатель, как правило, выражает длительность выполняемого мероприятия (длительность огневого налета, продолжительность производственного цикла, время, отведенное для проведения ревизии, и др.) или календарный отрезок времени (год, квартал, месяц и т.д.), а также моменты свершения тех или иных событий.

Как указано в подразд. 2.2.2, в зависимости от характера решаемой задачи один из перечисленных показателей выбирается обычно в качестве критерия, а два других выступают в качестве ограничений. Если требуется организовать мероприятие так, чтобы в заданное время $\tau_{зад}$ выполнить задачу с максимально возможным уровнем W и при этом уложиться с расходом ресурсов C в объем, не превышающий $C_{выд}$, то формулировка задачи будет иметь вид $W_1 \rightarrow \max$ при $C \leq C_{выд}$, $T \leq \tau_{зад}$.

В случае когда время задается и требуется достичь уровня эффекта не ниже $W_{треб}$ при минимальном расходе ресурсов, задача формулируется в виде $C \rightarrow \min$ при $W \geq W_{треб}$, $T \leq \tau_{зад}$.

И наконец, если задан уровень выполнения задачи и известно ограничение по ресурсам $C_{\text{выд}}$, то требуется минимизировать время достижения цели, т.е. $T \rightarrow \min$ при $W \geq W_{\text{треб}}$, $C \leq C_{\text{выд}}$.

Таким образом, при военно-экономическом анализе мероприятий классическими являются три постановки задачи. В некоторых случаях могут возникнуть модификации приведенных постановок. Так, если в качестве критерия принять стоимость выполнения задачи $C_{\text{ОЗ}}$, которая учитывает стоимость одного цикла полезной работы C_B и количество циклов n_B , необходимых для выполнения задачи с требуемым уровнем достижения цели (см. гл. 6), то постановка задачи примет вид $C_B n_B = C_{\text{ОЗ}} \rightarrow \min$ при $T \leq \tau_{\text{зад}}$.

Критерий часто называют целевой функцией, т.е. функцией, характеризующей качество достижения цели мероприятия. Для решения задач по отысканию экстремального значения целевой функции необходимо создать экономико-математическую модель, содержащую основные связи анализируемой системы. При этом все три выходных показателя (C , W и T) должны быть связаны с теми факторами (внутренними показателями системы), изменение которых приводит к изменению значения критерия и других показателей, принятых в качестве ограничений. Факторы, с помощью которых удается найти экстремальное значение целевой функции, называются управляющими воздействиями или параметрами управления.

Экономико-математические модели такого рода задач имеют различный вид и форму представления связей между целевой функцией и управляющими воздействиями.

2.3. Экономико-математическое моделирование в задачах военно-экономического анализа

2.3.1. Общие сведения о моделях

Модель является основным инструментом всякого системного анализа, позволяющим проводить исследование реальных систем. **Модель** – это средство имитации реальной системы, с помощью которого оценивается степень воздействия изменения отдельных ее элементов и связей между ними на общие характеристики системы. Представление системы в виде набора входных, выходных и внутренних показателей является самым общим видом ее модели (см. рис. 2.1).

Моделирование как способ отображения реальных объектов, физических процессов и явлений в природе и обществе используется человеком давно. Примерами простейших моделей являются тренажеры, имитирующие боевую технику, схемы, топографические карты, математические зависимости, мишени и макеты на полигоне, заменяющие реальные объекты противника при выработке навыков стрельбы.

Главная ценность модели состоит в ее способности заменить реальный объект или процесс. Ценность моделей и моделирования для военных объектов и экономических процессов повышается в связи с тем, что в ряде случаев проведение натуральных экспериментов затруднено, а иногда и просто невозможно. Так, войсковые учения моделируют реальные боевые действия в определенных географических условиях против вероятного противника.

При моделировании формируются зависимости, соотношения, выражающие связи реальных систем, подсистем и их элементов. В результате становится возможным оценивать выходные показатели процессов функционирования систем без воспроизведения натуральных условий. На модели можно проводить эксперименты, исследовать влияние различных факторов на выходные показатели, выбирать лучшие значения факторов в смысле выбранного критерия.

Основоположник научного коммунизма К. Маркс высоко ценил значение математики для исследования экономических процессов. Он считал, что «наука только тогда достигает совершенства, когда ей удается пользоваться математикой»¹.

1 Цит. по: Лафарг П. Воспоминания о Марксе и Энгельсе. М., 1956, с. 66.

Под экономико-математической моделью понимается математическое описание анализируемого экономического объекта или процесса.

К моделям предъявляются следующие требования:

- соответствие цели анализа. В зависимости от поставленной цели в модели учитываются только основные связи. Поэтому модель, разработанная для одних целей, может оказаться непригодной для других. Создание универсальных моделей либо невозможно, либо нецелесообразно из-за их громоздкости. Например, модель, предназначенная для исследования потоков информации в финансовой службе звена соединение–округ, необязательно должна учитывать личностные характеристики работников службы. Если же разрабатывается модель для исследования морально-этических мотивов поведения работников финансовой службы соединения, то она должна учитывать главным образом психологические характеристики людей;

- возможная простота наряду с необходимой полнотой отображения наиболее существенных связей в системе. Требования эти достаточно противоречивы, так как излишняя полнота учета связей ведет к переусложнению модели;

- чувствительность к изменению факторов, влияющих на анализируемые показатели;

- возможность внесения необходимых изменений и дополнений, для чего целесообразно разрабатывать модель частями (блоками);

- достаточная работоспособность, т.е. возможность получения анализируемых показателей значительно быстрее, чем это происходит в реальном процессе;

- экономичность, т.е. стоимость проведения анализа с помощью экономико-математической модели должна быть небольшой, значительно меньшей, чем стоимость натурального эксперимента;

- приспособляемость к условиям использования. Например, модели, предназначенные для проведения расчетов с помощью электронно-вычислительной техники, практически невозможно использовать там, где такой техники нет. Некоторые модели (например, модель народнохозяйственного плана) предполагают обязательное использование электронно-вычислительной техники. Активное внедрение этой техники, в том числе мини-ЭВМ, в народное хозяйство и войсковую практику открывает дорогу для использования широкого класса экономико-математических моделей.

2.3.2. Классификация моделей

Модели по своему материально-вещественному содержанию разделяются на физические (материальные), математические (экономико-математические) и смешанные.

Физические модели предполагают миниатюризацию естественных систем и процессов (модель плотины, самолета и др.).

Математические модели наиболее универсальны и пригодны для имитации физических и экономических процессов.

Смешанные модели предполагают сочетание физического и математического моделирования.

Кроме того, существуют так называемые машинные модели, которые предполагают решение задач с помощью математических моделей и ЭВМ.

По масштабу изучаемой системы различают экономико-математические модели народнохозяйственного уровня, отраслевые модели, модели функционирования отдельных предприятий, модели для решения частных задач. В Вооруженных Силах можно создавать модели, имитирующие действие видов Вооруженных Сил и родов войск, воинских частей, подразделений, военных специалистов, образцов вооружения.

По виду анализируемого объекта (системы) различают модели процессов вооруженной борьбы, модели функционирования технических систем, модели функционирования промышленности и строительства, экономические модели, демографические модели и др.

По характеру учета фактора времени различают модели статические и динамические.

Статические модели изучают поведение системы в определенные моменты времени. Более распространены **динамические модели**, рассматривающие систему в развитии. Динамические модели строятся, как правило, многоэтапными.

В зависимости от степени учета неопределенности в поведении системы и воздействия среды на систему выделяют модели детерминированные и стохастические.

Детерминированные модели, по существу, не учитывают наличия случайностей, неопределенностей. В них исходные данные и получаемые результаты являются средними оценками, математическими ожиданиями значений факторов и показателей.

Стохастические модели учитывают фактор случайности в моделируемых экономических процессах.

По назначению все экономико-математические модели делятся на два класса: описательные (модели оценки) и оптимизационные (модели выбора оптимального решения). Описательные модели связывают выходные показатели системы с входными и внутренними. При определенных значениях входных и внутренних показателей с помощью описательных моделей можно получить величину выходного показателя. Наиболее характерным примером описательных моделей являются уравнения регрессии (см. гл. 5), где при подстановке заданных числовых значений факторов рассчитывается величина показателя. Модели регрессионного анализа в настоящее время используются чрезвычайно широко.

Оптимизационные экономико-математические модели позволяют обосновывать рациональные значения внутренних показателей системы при фиксированных входных показателях, выступающих в роли дисциплинирующих условий. В результате находится такое решение, при котором выходной показатель, выбранный в качестве критерия, достигает экстремального значения. К оптимизационным моделям относятся модели математического программирования, модели оптимального управления запасами и многие другие. Наиболее широко используемые при военно-экономическом анализе оптимизационные экономико-математические модели рассмотрены во втором разделе учебника.

2.3.3. Процедуры моделирования

Процесс моделирования можно разделить на три основных этапа.

Первый этап моделирования состоит в раскрытии основной цели и определении условий-ограничений, при которых будет отыскиваться решение задачи. Затем определяется содержание задачи, устанавливаются границы ее решения (масштаб системы), выявляются (хотя бы качественно) основные факторы, влияющие на систему, и устанавливаются соотношения между ними.

В результате выполнения первого этапа моделирования системы определяются:

- цель и назначение исследуемой системы;
- перечень учитываемых характеристик внешней среды в виде условий-ограничений;
- совокупность допущений, при которых решается задача с помощью модели;
- окончательная формулировка критерия выбора лучшего решения.

Вторым этапом моделирования является формализация задачи, включающая:

- разработку собственно модели с учетом требований, изложенных в подразд. 2.3.1;
- аналитическое или логическое представление выбранных показателей и критерия в связи с факторами, определяющими их значение;
- выбор метода решения задачи.

Выбор метода решения зависит от характера модели и вида связей между показателями и определяет трудоемкость разработки и дальнейшего использования модели. В ряде случаев удается отыскать методы моделирования из числа ранее разработанных, которые можно использовать для решения конкретных задач. В настоящее время значительное количество методов представлено в виде стандартных программ для решения задач на ЭВМ.

Третьим этапом моделирования является разработка алгоритма решения задачи. Алгоритм представляет собой упорядоченный набор точных правил, указывающих, какие действия и в каком порядке необходимо выполнить, чтобы после конечного числа шагов полу-

чить решение. Завершение третьего этапа позволяет перейти непосредственно к проведению расчетов вручную или с помощью ЭВМ.

При проведении расчетов может выявиться несовместность условий, заданных ограничениями. В этом случае необходимо вернуться к первому этапу и пересмотреть постановку задачи или систему ограничений.

ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ – ОСНОВА КОМПЛЕКСНОГО КРИТЕРИЯ ОЦЕНКИ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИНИМАЕМЫХ РЕШЕНИЙ

3.1. Понятие эффекта и эффективности

Одной из главных задач коммунистического строительства на современном этапе является повышение эффективности и качества работы. На развитие экономики, создание новых мощностей, жилищное и культурно-бытовое строительство направляются огромные средства. Эффективное использование их является задачей исключительной важности. Для глубокого понимания и практического решения этой задачи необходимо определить основное смысловое содержание показателей эффективности применительно к конкретным видам деятельности, а также располагать методами определения количественных значений такого рода показателей, что вытекает из принципа: «Наше экономическое мышление должно быть максимально конкретным».

В специфической военной сфере деятельности задача определения показателей эффективности весьма актуальна и сложна. Актуальность объясняется важностью выполняемых задач, высокой ответственностью за их решение. Сложность задач обусловлена своеобразием конечного результата деятельности, трудностью соизмерения его с затратами, разнообразием видов обеспечения (боевое, материальное, финансовое и др.) и спецификой экономических отношений (система заказов военной техники, ее оплаты, учета и хранения; условия дислокации). Конечным результатом деятельности всех элементов структуры Вооруженных Сил является боевая мощь, позволяющая сдерживать агрессивные намерения противника в мирное время, а также выполнять боевые задачи в случае развязывания агрессивными силами империализма войны. Для этого необходимо совершенствовать военную технику, обучать и воспитывать личный состав, а значит, повышать боеготовность Вооруженных Сил.

Как было показано в подразд. 1.1, военно-экономический анализ рассматривает целенаправленную деятельность структурных элементов Вооруженных Сил. В процессе их разнообразной деятельности происходит потребление ресурсов. При анализе этой деятельности используются такие понятия, как целесообразность, экономичность, эффективность и др.

Целесообразное (сообразно цели) использование ресурсов предполагает осуществление совокупности действий, направленных на достижение определенной цели. Например, потребность в денежных средствах на планируемый год должна быть определена в объеме, обеспечивающем достижение поставленной цели (требуемый уровень боевой готовности части, соединения). Для этого следует определить перечень мероприятий, которые необходимо провести, и предусмотреть денежные средства, необходимые для выполнения именно этих мероприятий, позволяющих достичь поставленную цель.

После того как соединениям и частям определены назначения кредитов и денежных средств по статьям сметы Министерства обороны и начинается процесс обеспечения текущей деятельности, следует исходить из требования строго целевого использования выделенных ресурсов. К понятию целевое расходование средств примыкает понятие законности, которое предполагает не только соблюдение данной утвержденной сметы расходов, но и выполнение других руководящих документов, определяющих планирование и главным образом расходование средств. Принцип целесообразности использования средств применяется не только на этапе планирования, но и в ходе финансирования в случае появления новых задач или уточнения ранее поставленных. Тогда возникает необходимость в истребовании дополнительных кредитов сообразно изменившимся или появившимся вновь целям и задачам.

В ходе осуществления мероприятий по обеспечению боевой готовности войск выдвигается требование бережливости, рачительности. Эти понятия характеризуют отношение к потребляемым ресурсам с позиций здравого смысла, разумного их использования. Выполнение требований бережливости, как правило, не предполагает применения каких-либо специальных методов оптимизации. Например, принцип бережливости используется при соблюдении режима электрического освещения, своевременного ремонта обмундирования, продления сроков эксплуатации столовой посуды, при сдаче металлолома, сокращении потерь против установленных норм естественной убыли различных видов материальных ценностей за счет правильной организации их хранения и транспортировки и др.

В условиях функционирования сложных структурных элементов Вооруженных Сил не всякая очевидная экономия в действительности приводит к экономии в конечном счете. Еще чаще встречаются ситуации, когда оптимальный способ осуществления мероприятий не очевиден. Например, если есть два-три типа учебно-тренировочных средств и штатная техника, то решение по выбору оптимального соотношения между числом занятий на разных средствах обучения не очевидно, поскольку занятия на тренажерах дешевле, чем на штатной технике, но, в свою очередь, эффект от проведения каждого занятия на тренажере ниже, чем на штатной технике. Другой пример, экономия за счет увеличения производственных мощностей ремонтного предприятия при его реконструкции может повлечь за собой увеличение времени ожидания техникой ремонта, а следовательно, излишние затраты денежных и материальных ресурсов, связанные с созданием и содержанием обменного фонда военной техники.

Для выбора оптимального способа осуществления мероприятий необходимы предварительный анализ и количественное обоснование предполагаемого плана действий. Принципы оптимальности и бережливости расходования ресурсов должны применяться при условии их взаимного дополнения, сочетания. Принцип оптимальности должен применяться главным образом в процессе планирования мероприятий и определения потребности в ресурсах, а также при анализе и оценке результатов деятельности. Из принципов бережливости и строго целевого расходования средств следует исходить главным образом в процессе выполнения мероприятий и в ходе их финансирования.

Принцип оптимальности означает наибольшую благоприятность, предпочтительность. Для реализации требований принципа оптимальности необходимо формировать достаточно большое число возможных способов достижения цели, проводить их анализ и выбирать наилучший по определенному критерию. Если же для выбора рассматривается ограниченное число вариантов, то наилучший из них часто называют рациональным в отличие от строго оптимального.

Цель мероприятия может быть описана словесно или задана количественным показателем. Цель, конкретизированная по срокам и определенная количественно, именуется задачей. Термины «цель» и «задача» употребляются главным образом по отношению к будущим действиям, предстоящим мероприятиям. Если действие совершилось, мероприятие происходит или произошло, то употребляется термин «эффект» или «результат». Таким образом, цель и задача преобразуются в эффект (результат) вследствие организованной деятельности.

Если конечная цель деятельности достигается в несколько этапов или несколькими структурными элементами, то следует различать непосредственный результат (эффект) и конечный результат (рис. 3.1). Достижение конечного результата требует, как правило, получения нескольких непосредственных результатов. Например, достижение определенного уровня боевой готовности соединения (конечный результат) требует надлежащей обученности личного состава частей (непосредственный результат). Обучение личного состава частей, в свою очередь, требует достижения непосредственных результатов в подразделениях, вплоть до одиночной подготовки военнослужащего.

Кроме того, получение конечного результата в виде выполнения задач боевой подготовки соединения требует наличия непосредственных результатов в виде построенного и введенного в действие дивизионного учебного центра, боеготовой техники, соответствующих результатов деятельности тыловых подразделений, включая финансовую службу соединения.

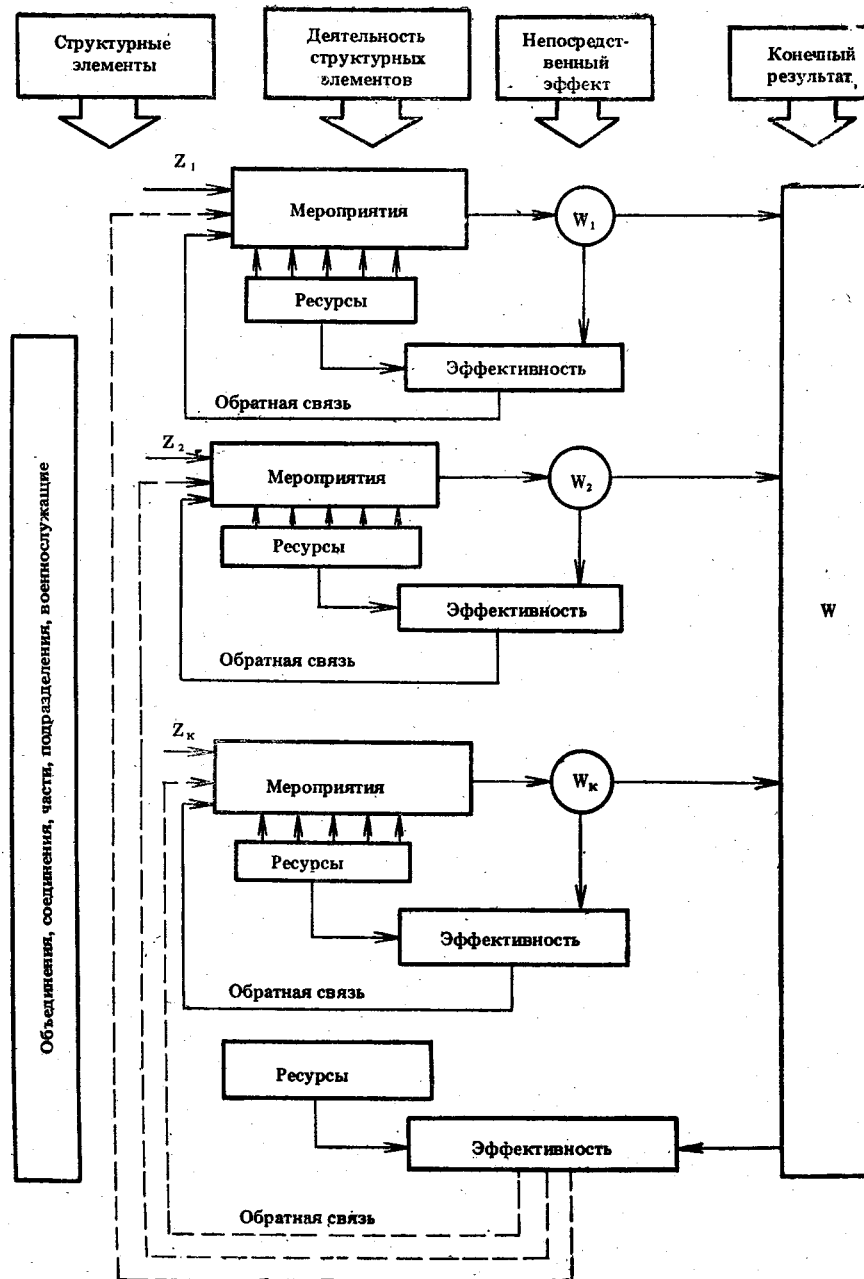


Рис. 3.1. Связь эффекта и эффективности

В зависимости от характера получаемого эффекта его величина может измеряться «натуральными» или стоимостными показателями. Примеры натурального измерения показателя эффекта: количество подготовленных воинов-отличников, увеличение производственной мощности ремонтных предприятий, количество пораженных мишеней на полигоне и др. В стоимостном выражении измеряются такие показатели эффекта, как прибыль строительной организации или промышленного предприятия, снижение себестоимости ремонта техники. Вполне логично считать, что эффект может быть как положительным, так и отрицательным (например, убыток – это отрицательная прибыль).

К понятию эффект примыкает понятие эффективности, результативности. Эффект есть величина, характеризующая результат деятельности безотносительно к тому, какими усилиями он достигнут.

Однако сам по себе эффект говорит лишь о полученном результате, но не полностью характеризует качество деятельности по его достижению. Если же уровень полученного эффекта поставить в соответствие с затратами на его достижение, то можно говорить об эффективности проведенного или планируемого мероприятия. Таким образом, **эффективность** мероприятия – это соотношение между затратами на его осуществление в определенное время и получаемыми результатами.

Ф.Энгельс отмечал, что экономическая практика коммунистического общества будет в конечном счете определяться «взвешиванием и сопоставлением полезных эффектов различных предметов потребления друг с другом и с необходимыми для их производства количествами труда»¹.

Различают два вида эффективности мероприятия: целевую и экономическую. Под **целевой эффективностью** понимается соотношение между конечным эффектом, получение которого за определенное время является целью мероприятия, и затратами ресурсов, необходимых для его достижения. Иногда эффективность определяется как степень приспособленности системы к выполнению стоящей перед нею задачи. Такое определение предполагает, что система уже существует или проектный облик ее известен, а следовательно, затраты ресурсов на осуществление мероприятий по ее созданию фиксированы. Одной из разновидностей целевой эффективности является боевая эффективность.

Применительно к деятельности воинских соединений связь показателей эффекта и целевой эффективности приведена на рис. 3.1. Каждый структурный элемент действует в определенных внешних условиях и в интересах достижения поставленных задач Z_1, Z_2, \dots, Z_k . В процессе их деятельности происходит потребление ресурсов в размере C_1, C_2, \dots, C_k , что с течением времени T_1, T_2, \dots, T_k приводит к определенному непосредственному эффекту W_1, W_2, \dots, W_k .

Непосредственные эффекты деятельности каждого структурного элемента проявляются в общем результате, т.е. в конечном эффекте W . Анализ полученных непосредственных и конечного эффектов позволяет целенаправленно воздействовать на деятельность структурных элементов через обратную связь путем изменения внешних условий и целей функционирования Z_k , что приводит к необходимости изменения внутренних показателей системы.

Эффективность итоговая зависит от полученного конечного результата W и затраченных ресурсов C_Σ и складывается (не арифметически) из результативности деятельности воинских частей и подразделений обеспечения.

Целевой эффект применительно к деятельности хозрасчетных предприятий и организаций сопровождается экономическим эффектом. Следовательно, существует и экономическая эффективность мероприятий (рис. 3.2).

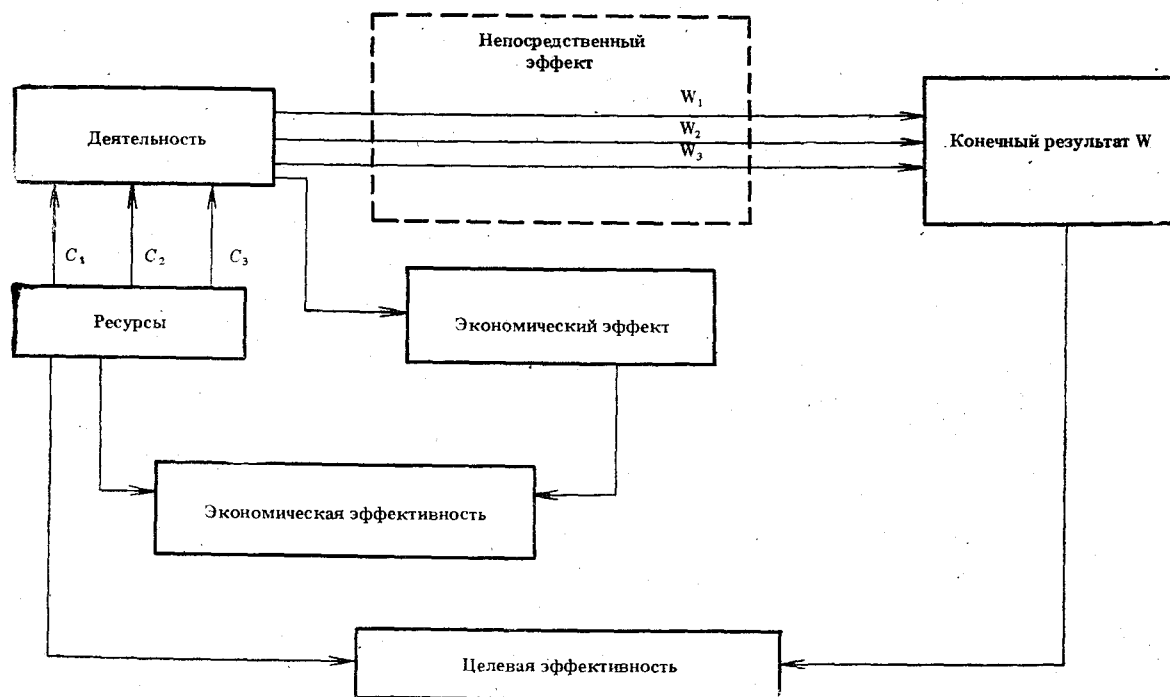


Рис. 3.2. Связи целевой и экономической эффективности

Например, для хозрасчетного ремонтного предприятия непосредственные результаты выражаются в номенклатуре и количестве единиц отремонтированной техники. Экономиче-

¹ Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 20, с. 321.

ский эффект выражается суммой полученной прибыли, снижением себестоимости выполненных работ и др. Непосредственные эффекты формируют конечный результат деятельности предприятия. Поэтому применительно к хозяйственным предприятиям и организациям можно говорить как о целевой, так и об экономической эффективности.

Под экономической эффективностью обычно понимается соотношение между экономическим эффектом и затратами ресурсов, необходимых для обеспечения деятельности или фактически израсходованных.

В ряде случаев используются термины «эффективность использования ресурсов», «эффективность затрат» и т.п. Здесь имеется в виду также эффективность деятельности, но поскольку всякая деятельность сопровождается расходом ресурсов, то в этих терминах подчеркивается величина результата, приходящаяся на единицу ресурсов, затраченных или планируемых к использованию для решения поставленной задачи.

С некоторой долей условности можно оценивать экономический эффект и экономическую эффективность применительно к боевым действиям. Поскольку выполнение огневых и боевых задач сопровождается расходом ресурсов (снарядов, ракет и др.) и имеет свою стоимостную оценку (см. подразд. 6.3.2), то, используя различные варианты назначения боевых средств по целям, можно выполнять одну и ту же задачу с разной стоимостью. Следовательно, разница в стоимости выполнения задачи оптимальным способом и любым другим, отличающимся от оптимального (так называемое волевое командирское решение), дает определенную величину экономического эффекта.

С другой стороны, если оценить стоимость предотвращенного ущерба и сопоставить ее с затратами на выполнение задачи, характеризующими размер израсходованных ресурсов, то также можно судить об экономической эффективности использования военной техники.

Для оценки эффективности используются различные показатели – числовые характеристики эффективности. Иногда берется отношение величины полученного эффекта к затратам ресурсов или наоборот. В первом случае показатель целевой эффективности характеризует величину эффекта на единицу вложенных средств, во втором – сумму использованных средств на единицу полученного эффекта, в частности стоимость единицы эффекта. При оценке экономической эффективности такой вид показателя является основным.

Однако не всегда показатель эффективности – это отношение результата к затратам или наоборот. Такой показатель эффективности – лишь одна из разновидностей показателя оценки целевой эффективности. Например, одним из выходных показателей деятельности финансовой службы как системы выступает степень финансового обеспечения соединения (см. рис. 2.2). Она в данном случае является показателем целевой эффективности деятельности финансовой службы. Так, организуя деятельность различными способами (изменяя внутренние показатели), начальник финансовой службы соединения может добиться различной степени финансового обеспечения, что характеризует различную эффективность его деятельности. Другой пример. Батарее для поражения учебных целей выделено определенное количество боеприпасов. Результат деятельности батареи зависит от качества подготовки личного состава и техники к проведению стрельб и оценивается числом пораженных учебных целей: чем больше это число, тем выше эффективность деятельности батареи. Здесь налицо определенный объем ресурсов и уровень достижения цели, и в то же время показатель эффективности не является отношением затрат к результатам или наоборот.

Если системы располагают различным количеством ресурсов, то при сравнении показателей эффективности необходимо обеспечить сопоставимость условий.

В теории эффективности различают общую (абсолютную) эффективность и сравнительную эффективность. Общая (абсолютная) эффективность определяется сопоставлением эффекта со всей суммой затрат, связанных с его получением. Сравнительная эффективность, имеющая целью выбор оптимального способа осуществления мероприятия, определяется сравнением вариантов по величине суммарных затрат или по величине получаемого эффекта.

3.2. Методические основы оценки эффективности затрат материальных, трудовых и финансовых ресурсов

3.2.1. Общие положения

При разработке и практическом осуществлении планов военного строительства в качестве основной экономической задачи выступает задача рационального распределения и эффективного использования материальных, трудовых и финансовых ресурсов, решение которой позволяет обеспечить высокую боевую готовность армии и флота. Таким образом, целевая направленность деятельности Вооруженных Сил и отдельных подразделений проявляется достаточно четко.

Конкретное выражение цели деятельности структурных элементов Вооруженных Сил различно. Тем не менее результаты их деятельности следует рассматривать с точки зрения их влияния на конечный результат, т.е. на боевую готовность Вооруженных Сил. Определяющую роль в выполнении боевых задач играют подразделения, непосредственно выполняющие их, поскольку только силой оружия достигается победа. В условиях мирного времени основной сдерживающей агрессора силой также является боевая мощь Вооруженных Сил. Подразделения, выполняющие ту или иную обеспечивающую роль, в соответствии со своим целевым предназначением вносят свой вклад в достижение успеха в бою или операции. Образуя, все структурные элементы Вооруженных Сил «работают на выстрел».

В зависимости от характера и размера вклада различных структурных элементов в общий результат боевых действий (в готовность выполнить боевую задачу) можно судить о боевой эффективности мероприятий, проводимых этими структурными подразделениями.

Эффективность деятельности боевых подразделений характеризуется степенью их способности к выполнению боевых задач по поражению противника в заданной обстановке или степенью фактического достижения поставленной цели. Непременным элементом этой эффективности является боевая эффективность вооружения, под которой понимается степень его приспособленности к нанесению ущерба объектам противника в заданное время при наличии обученного личного состава и необходимых материальных ресурсов.

Боевой эффект мероприятий по обеспечению управления и связи оценивается той долей, которую вносят соответствующая техника и личный состав в общий результат боевых действий. Количественно величина эффективности системы управления и связи может быть оценена изменением величины показателя эффекта управляемых боевых средств и подразделений, соотнесенного с затратами на изменение эффекта.

Аналогично можно говорить о боевой эффективности разведки, материально-технического, тылового и финансового обеспечения как о степени приспособленности деятельности соответствующих структурных подразделений к выполнению стоящих перед ними задач в условиях боевой обстановки в соотношении с дополнительными затратами на их содержание. Таким образом, конечным результатом деятельности всех структурных элементов Вооруженных Сил является эффект боевых действий, а непосредственным результатом – уровень выполнения ими конкретных боевых и специальных задач.

Конкретное содержание показателей эффективности определяется характером решаемой задачи, назначением и составом структурного подразделения, которому эта задача поставлена. При оценке эффективности учитываются достигаемый результат, объем и качество ресурсов, которые затрачиваются в ходе выполнения мероприятия.

Для боевых подразделений показатели эффекта могут выражаться величиной наносимого противнику ущерба в виде количества пораженных объектов или занятой площади противника, размером предотвращенного ущерба, временем выполнения поставленной боевой задачи. Например, для зенитного подразделения показателями эффекта его деятельности при заданных характеристиках боевых средств могут быть число сбитых самолетов противника, время, за которое сбиты эти самолеты, количество и качество объектов, которые защищены от нападения противника. Для финансовой службы соединения показателями эффекта могут быть своевременность и полнота финансового обеспечения войск и др.

На эффективность деятельности Вооруженных Сил и их структурных элементов влияет значительное количество факторов (рис. 3.3). Большую роль в достижении конечной эффективности деятельности Вооруженных Сил играет вооружение с его тактико-техническими характеристиками. Однако человек, овладевший техникой, остается главной, решающей силой на войне. Поэтому главным направлением повышения эффективности использования ресурсов, выделяемых на оборону страны, является рационализация деятельности, направленной не только на создание образцов вооружения с современным уровнем тактико-технических характеристик, но и на овладение техникой, на обучение личного состава, на его идейно-политическую закалку, на поддержание техники в высокой степени готовности.



Рис. 3.3. Факторы, влияющие на эффективность деятельности боевых подразделений

Эффективность использования средств зависит от уровня решаемых задач.

Можно выделить четыре основных уровня:

- 1) **правительственный уровень** принятия решений о целесообразности создания тех или иных образцов вооружения, путях совершенствования Вооруженных Сил в целом;
- 2) **уровень решений Министерства обороны** о распределении задач и соответствующих им ресурсов между видами Вооруженных Сил и родами войск, а также по территориальным формированиям в соответствии с их целевым предназначением;
- 3) **уровень решений главных доводящих управлений и военных округов** о порядке проведения боевой подготовки и об обеспечении эксплуатации военной техники в войсках;
- 4) **уровень решений войсковых соединений и частей**, непосредственно организующих и проводящих боевую подготовку и войсковую эксплуатацию военной техники.

На всех уровнях решаемых задач наибольшие возможности повышения эффективности использования ресурсов предоставляются в процессе планирования. Как отмечалось на XXVII съезде КПСС «планирование призвано быть активным рычагом ускорения социально-экономического развития страны...»¹.

Для решения задач повышения эффективности использования средств в процессе планирования используются методы количественного обоснования военно-экономических решений.

Так, для оптимизации планов боевой подготовки с учетом затрат на их реализацию целесообразно использовать методы математического программирования (см. гл. 7); для проверки обоснованности заявок на кредиты, предоставляемые доводящими службами, можно использовать методы регрессионного анализа (см. подразд. 5.2 и 6.7).

Рассмотрим пример проверки обоснованности заявки доводящей службы на содержание, эксплуатацию и текущий ремонт военной техники. Известны расходы денежных средств по соответствующей статье за период с 1979 по 1985 г. и количество единиц техники (табл. 3.1). Войсковая часть представила заявку на денежные средства для обслуживания 382 единиц техники на 1986 г. в сумме 13,7 тыс. руб. Обработка статистических данных поз-

1 Материалы XXVII съезда Коммунистической партии Советского Союза, с. 148.

воляет получить зависимость величины расходов денежных средств (y) от количества техники (x) (см. подразд. 5.1.2):

$$y = -1,2 + 0,036x, \text{ тыс.руб.}$$

Расчеты по данной формуле (см. подразд. 6.7.1) позволяют утверждать, что с высокой гарантией фактические расходы на обслуживание 382 единиц техники не превысят 12,57 тыс.руб. Таким образом, заявку войсковой части следует считать завышенной. Эффект предварительного контроля заявки войсковой части составляет $13,7 - 12,57 = 1,13$ тыс.руб.

Таблица 3.1

Год	Количество единиц техники	Расходы денежных средств на содержание техники, тыс.руб.
1980	346	11,6
1981	348	11,2
1982	340	10,9
1983	365	11,8
1984	376	12,2
1985	370	11,9
1986	382	

Аналогичные проверки обоснованности заявок должны проводиться по другим направлениям деятельности. При этом можно использовать методы, изложенные в подразд. 6.7.

Таким образом, становится возможным оценить важные выходные показатели деятельности финансовой службы соединения (части): степень обоснованности заявок довольствующих служб соединения, а также степень обеспечения реальной потребности войск в финансовых и материальных ресурсах. Это позволяет значительно повысить эффективность использования ресурсов.

После того как назначены кредиты денежных средств и выделены фонды материальных ресурсов, начинается второй этап деятельности довольствующих служб и финансовых органов, основная цель которого состоит в повышении эффективности использования фиксированных объемов ресурсов.

Эффективность работы довольствующих служб измеряется степенью выполнения задачи, поставленной перед данной службой в частности, и цели, стоящей перед соединением (частью) в целом. Наивысшими показателями эффективности деятельности довольствующих служб являются полнота и своевременность обеспечения требуемого уровня боевой готовности соединения (объединения) при минимальном расходе ресурсов.

Для оценки эффективности деятельности служб необходимо разрабатывать и использовать частные методики. Так, для оценки деятельности довольствующих служб, занимающихся обслуживанием техники, и финансового органа по своевременному обеспечению ресурсами для поддержания техники в боеготовом состоянии можно использовать следующий методический подход.

Допустим, запланировано ежеквартальное техническое обслуживание, которое компенсирует естественное падение готовности определенных технических систем, происходящее в результате их физического износа. Под техническим обслуживанием понимается комплекс профилактических мероприятий в целях поддержания технических систем в исправном состоянии и постоянной готовности к использованию по назначению в объеме и сроки, установленные соответствующими документами. Уровень готовности техники измеряется коэффициентом готовности K_2 , который характеризует вероятность того, что в любой момент времени поступления команды на применение техника будет находиться в исправном состоянии.

Для отдельной системы (самолет, ракета, радиостанция и др.) коэффициент готовности K_2 определяется по формуле

$$K_2 = 1 - \frac{T_p}{T_3} \quad (3.1)$$

где T_p – суммарное время, в течение которого образец военной техники не может использоваться по прямому назначению (в ремонте, на регламенте, на техническом обслуживании, в неисправном состоянии);

T_3 – суммарное время эксплуатации (включая T_p).

Для большого количества однотипных единиц техники в составе соединения, части (танки, автомобили и др.) коэффициент готовности K_2 может быть оценен по формуле

$$K_2 = 1 - \frac{n_{нб}}{n}$$

где $n_{нб}$ – количество небоеспособных единиц техники,

n – общее количество единиц техники в соединении (части).

Если не проводить своевременно плановых технических обслуживания и регламентов, то величина K_2 со временем снижается. Коэффициент готовности восстанавливается на величину ΔK_2 в результате проведения профилактических мероприятий (рис. 3.4), требующих расхода материальных и денежных средств.

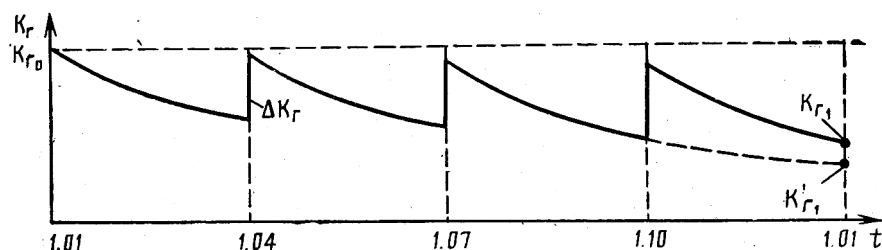


Рис. 3.4. Схема влияния технического обслуживания (ТО) на состояние готовности техники: K_{r0} – начальная готовность техники; ΔK_2 – величина восстановления готовности техники; K'_{r1} – коэффициент готовности техники при своевременном проведении всех ТО; K_{r1} – коэффициент готовности техники без проведения ТО в конце третьего квартала

Если из-за несвоевременного обеспечения денежными средствами не может быть проведено очередное техническое обслуживание, то к концу планового периода готовность снизится и будет равна не K_2 , а $K'_{r1} < K_{r1}$. Недостаточная готовность техники должна быть компенсирована или другой дополнительной техникой, которую необходимо приобретать и содержать в войсках, или проведением мероприятий неоптимальным, более дорогостоящим способом. Таким образом, ущерб (отрицательный эффект) от несвоевременного финансового или материального обеспечения измеряется теми дополнительными расходами, которые необходимо произвести для поддержания требуемого уровня боевой готовности.

Оценка ущерба или полученного положительного эффекта от своевременности и полноты обеспечения материальными и финансовыми ресурсами дает возможность охарактеризовать наиболее существенную сторону деятельности довольствующих служб и финансовых органов.

Иным должен быть подход к оценке эффективности деятельности финансовых органов по удовлетворению личного состава положенными видами денежного довольствия. Так как порядок выплаты денежного довольствия в значительной мере регламентирован путем установления должностных окладов, различных надбавок и норм выплаты, то главными показателями оценки результатов являются полнота и своевременность обеспечения личного состава денежным довольствием, законность расходования и сохранность денежных средств.

Соблюдение законности расходования денежных средств характеризуется количеством и суммой переплат, недоплат и неположенных выплат. Одной из количественных мер эффекта деятельности финансового органа служит также величина изменения количества и суммы

растрат и хищений, что характеризует результативность деятельности по воспитанию работников финансовой службы.

3.2.2. Сущность действующих в народном хозяйстве методик определения эффективности

В настоящее время в народном хозяйстве действуют следующие основные методики:

– Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений (утверждена Госпланом СССР и Госстроем СССР в 1981 г.);

– Методика (основные положения) определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений (утверждена постановлением Государственного комитета Совета Министров СССР по науке и технике, Госплана СССР, Академии наук СССР и Государственного комитета по делам изобретений и открытий в 1977 г.);

– Временная методика определения эффективности затрат в непроизводственную сферу (утверждена Госпланом СССР в 1981 г.).

Эффективность капитальных вложений определяется путем сопоставления получаемого при этом эффекта с размером затрат по всем источникам финансирования на создание новых, реконструкцию и расширение действующих основных фондов производственного и непроизводственного назначения, а также затрат на формирование (пополнение) оборотных средств. Расчет показателей эффективности производится с целью выбора и экономического обоснования наиболее эффективных способов освоения капитальных вложений.

При планировании капитальных вложений определяются общая (абсолютная) экономическая эффективность как отношение получаемого экономического эффекта к капитальным вложениям в данное мероприятие и сравнительная экономическая эффективность, показывающая, на сколько один вариант использования средств эффективнее другого.

Расчет общей экономической эффективности проводится по трем уровням:

– по народному хозяйству в целом, его отраслям и народному хозяйству союзных республик путем отнесения годового прироста объема произведенного национального дохода в сопоставимых ценах к вызвавшим этот прирост капитальным вложениям;

– по отраслям промышленности, сельского хозяйства, транспорта, связи как отношение прироста годового объема чистой продукции к капитальным вложениям, вызвавшим этот прирост;

– по видам производств, министерствам, объединениям и предприятиям путем отнесения прироста годового объема чистой продукции (нормативной) к капитальным вложениям, вызвавшим этот прирост.

Расчетное значение показателя эффективности сравнивается с нормативом общей (абсолютной) эффективности. Если расчетное значение не меньше норматива, то вариант капитальных вложений считается эффективным. На одиннадцатую пятилетку норматив общей (абсолютной) эффективности по народному хозяйству в целом установлен на уровне 0,14. По отраслям народного хозяйства его уровни составляют: для промышленности 0,16; для сельского хозяйства 0,07; для транспорта и связи 0,05; для строительства 0,22; для торговли, материально-технического снабжения и других отраслей 0,25.

Показатели общей (абсолютной) экономической эффективности использования действующих производственных основных фондов для отраслей промышленности, объединений и предприятий определяются как отношение чистой продукции (нормативной) к сумме производственных фондов (основных и оборотных). Рентабельность определяется как отношение прибыли к сумме тех же фондов.

Сравнительная эффективность определяется для сопоставления различных вариантов хозяйственных решений, при внедрении новой техники и т.п. Для выбора оптимального варианта, являющегося эквивалентом оценки эффективности, рассчитываются приведенные затраты по каждому из них и выбирается тот вариант, величина приведенных затрат для которого минимальна.

$$C_i + E_n K_i \rightarrow \min_i \quad (3.2)$$

где C_i – текущие затраты (себестоимость) по i -му варианту;
 E_n – нормативный коэффициент сравнительной эффективности капитальных вложений;
 K_i – капитальные вложения по i -му варианту.

Показатели K_i и C_i могут применяться как в полной сумме капитальных вложений и себестоимости годовой продукции, так и в виде удельных величин: удельных капитальных вложений на единицу продукции и себестоимости единицы продукции при обязательном соблюдении полной сопоставимости вариантов, в основе которых лежит равенство потребительского эффекта.

Нормативный коэффициент E_n по народному хозяйству в целом должен быть не ниже 0,12 и не должен отождествляться с нормативом общей эффективности. Его величина является обратной нормативному сроку окупаемости дополнительных капитальных вложений.

При ограниченном числе вариантов возможно их последовательное попарное сравнение по величине получаемого коэффициента эффективности E :

$$E = \frac{C_1 - C_2}{K_2 - K_1},$$

где C_1 , C_2 – себестоимость продукции по сравниваемым вариантам при капитальных вложениях K_1 и K_2 соответственно.

При расчетах экономической эффективности капитальных вложений должна быть обеспечена сопоставимость затрат и эффекта по срокам, ценам, характеру, перечню затрат, входящих в объем капитальных вложений, и методам определения стоимостных показателей.

Пример 3.1. Выбрать наиболее эффективный вариант строительства завода по ремонту военной техники при исходных данных, приведенных в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Показатель	Расходы, млн. руб.	
	1-й вариант	2-й вариант
Годовая программа ремонта	12	12
Объем капитальных вложений	7	14
Себестоимость ремонта	17	15

Решение. Приведенные затраты составят (при $E_n = 0,15$):

– для 1-го варианта $C_1 + E_n K_1 = 17 + 0,15 \cdot 7 = 18,05$ млн. руб. ;

– для 2-го варианта $C_2 + E_n K_2 = 15 + 0,15 \cdot 14 = 17,1$ млн. руб.

Таким образом, из двух вариантов, обеспечивающих одинаковую годовую программу ремонта, следует отдать предпочтение 2-му варианту, так как он характеризуется меньшей величиной приведенных затрат.

В случаях когда проводится реконструкция действующих предприятий с целью повышения технического уровня, сокращения текущих издержек производства при сохранении базового объема производимой продукции, оценка эффективности производится путем сопоставления экономии от снижения себестоимости с обусловившими ее капитальными вложениями.

Пример 3.2. Внедрение новой технологической линии на заводе, ремонтирующем военную технику, приводит к снижению себестоимости с $C_1 = 385$ руб. до $C_2 = 355$ руб.

Капитальные вложения, связанные с внедрением новой технологии, составят $K_2 = 467$ тыс. руб. При сохранении существующей технологии капитальные затраты будут меньшими и составят $K_1 = 120$ тыс. руб. Оценить экономическую целесообразность перехода на новую технологию. Годовой объем ремонта 400 единиц, срок службы технологической линии 5 лет.

Решение. Приведенные затраты составят:

а) по сумме капитальных вложений и годовой себестоимости продукции ($E_n=0,12$) :

– при сохранении технологии $385 \cdot 400 + 0,12 \cdot 120\,000 = 168\,400$ руб. ;

– при переходе на новую технологию $355 \cdot 400 + 0,12 \cdot 467\,000 = 198\,040$ руб. ;

б) по удельным капитальным вложениям на единицу продукции и себестоимости единицы продукции:

– при сохранении технологии $385 + \frac{120\,000}{5 \cdot 400} = 445$ руб. ;

– при переходе на новую технологию $355 + \frac{467\,000}{5 \cdot 400} = 588,5$ руб.

Результаты расчетов двумя способами показывают, что экономически целесообразен вариант сохранения существующей технологии. Для перехода на новую технологию ремонта необходимо либо уменьшить объем капитальных вложений, либо снизить себестоимость ремонта, либо найти компромиссный вариант.

Методика (основные положения) определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений предназначена для обоснования (выбора) оптимальных вариантов создания новой техники, расчета ее фактической экономической эффективности, расчета размера премий и вознаграждений за изобретения и рационализаторские предложения.

Оценка целесообразности создания и внедрения новой техники, изобретений и рационализаторских предложений производится на основе экономического эффекта, определяемого на годовой объем производства новой техники в расчетном году, т.е. годового экономического эффекта. В качестве расчетного года принимается второй или третий год серийного выпуска новой продукции. Годовой экономический эффект определяется путем сопоставления приведенных затрат по базовой и новой технике, которые представляют собой сумму себестоимости и нормативной прибыли:

$$З = C + E_n K, \quad (3.3)$$

где $З$ – приведенные затраты единицы продукции (работы), руб.;

C – себестоимость единицы продукции (работы), руб.;

E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

K – удельные капитальные вложения в производственные фонды, руб.

Для решения вопросов о целесообразности создания образцов техники, изобретений и рационализаторских предложений оборонного характера необходимо разрабатывать специальные методики, учитывающие специфику объекта анализа. Принципиальный подход к решению такого рода задач изложен в гл. 13.

Временная методика определения эффективности затрат в непромышленную сферу предназначена для анализа и расчетов при обосновании социальных и социально-экономических мероприятий по обеспечению повышения уровня материального благосостояния населения и гармоничного физического и интеллектуального развития коллективов и личностей.

Эффект затрат в непромышленную сферу выражается в натуральных измерителях (единицы мощности, пропускная способность объектов и пр.) и в относительных измерителях (баллах), позволяющих количественно измерить комплекс качественных свойств объектов непромышленного назначения (например, балльная оценка качества жилища).

Общая (абсолютная) эффективность в непромышленной сфере определяется путем соотношения прироста социального результата к приросту приведенных затрат, требуемых для достижения данного результата. Показатели общей эффективности сравниваются с нормативными показателями или с аналогичными, фактически достигнутыми в прошлом.

Сравнительная эффективность определяется в случаях выбора оптимального варианта удовлетворения определенной потребности. При тождественности результатов в различных вариантах выбирается в качестве оптимального тот из них, который обеспечивает минимум приведенных затрат с учетом сопутствующего экономического эффекта.

При заданных затратах, лимитированных исходя из имеющихся финансовых ресурсов, выбор наилучшего варианта производится на основе максимума достигаемого результата.

3.3. Вероятностный подход к оценке показателей эффективности

3.3.1. Общие положения

На ход экономических процессов и получаемый результат оказывает влияние большое количество факторов. Характер их различен. Влияние одной части факторов носит закономерный, устойчивый характер, влияние другой – случайный характер. Классики марксизма-ленинизма неоднократно подчеркивали эту важную особенность. «Экономическое положение, – писал Ф.Энгельс, – это базис, но на ход исторической борьбы также оказывают влияние и во многих случаях определяют преимущественно *форму* ее различные моменты надстройки: политические формы классовой борьбы и ее результаты – государственный строй, установленный победившим классом после выигранного сражения, и т.п., правовые формы и даже отражение всех этих действительных битв в мозгу участников, политические, юридические, философские теории, религиозные воззрения и их дальнейшее развитие в систему догм. Существует взаимодействие всех этих моментов, в котором экономическое движение как необходимое в конечном счете прокладывает себе дорогу сквозь бесконечное множество случайностей (то есть вещей и событий, внутренняя связь которых настолько отдалена или настолько трудно доказуема, что мы можем пренебречь ею, считать, что ее не существует). В противном случае применять теорию к любому историческому периоду было бы легче, чем решать простое уравнение первой степени»¹.

Таким образом, Энгельс подчеркивал, что случайность существует объективно и нужно учитывать наличие и воздействие случайных факторов. При этом важно отметить, что наличие случайности не есть результат нашего незнания существа экономического процесса. Получение конечного результата, являющееся в каждом случае превращением возможности в действительность, включает в себя как закономерное, так и случайное. Поэтому действительность как реализованная возможность обладает множеством случайных черт, а каждая конкретная реализованная возможность объективно выступает как случайность. Признавая объективное существование случайности, необходимо ее изучать и использовать в управлении военно-экономическими процессами. Анализируя официальный финансовый отчет, К.Маркс отмечал, что «отчет свидетельствует, с одной стороны, о гибкости дополнительных источников английского бюджета, а с другой стороны, о том, что подсчеты, основанные на теории вероятности, не являются *forte*² английских финансистов»³.

Рассмотрим в качестве примера данные о суммах выплаченного денежного довольствия военнослужащим (y) и количеством выплат (x) по шести раздаточным ведомостям (табл. 3.3). Если сравнить размеры единичных выплат по различным ведомостям (y/x), то выясняется, что эта величина не является постоянной. Имеются отклонения средних единичных выплат в различных ведомостях и от общего среднего, которое равно

$$\frac{48,2 + 181,7 + 134,2 + 95,8 + 67,3 + 141,5}{11 + 45 + 32 + 25 + 15 + 36} = 4,08 \text{ руб.}$$

Таблица 3.3

Сумма выплаченного денежного довольствия (y), руб.	Количество выплат, (x)	Средний размер единичной выплаты (y/x)
48,2	11	4,38
181,7	45	4,04
134,2	32	4,19
95,8	25	3,83
67,3	15	4,49
141,5	36	3,93

1 Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 37. с.394-3958.

2 forte – сильной стороной.

3 Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 11. с. 588.

В то же время существует очевидная тенденция увеличения суммы выплат с увеличением их количества. Следовательно, с одной стороны, имеется тенденция к росту суммы выплат с увеличением их количества, с другой – имеются отклонения от устойчивой тенденции. Анализируя такого рода явления, следует иметь в виду, что закономерность не может проявиться иначе как в средней, общественно-массовой закономерности при взаимопогашении индивидуальных отклонений в ту или другую сторону.

Фактор случайности проявляется при формировании не только экономических показателей, но и показателей, характеризующих результат осуществления мероприятий. Более того, в значительном числе случаев результат деятельности измеряется вероятностными характеристиками. Например, для оценки результатов боевого применения вооружения вероятностные показатели типа «вероятность поражения цели» используются весьма широко. Показатели результатов боевой подготовки подразделений, частей и соединений являются, по существу, не чем иным, как вероятностью успешного выполнения личным составом стоящих перед ним задач. Кроме того, вероятностные характеристики широко используются при решении задач нахождения оптимальных планов осуществления мероприятий методами линейного программирования, теории массового обслуживания, теории игр (см. гл. 7, 8, 10).

Наиболее широко вероятностные характеристики используются при статистическом анализе финансово-экономических показателей (см. гл. 4), при анализе тесноты связи между экономическими показателями и факторами, влияющими на их величину (см. гл. 5), а также при прогнозировании их значений (см. гл. 6). Это обстоятельство требует от специалиста знаний основ теории вероятностей и математической статистики.

3.3.2. Основные понятия теории вероятностей

Теория вероятностей – это наука, изучающая закономерности в случайных явлениях. Она рассматривает события, наступление которых заранее с полной уверенностью предсказать нельзя. Такие события называются случайными. Примеры случайных событий: появление ошибки в раздаточной ведомости, поражение мишени боеприпасом.

Анализ реальных ситуаций позволяет утверждать, что каждому случайному событию можно поставить в соответствие некоторое число, которое называется вероятностью этого события. Некоторым событиям соответствует очень устойчивое значение вероятности. Например, вероятность рождения мальчика равна 0,514; бригады, работающие приблизительно в равных условиях, имеют разную производительность труда, но большая часть отдельных показателей группируется относительно наиболее характерной, наиболее часто встречающейся величины.

Индивидуальные особенности каждого события сглаживаются в большой серии однородных событий и образуют некоторую закономерность. Средний, устойчивый результат называется как бы неслучайным. Изучение устойчивых тенденций в случайных явлениях помогает целенаправленно влиять на их ход, ограничивать сферу случайности путем изучения факторов, влияющих на отклонения от складывающейся тенденции. В этом состоит практическая ценность теории вероятностей.

Одним из основных понятий в теории вероятностей является событие, под которым понимается всякий факт, который может произойти или не произойти. Например, событие А – обнаружение финансового нарушения при ревизии финансово-хозяйственной деятельности части, событие Б – попадание в мишень при выстреле. Различают события достоверные и невозможные. Достоверным считается такое событие, которое обязательно должно произойти. Ему приписывается вероятность, равная единице. Невозможное событие – противоположное достоверному, т.е. такое, которое не может произойти. Ему приписывается вероятность, равная нулю. Таким образом, диапазон значений вероятностей любых событий представляет собой ряд чисел от 0 до 1.

Если произведена серия из n опытов, в которых событие А может произойти или не произойти, то отношение числа опытов (m), в которых событие А произошло, к общему числу опытов называется частотой события А или его статистической вероятностью $P^*(A)$ и вычисляется по формуле

$$P^*(A) = \frac{m}{n}$$

Например, если ревизией проверено 400 документов и в пяти из них обнаружены нарушения в оформлении, то частота события А, состоящего в появлении нарушения, равна

$$P^*(A) = \frac{m}{n} = \frac{5}{400} = 0,0125 \text{ или } 1,25\%$$

Частота наступления события определяется из опыта, из практики. Для характеристики предстоящих событий вводится понятие вероятность $P(A)$. В этом случае m – число случаев, благоприятствующих наступлению события А в общей серии из n опытов. Тогда $P(A) = \frac{m}{n}$.

Если в результате опыта непременно должно появиться хотя бы одно из ожидаемых событий, то вся совокупность этих событий образует полную группу событий. Например, при выстреле может произойти или попадание в мишень, или промах. Если в данном опыте появление одного события исключает возможность появления другого, то такие события называются несовместными. Результаты опытов, а следовательно, и величины, которые их характеризуют, могут быть зависимыми и независимыми. Опыты называются независимыми, если вероятность того или иного исхода каждого опыта не зависит от того, какие исходы имели другие опыты.

Рассмотрим основные теоремы теории вероятностей. Первая теорема определяет вероятность суммы двух несовместных событий. Под суммой любых двух событий понимается новое событие, которое состоит в том, что произошло одно из них или оба вместе. Например, под событием А понимается обнаружение недостачи денежных средств в кассе воинской части при внезапной проверке, событие В – обнаружение недостачи при другой проверке. Тогда событие $B = A + B$ – обнаружение недостачи вообще, независимо от того, когда она обнаружена. Таким образом, суммой двух или нескольких событий называется событие, заключающееся в появлении хотя бы одного из них.

Произведением нескольких событий называется событие, состоящее в совместном появлении всех этих событий. Если событие А – совпадение номера облигации с номером в таблице выигрышей, событие В – совпадение серии, то событие В – выигрыш по облигации – наступает лишь при совместном наступлении событий А и В.

От понятия суммы и произведения событий перейдем к определению вероятностей суммы и произведения событий. Вероятность суммы двух несовместных событий равна сумме их вероятностей, т.е.

$$P(A+B) = P(A) + P(B)$$

Допустим, известны вероятности того, что потребности в денежных средствах воинской части будут находиться в определенных пределах (табл. 3.4).

Таблица 3.4

Диапазон потребности, тыс.руб.	Вероятность возникновения такой потребности	Обозначение события
25–30	0,15	А
31–40	0,25	Б
41–50	0,3	В
51–60	0,3	Г

Необходимо найти вероятность того, что потребности воинской части будут больше 40 тыс. руб. (вероятность события Д).

Используя формулу для вероятности суммы двух несовместных событий и данные табл. 3.4, получим

$$P(D) = P(B+Г) = P(B) + P(Г) = 0,3 + 0,3 = 0,6$$

Из теоремы о сложении вероятностей вытекают важные следствия:

1) если события A, B, \dots образуют полную группу событий, то сумма их вероятностей равна единице.

Например, в табл. 3.4 весь диапазон потребностей в денежных средствах образует полную группу событий. Действительно,

$$P(A+B+B+\Gamma)=0,15+0,25+0,3+0,3=1 \quad ;$$

2) сумма вероятностей противоположных событий равна единице. Например, если вероятность того, что потребность воинской части будет больше 40 тыс.руб., равна 0,6, то вероятность противоположного события (потребность составляет не более 40 тыс.руб.)

$$P(A+B)=1-P(B+\Gamma)=1-(0,3+0,3)=0,4 \quad .$$

Действительно, из табл. 3.4 видно, что $P(A+B)=0,15+0,25=0,4 \quad .$

Для формулирования теоремы об умножении вероятностей вводится понятие условной вероятности $P(B/A)$, под которой понимается вероятность свершения события B , вычисленная при условии, что событие A произошло. Тогда вероятность произведения двух событий равна $P(AB)=P(A)P(B/A)$. Вероятность произведения независимых событий A и B равна произведению вероятности этих событий, т.е. $P(AB)=P(A)P(B)$. Событие A называется независимым от события B , если вероятность события A не зависит от того, произошло событие B или нет.

Рассмотрим примеры с независимыми и зависимыми событиями.

Пример с независимыми событиями. Считая вероятность безотказной работы любого гусеничного тягача в течение суток равной 0,95, найти вероятность безотказной работы двух тягачей. Считая события A и B , состоящие в безотказной работе в течение суток соответственно первого и второго тягачей независимыми и применяя к ним теорему умножения вероятностей, получим: $P(AB)=0,95 \cdot 0,95=0,9025$.

Пример с зависимыми событиями. В соединении имеется семь воинских частей, в четырех из них состояние финансово-хозяйственной деятельности хорошее, в трех – удовлетворительное. При ревизии финансовой службой округа выбраны для проверки две воинские части. Определить вероятность того, что обе выбранные части имеют хорошие показатели финансово-хозяйственной деятельности.

Обозначим A_1 и A_2 события, состоящие в выборе воинских частей с хорошим состоянием финансово-хозяйственной деятельности. Вероятность события A_1 равна $P(A_1)=\frac{4}{7}$.

Учитывая, что после выбора первой части их осталось на одну меньше, $P(A_2/A_1)=\frac{3}{6}$. Тогда вероятность того, что обе выбранные части имеют хорошие показатели, равна

$$P(A)=P(A_1)P(A_2/A_1)=\frac{4}{7} \cdot \frac{3}{6}=\frac{2}{7} \quad .$$

Для совместных событий A и B вероятность суммы этих событий определяется по формуле $P(A+B)=P(A)+P(B)-P(AB)$ (рис. 3.5), где $P(AB)$ – вероятность совместного наступления событий A и B одновременно.

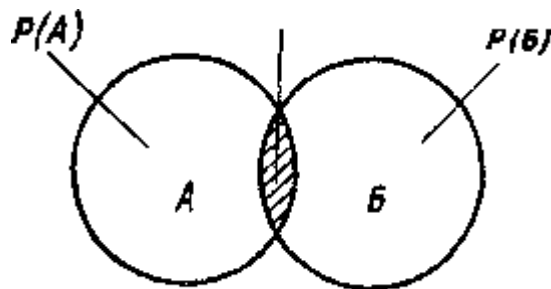


Рис. 3.5. Диаграмма вероятности совместных событий

Например, два стрелка стреляют по мишени, причем вероятность попадания в цель одного стрелка 0,7, а другого – 0,8. Определить вероятность поражения мишени, если каждый стрелок сделал по одному выстрелу.

Пусть А – событие, состоящее в поражении мишени первым стрелком, В – вторым стрелком, С – любым стрелком. Тогда с учетом теоремы умножения вероятностей $P(C) = P(A) + P(B) - P(AB) = 0,7 + 0,8 - 0,7 \cdot 0,8 = 0,94$.

Следствием основных теорем является формула полной вероятности.

Событие А может произойти вместе с одним из событий H_1, H_2, \dots, H_n , образующих полную группу несовместимых событий (гипотез). Тогда вероятность события А вычисляется как сумма произведений вероятности каждой гипотезы на вероятность события при этой гипотезе, т.е.

$$P(A) = \sum_i P(H_i)P(A/H_i)$$

Из формулы полной вероятности можно получить одно важное для практики выражение. Вероятность совместного события, состоящего в одновременном наступлении нескольких событий, равна произведению вероятностей их наступления. Для случая нескольких независимых событий, когда необходимо определить, наступило ли хотя бы одно из них, требуются дополнительные преобразования.

Найдем вероятность достижения цели посредством повторных действий, если при каждом из них достигается уровень, равный некоторому значению P_1 . В простейшем случае при двух действиях (например, выстрелах) возможны следующие исходы:

- оба действия оказались успешными (оба выстрела оказались точными);
- первое действие удачно, второе – неудачно;
- второе действие удачно, первое – неудачно;
- оба действия неудачны.

Тогда вероятность достижения цели после двух действий P_2 равна сумме вероятностей первых трех (благоприятствующих) исходов, т.е.

$$P_2 = P_1 P_1 + P_1(1 - P_1) + (1 - P_1)P_1 = 2P_1 - P_1^2 + 1 - 1 = 1 - (1 - P_1)^2$$

Обобщая результаты для любого числа действий n , можно получить формулу для вероятности достижения цели после n действий:

$$P_n = 1 - (1 - P_1)^n \tag{3.4}$$

Например, если при контроле документов вероятность, обнаружения ревизором ошибки $P_1 = 0,90$, то вероятность обнаружения ошибки после двух (трех) проверок составит:

$$P_2 = 1 - (1 - 0,90)^2 = 0,99;$$

$$P_3 = 1 - (1 - 0,90)^3 = 0,999;$$

Если для поражения цели используется несколько разнородных средств и вероятности их составляют P_{11}, P_{12} и т.д., а количество выстрелов соответственно равно n_1, n_2 и т.д., то, используя теорему умножения вероятностей независимых событий для случая одновременного наступления событий, можно записать выражение для вероятности поражения цели n выстрелами:

$$P_n = 1 - (1 - P_{11})^{n_1} (1 - P_{12})^{n_2} \dots \tag{3.5}$$

3.3.3. Случайные величины и законы их распределения

Аналогично тому, как под событием понимается всякий факт, который либо происходит в действительности, либо не происходит, а в будущем может произойти с определенной вероятностью P ($P = 1 - q = 0 \div 1$), случайной величиной называется такая величина, про которую нельзя сказать заранее с полной достоверностью, какое она примет числовое значение.

Например, число пассажиров в автобусе, количество переплат, недоплат и неположенных выплат в соединении за ревизуемый период.

Случайные величины бывают непрерывными и дискретными (прерывными). Случайная величина является дискретной, если возможные ее значения могут быть перечислены. Например, число документов, подшитых в дело, – случайная дискретная величина. Если возможные значения случайной величины непрерывно заполняют некоторый промежуток, то такая величина называется непрерывной (например, скорость движения автомобиля). Случайные величины обычно обозначаются большими буквами (например, X), их конкретные значения – малыми (x_1, x_2, \dots, x_n).

От случайных величин можно переходить к случайным событиям и наоборот. Если рассматривать событие A как случайную величину X , то можно говорить, что ее значение $x_1=1$, если событие совершилось, и $x_2=0$, если оно не совершилось.

Далее, дискретная величина X может принимать значения x_1, x_2, \dots, x_i . Каждому значению x_i , может быть поставлена в соответствие определенная вероятность его появления P_i . Будем считать, что события, состоящие в том, что величина X принимает одно из возможных значений x_i ($i=1, 2, \dots, n$), являются несовместными и образуют полную группу событий.

Поэтому $\sum_{i=1}^n P_i=1$ т.е. сумма вероятности появления всех возможных значений случайной величины X равна единице. Таблица, содержащая значения случайных величин и вероятности их появления, называется рядом распределения.

Форма ряда распределения представлена в табл. 3.5.

Таблица 3.5

Значение случайной величины X	x_1	x_2	...	x_i	...	x_n
Вероятность появления величины X	P_1	P_2	...	P_i	...	P_n

Случайная величина X будет полностью описана с вероятностной точки зрения, если будет задано ее распределение в виде табл. 3.5. Это означает, что задан так называемый закон распределения случайной величины X . Законом распределения случайной величины называется всякое соотношение (в виде таблицы, графика, формулы), устанавливающее связь между возможными значениями случайной величины и соответствующими им вероятностями. Тогда про случайную величину говорят, что она описывается данным законом распределения.

Кроме табличной (см. табл. 3.5) используется графическая форма представления закона – многоугольник распределения, когда на оси абсцисс откладываются возможные значения случайной величины, а по оси ординат – их вероятности. Например, при выборочной проверке из дела взяты три документа, каждый из которых оформлен неправильно с вероятностью 0,2. Рассматривается случайная величина X – число появлений неправильно оформленных документов. Построим таблицу и многоугольник распределения. Обозначим через x_i число неправильно оформленных документов.

Возможны четыре исхода (возможных значений числа x):

- $x_1=0$ – все документы правильны;
- $x_2=1$ – из трех документов один неправильный;
- $x_3=2$ – из трех документов два неправильных;
- $x_4=3$ – все три документа неправильны.

Вероятность того, что все документы правильны, равна

$$P(x_1=0)=(1-0,2)^3=0,512 .$$

Соответственно

$$P(x_2=1)=0,2(1-0,2)(1-0,2)+(1-0,2)0,2(1-0,2)+(1-0,2)(1-0,2)0,2=0,384 ;$$

$$P(x_3=2)=0,2 \cdot 0,2(1-0,2)+0,2(1-0,2)0,2+(1-0,2)0,2 \cdot 0,2=0,096 \quad ;$$

$$P(x_4=3)=0,2^3=0,008 \quad .$$

Тогда таблица и многоугольник распределения будут иметь вид, как в табл. 3.6 и на рис. 3.6.

Таблица 3.6

x_i	0	1	2	3
P_i	0,512	0,384	0,096	0,008

В некоторых случаях интересы практики требуют ответа не на вопрос, какова вероятность события $X=x_i$, а на вопрос, какова вероятность того, что случайная величина X не превысит какого-то значения, т.е. требуется найти $P(X < x_i)$. Эта вероятность при заданном законе распределения зависит только от величины x_i , т.е. является функцией от x_i . Эта функция называется функцией распределения случайной величины X и обозначается

$$F(x)=P(X < x_i) \quad .$$

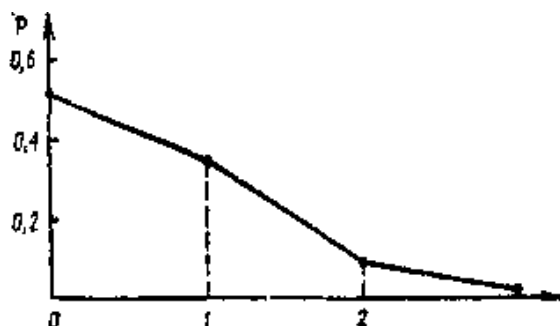


Рис. 3.6. Многоугольник распределения

Функция распределения означает вероятность того, что случайная величина X меньше некоторого значения x_i . Функция распределения иногда называется интегральной функцией или интегральным законом распределения и является универсальной характеристикой случайной величины.

Для примера, результаты решения которого представлены в табл. 3.6, можно определить:

$$P(X < 0)=0 \quad ;$$

$$P(X < 1)=0,512 \quad ;$$

$$P(X < 2)=0,512+0,384=0,896 \quad ;$$

$$P(X < 3)=0,896+0,096=0,992 \quad ;$$

$$P(X < 4)=0,992+0,008=1 \quad .$$

Интегральный закон распределения дискретной случайной величины для данного примера будет иметь вид возрастающей ступенчатой функции (рис. 3.7).

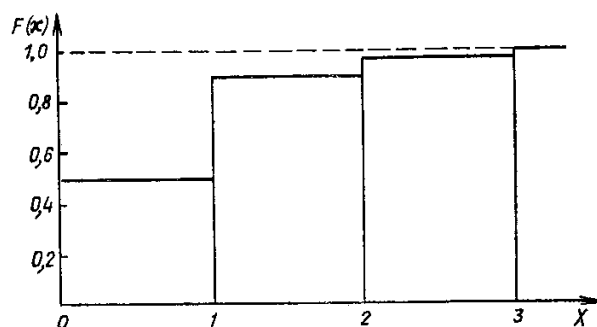


Рис. 3.7. Функция распределения дискретной случайной величины

Если уменьшать до нуля интервалы между возможными значениями случайной величины X , то функция распределения будет иметь вид плавной кривой (рис. 3.8).

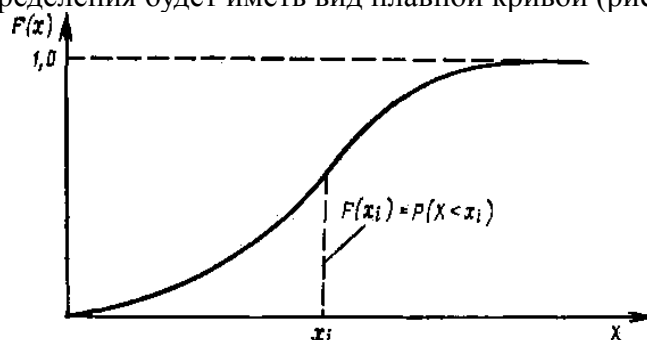


Рис. 3.8. Функция распределения непрерывной случайной величины

Функции распределения имеют следующие свойства.

1. Функция $F(x)$ есть неубывающая функция своего аргумента, т.е. при $x_2 > x_1$ $F(x_2) \geq F(x_1)$.
2. При $x \rightarrow -\infty$ $F(-\infty) \rightarrow 0$ т.е. если взять какую угодно малую величину x_i , то вероятность $P(X < x_i) = 0$.
3. При $x \rightarrow +\infty$ $F(+\infty) \rightarrow 1$. Следовательно, если взять все значения X от $-\infty$ до $+\infty$, то событие становится достоверным и вероятность его совершения равна единице.

Важно отметить, что ординаты функции $F(x)$ на графике (см. рис. 3.8) представляют собой вероятность того, что случайная величина X меньше x_i . Если взять отрезок на оси X , обозначить левую границу отрезка α , правую — β ($\alpha < \beta$) и найти $F(\alpha)$ и $F(\beta)$, то можно определить вероятность попадания случайной величины X на участок от α до β (рис. 3.9). Она будет равна разнице между $F(\beta)$ и $F(\alpha)$, т.е.

$$P(\alpha < x < \beta) = F(\beta) - F(\alpha) \quad (3.6)$$

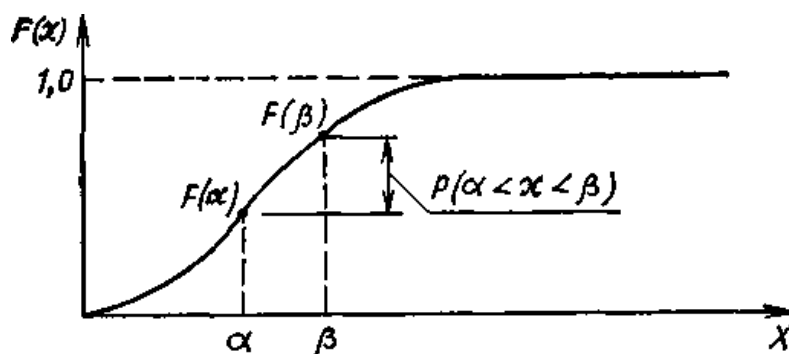


Рис. 3.9. Вероятность попадания случайной величины на участок от α до β

В ранее рассмотренном примере (см. рис. 3.8) вероятность того, что в трех документах число неправильно оформленных будет находиться в диапазоне от 1 до 2, равна

$$P(1 < x < 2) = F(2) - F(1) = 0,896 - 0,512 = 0,384$$

Если рассмотреть достаточно маленький участок от x до $x + \Delta x$ и отнести к его длине величину приращения функции $F(x)$, то в пределе можно получить производную. Обозначим ее $f(x)$, т.е.

$$f(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{F(x + \Delta x) - F(x)}{\Delta x} \quad (3.7)$$

Она характеризует как бы плотность, с которой распределяются значения случайной величины на оси X . Функция $f(x)$, являющаяся производной функции распределения $F(x)$, называется функцией плотности распределения случайной величины X . График этой функции представлен на рис. 3.10. Из рис. 3.10 видно, что произведение $f(x)\Delta x$ численно равно разнице ординат: $F(x + \Delta x) - F(x)$.

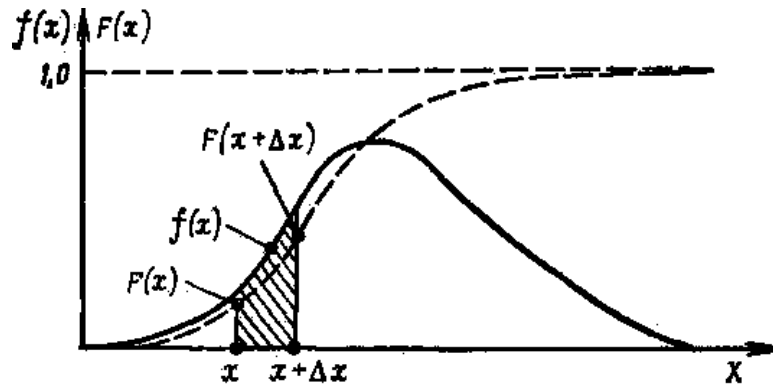


Рис. 3.10. Функция плотности $f(x)$ и функция распределения $F(x)$

Если просуммировать $f(x)\Delta x$ на участке изменения X от $-\infty$ до $+\infty$, т.е. найти площадь под функцией плотности распределения, то получим

$$F(+\infty) - F(-\infty) = 1 - 0 = 1 \quad .$$

3.3.4. Числовые характеристики случайных величин и основные законы распределения

В тех случаях, когда вид закона распределения случайной величины известен заранее, необязательно получать сам закон распределения (см. табл. 3.6 или рис. 3.6). Достаточно знать лишь основные числовые характеристики закона распределения. Числовые характеристики случайной величины – это такие показатели, которые в сжатой форме выражают наиболее существенные особенности случайной величины. К ним относятся математическое ожидание, дисперсия, среднее квадратическое отклонение и др.

Математическое ожидание, являясь характеристикой положения, определяет точку на числовой оси, относительно которой группируются все возможные значения случайной величины. **Математическим ожиданием дискретной случайной величины** называется сумма произведений всех ее возможных значений x_i на их вероятности P_i :

$$m_x = x_1 P_1 + x_2 P_2 + \dots + x_n P_n = \sum_{i=1}^n x_i P_i \quad , \quad (3.8)$$

Для непрерывной случайной, величины математическое ожидание выражается интегралом

$$m_x = \int_{-\infty}^{+\infty} x f(x) dx \quad ,$$

где $f(x)$ – функция плотности распределения величины X .

Для данных табл. 3.6 среднее число неправильно оформленных документов составит

$$m_x = 0,512 \cdot 0 + 0,334 \cdot 1 + 0,096 \cdot 2 + 0,008 \cdot 3 = 0,6 \quad .$$

Однако на практике мало знать только математическое ожидание. Важно знать степень разброса (рассеивания) значений случайных величин относительно математического ожидания. Для оценки меры рассеивания используется числовая характеристика, называемая **дисперсией**. Она определяется как сумма произведений квадратов отклонений значений дискретной случайной величины от ее математического ожидания на вероятности этих значений:

$$D_x = \sum_{i=1}^n (x_i - m_x)^2 P_i \quad .$$

Для непрерывной случайной величины

$$D_x = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - m_x)^2 f(x) dx \quad .$$

Более употребительной является характеристика, называемая **средним квадратическим отклонением** σ_x и определяемая как корень квадратный из дисперсии:

$$\sigma_x = \sqrt{D_x} \quad (3.9)$$

Для примера из табл. 3.6

$$D_x = (0 - 0,6)^2 0,512 + (1 - 0,6)^2 0,384 + (2 - 0,6)^2 0,096 + (3 - 0,6)^2 0,008 = 0,48 ;$$

$$\sigma_x = \sqrt{0,48} = 0,693 .$$

К числу часто встречающихся законов распределения относятся закон равномерной плотности и нормальный закон.

Закон равномерной плотности используется для описания случайных величин, значения которых находятся в пределах некоторого интервала от α до β с одинаковой вероятностью (рис. 3.11), т.е. обладают одной и той же плотностью вероятности.

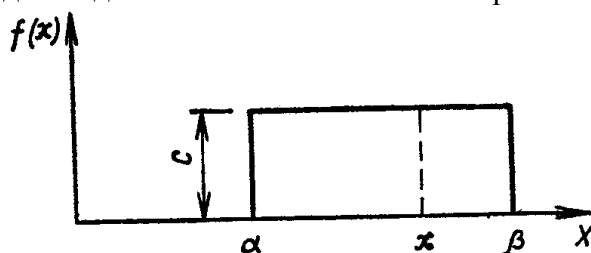


Рис. 3.11. Функция равномерной плотности распределения

Выражение для закона равномерной плотности распределения имеет вид

$$f(x) = \begin{cases} C & \text{при } \alpha \leq x \leq \beta; \\ 0 & \text{при } x < \alpha, x > \beta. \end{cases}$$

Поскольку площадь под функцией распределения равна единице, то $C(\beta - \alpha) = 1$. Отсюда

$$C = \frac{1}{\beta - \alpha} .$$

Для закона равномерного распределения математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение определяются из соотношений

$$m_x = \frac{\alpha + \beta}{2} \quad \text{и} \quad \sigma_x = \frac{\beta - \alpha}{2\sqrt{3}} .$$

Интегральная функция закона равномерной плотности $F(x)$ имеет вид прямой (рис. 3.12). Ординаты Ax при любом значении X численно равны площади прямоугольника $C(x - \alpha)$ (см. рис. 3.11). Естественно, что в начале интервала при $x = \alpha$ $F(x) = C(\alpha - \alpha) = 0$, а при $x = \beta$ $F(x) = C(\beta - \alpha) = 1$.

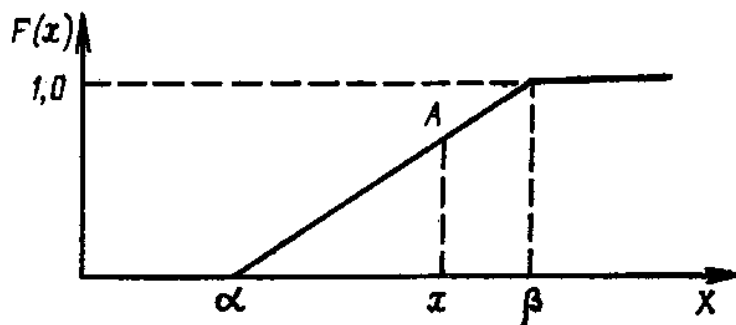


Рис. 3.12. Функция равномерного распределения

Нормальный закон распределения наиболее часто встречается в практике анализа случайных величин, на которые действует множество факторов. При этом функция плотности распределения симметрична относительно m_x (рис. 3.13) и описывается зависимостью

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma_x^2}} \quad (3.10)$$

где π – постоянная величина, равная 3,14159;
 e – основание натуральных логарифмов, равное 2,71828;
 σ_x – среднее квадратическое отклонение [см. формулу (3.9)];
 m_x – математическое ожидание случайной величины.

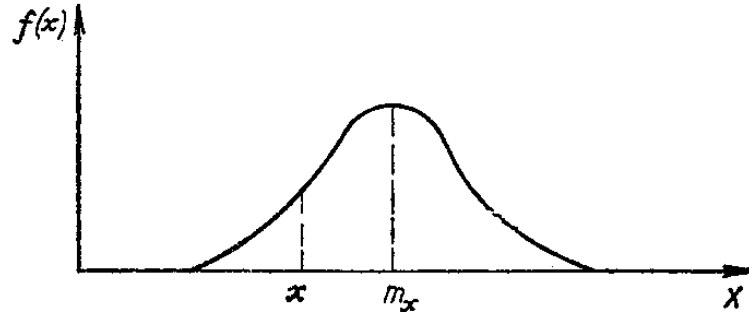


Рис. 3.13. Функция плотности нормального закона распределения

Максимальное значение ординаты соответствует значению $x = m_x$ и равно $1 : \sigma_x \sqrt{2\pi}$. При $|x| \rightarrow \infty$ кривая плотности распределения стремится к нулю. Интегральная функция распределения $F(x)$ будет равна

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(x) dx \quad (3.11)$$

и имеет вид, представленный на рис. 3.14. Для практического вычисления значений $f(x)$ и $F(x)$ делается замена переменной $t = \frac{x - m_x}{\sigma_x}$, где t называется нормирующей величиной и соответствует функции распределения нормально распределенной случайной величины с $m_x = 0$ и $\sigma_x = 1$. Тогда функция, выраженная формулой (3.11), примет вид

$$\Phi^*(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (3.12)$$

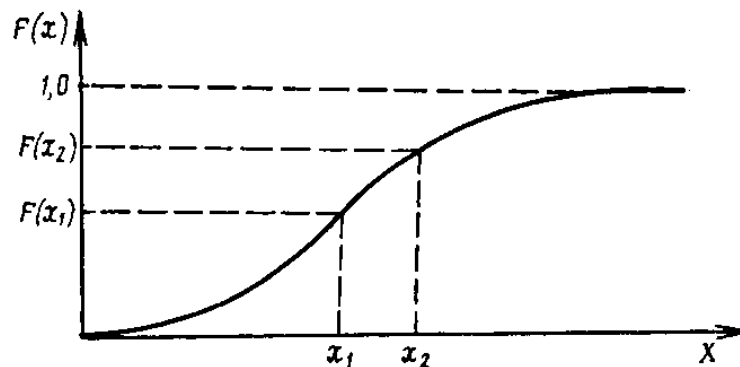


Рис. 3.14. Интегральная функция распределения

Для функции $\Phi^*(x)$ разработаны специальные таблицы (приложение 1). После введения новой переменной можно записать

$$F(x) = \Phi^*(t) = \Phi^*\left(\frac{x - m_x}{\sigma_x}\right).$$

Пользуясь выражением для $\Phi^*(x)$ и учитывая формулу (3.6), можно определить вероятность попадания случайной величины x на участок от α до β :

$$P(\alpha < x < \beta) = \Phi^*\left(\frac{\beta - m_x}{\sigma_x}\right) - \Phi^*\left(\frac{\alpha - m_x}{\sigma_x}\right) \quad (3.13)$$

Формула (3.13) используется для решения широкого круга задач. Значительный интерес представляет оценка вероятности попадания случайных величин на фиксированные интервалы, показанные на рис. 3.15. Расчеты показывают, что вероятности попадания случайных величин на участки в одну сигму равны соответственно 0,34; 0,14 и 0,02 (сумма – 0,5). На основе таких расчетов сформулировано правило «трех сигм», которое утверждает, что при нормальном законе распределения практически все возможные значения (точнее, 99,7%) случайной величины укладываются в интервал от минус $3\sigma_x$ до плюс $3\sigma_x$.

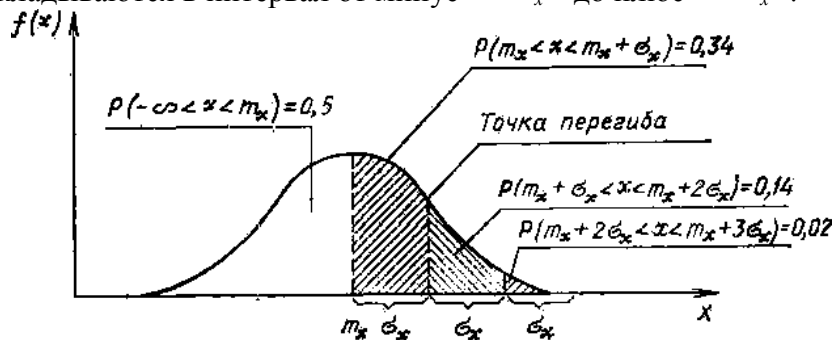


Рис. 3.15. Правило «трех сигм»

Например, установлено из опыта, что математическое ожидание поступления от воинских частей окружного подчинения в финансовую службу округа сведений по форме № 52/фс $m_x = 12$ апреля, а разброс отдельных поступлений характеризуется средним квадратическим отклонением $\sigma_x = 2$ дня. Значит, в диапазоне от $m_x - \sigma_x$ до $m_x + \sigma_x$, т.е. в период 10–14 апреля, поступит наибольшая часть (~70%) сведений. Такие данные позволяют лучше спланировать обработку поступающих сведений. Практическое использование правила «трех сигм» состоит также и в том, что, зная только минимальное x_{min} и максимальное x_{max} значения величины X , а также считая закон распределения X нормальным, можно ориентировочно подсчитать математическое ожидание

$$m_x = \frac{x_{min} + x_{max}}{2}$$

и среднее квадратическое отклонение

$$\sigma_x = \frac{x_{max} - x_{min}}{6}.$$

В некоторых частных случаях (в частности, в теории боевой эффективности) для характеристики разброса используется не среднее квадратическое отклонение σ_x , а **срединное**, или **вероятное**, отклонение E_x , которое равно $E_x = 0,674 \sigma_x$. Вероятное отклонение E_x – это половина длины участка оси абсцисс, симметричного относительно m_x , на который опирается половина площади под кривой распределения. Иногда говорят, что E_x – это половина полосы лучшей половины попаданий. Если в качестве меры рассеивания используется срединная ошибка E_x , то формула (3.13) будет иметь следующий вид:

$$P(\alpha < x < \beta) = \frac{1}{2} \left[\hat{\Phi}\left(\frac{\beta - m_x}{E_x}\right) - \hat{\Phi}\left(\frac{\alpha - m_x}{E_x}\right) \right] \quad (3.14)$$

В этом случае интегральная функция $\hat{\Phi}\left(\frac{x-m_x}{E_x}\right)$ называется **приведенной функцией Лапласа**, а вероятности попадания случайной величины на участки $m_x + E_x$, $m_x + 2E_x$ и т.д. показаны на рис. 3.16.

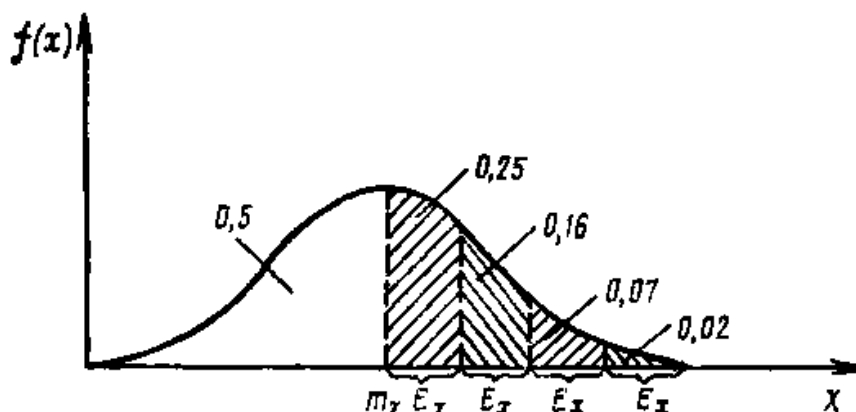


Рис. 3.16. Распределение случайной величины, измеренное срединной ошибкой

3.4. Методы оценки эффективности потребления конечного военного продукта

3.4.1. Факторы, определяющие боевую эффективность

Военная продукция проходит стадии производства, распределения, обмена и потребления. Завершающая стадия – потребление конечного военного продукта – является очень существенной. Если на первых трех стадиях определяются требования к военной технике, проводятся опытно-конструкторские работы, осуществляются серийное производство и транспортировка военной продукции, то на стадии потребления проверяется на практике конечная эффективность, зависящая от результатов деятельности на всех предшествующих стадиях.

Действительно, обоснованность требований к тактико-техническим характеристикам военной техники, способы проведения испытаний военной техники, уровень технологической оснащённости серийного производства, качество контроля выходных характеристик образцов вооружения, способы транспортировки, хранения и технического обслуживания техники проявляются в эффективности конечного военного продукта.

В соответствии с функциональной структурой военного производства конечная военная продукция включает в себя две основные части: предметы личного и коллективного потребления военнослужащих и военную технику. Личное потребление регулируется экономическими законами социализма. Здесь действует система продовольственного, вещевого и денежного довольствия. Она обеспечивает нормальную жизнедеятельность военнослужащих, создает условия для поддержания их способности к воинскому труду с учетом специфики дислокации и характера функционирования частей и соединений армии и флота.

Завершающим актом процесса реализации военно-экономических возможностей государства является потребление военной техники, приводимой в действие военнослужащими. В мирное время потребление конечной военной продукции происходит в процессе боевой подготовки войск, в военное время – при использовании военной техники по прямому назначению в ходе вооруженной борьбы.

Количественно эффективность потребления конечного военного продукта оценивается **показателями боевой эффективности**, под которыми понимаются числовые характеристики наносимого противнику ущерба или расхода боевых средств.

На величину показателей боевой эффективности влияют факторы, характеризующие содержание задач и условия их выполнения, тактико-технические характеристики военной техники, способы ее боевого использования и обеспечения технической готовности, а также

уровень боевой и политической подготовки личного состава. К числу этих факторов относятся:

- 1) вид, размеры, защищенность и подвижность целей;
- 2) точность определения исходных данных для ведения огневого воздействия по целям, техническое рассеивание боеприпасов, время суток, метеоусловия и др.;
- 3) поражающее действие боеприпасов;
- 4) дальность стрельбы и боевая скорострельность;
- 5) количество и качество (характеристики ТТХ) боевых средств, привлекаемых для поражения объектов противника;
- 6) надежность военной техники;
- 7) уровень подготовленности личного состава, его моральный дух;
- 8) степень противодействия противника.

Все факторы в зависимости от возможности влияния на них в условиях деятельности войск можно условно разделить на внешние и внутренние. К внешним факторам относятся характер целей и противодействие противника, а также ТТХ военной техники, поступающей в войска. В условиях деятельности войск можно в определяющей степени воздействовать на внутренние факторы, к которым относятся уровень специальной подготовки (обученности личного состава) и техническая готовность вооружения,

В условиях войсковой деятельности можно в определяющей степени воздействовать на фактор уровня обученности войск (см. гл. 11), в значительной мере – на уровень технической готовности вооружения путем рациональной организации его содержания, эксплуатации и ремонта и в решающей мере на количество привлекаемых боевых средств путем решения задач оптимального целераспределения (см. гл. 12).

Рассмотрим основные понятия теории боевой эффективности и методы расчета количественных значений показателей эффективности применения вооружения и военной техники.

1. Характеристика цели. В общем случае объект поражения представляет собой совокупность элементарных целей, расположенных на ограниченном пространстве. Под элементарной целью понимается такая одиночная цель, которая не может быть разделена на части без нарушения ее физической целостности (командный пункт, радиолокационная станция, танк и др.).

Размещение элементарных целей в пространстве может быть равномерным или неравномерным. Объекты с равномерной плотностью распределения элементарных целей на его площади называются площадными (взводные опорные пункты, батареи и др.).

2. Точность и кучность стрельбы. Точки падения боеприпасов отклоняются от точки прицеливания по дальности (вдоль оси X) и направлению (вдоль оси Y). Рассматриваются две группы случайных отклонений (ошибок): повторяющиеся, характеризующие точность стрельбы, и неповторяющиеся (техническое рассеивание), характеризующие кучность стрельбы (рис. 3.17).

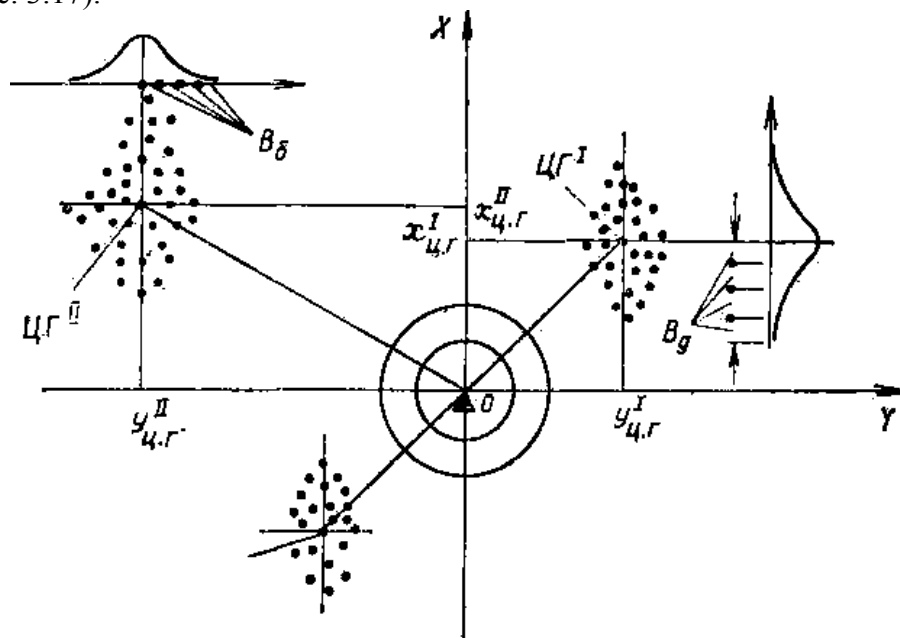


Рис. 3.17. Характеристики точности и кучности стрельбы:

0 – центр прицеливания; ЦГ^I, ЦГ^{II} – центры группирования фактических попаданий в I и II сериях стрельбы; $x_{ц.г}^I$, $x_{ц.г}^{II}$ – координаты ЦГ по дальности; $y_{ц.г}^I$, $y_{ц.г}^{II}$ – координаты ЦГ по направлению

Координаты $x_{ц.г}$ и $y_{ц.г}$ представляют собой ошибки точности стрельбы, а координаты положения точек относительно центра группирования – ошибки кучности. Ошибки точности и кучности подчинены нормальному закону распределения и характеризуются средними ошибками точности (по дальности E_x и по направлению E_y) и кучности (соответственно B_δ и B_σ).

Количественной мерой ошибки выстрела являются срединные ошибки по дальности $E_{xв}$ и по направлению $E_{yв}$. Для нормального распределения точек попадания с нулевым математическим ожиданием

$$E_{xв} = \sqrt{E_x^2 + B_\delta^2} \quad \text{и} \quad E_{yв} = \sqrt{E_y^2 + B_\sigma^2} \quad (3.15)$$

где E_x и E_y – срединное отклонение центров группирования по дальности и по направлению соответственно – характеристики точности;

B_δ и B_σ – срединное отклонение точек попадания относительно центра группирования по дальности и по направлению (см. рис. 3.17) – характеристики кучности.

Значения E_x и E_y определяются исходя из того, что точки, соответствующие центрам группирования, являются отдельными наблюдениями при формировании закона распределения ошибок точности стрельбы (отдельно по оси X и по оси Y).

3. Характеристики поражающего действия боеприпасов зависят от свойств и мощности боеприпасов (ударной волны, осколков, проникающей радиации и др.), а также от вида и степени защищенности цели. Различают зоны достоверного поражения, недостоверного поражения и безопасных взрывов (рис. 3.18). Для упрощения расчетов зону достоверного поражения обычно расширяют за счет зоны недостоверного поражения. Считается, что цель поражена, если боеприпас попал в эту расширенную (приведенную) зону поражения радиусом r_3 . Для обычных боеприпасов приведенную зону поражения представляют в виде равнобедренного прямоугольника со сторонами $2l_x$ (по дальности) и $2l_y$ (по направлению) ($\pi r_3^2 = 4l_x l_y$). Для ядерных боеприпасов приведенная зона поражения имеет вид круга с радиусом R . Характеристики точности, кучности и поражающего действия боеприпасов

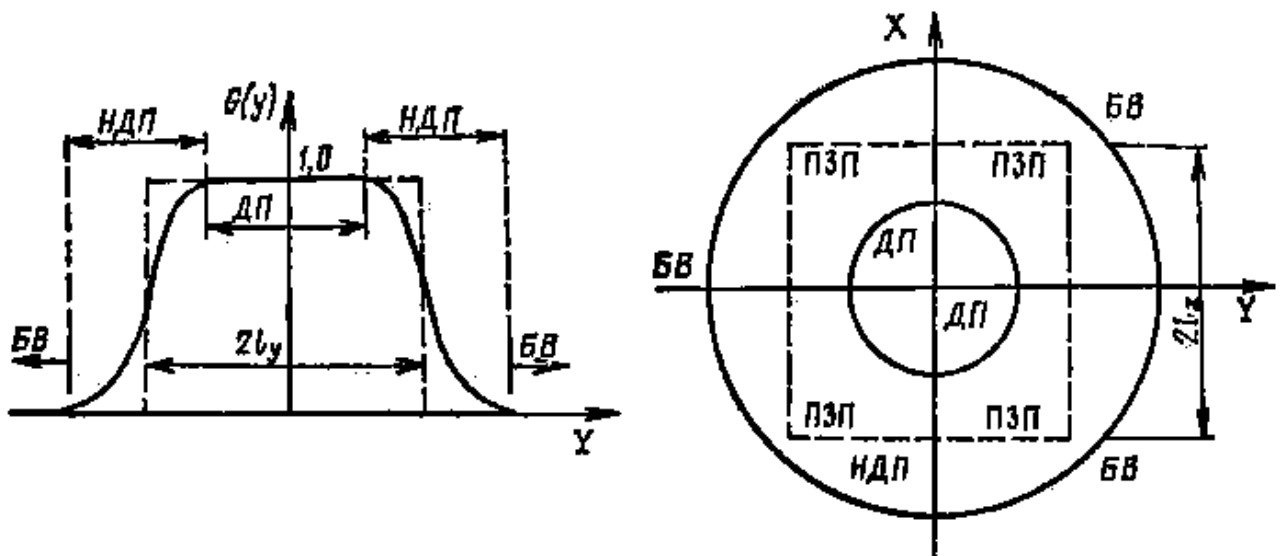


Рис. 3.18. Зоны поражения:

ДП – зона достоверного поражения; НДП – зона недостоверного поражения; БВ – зона безопасных взрывов; ПЗП – приведенная зона поражения; $G(y)$ – вероятность поражения объекта

В результате разрабатываются специальные таблицы, которые используются при планировании боевого воздействия по объектам противника.

4. **Дальность стрельбы** – характеристика возможности оружия доставлять боеприпас на определенное расстояние.

5. **Боевая скорострельность** – характеристика возможности оружия произвести то или иное количество выстрелов в заданное время. Она зависит от технической скорострельности, времени перезарядки и времени восстановления наводки.

3.4.2. Показатели боевой эффективности вооружения

Конкретное наименование и численное значение показателей зависят от характера объектов поражения и задач воздействия по ним.

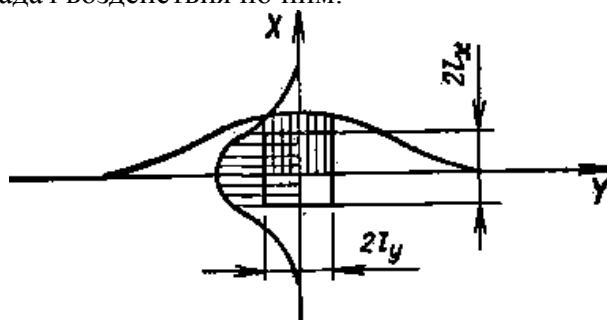


Рис. 3.19. Вероятность попадания в прямоугольник с размерами $2l_x$ и $2l_y$

При стрельбе по отдельной цели показателем боевой эффективности является вероятность ее поражения. Если известны приведенные размеры цели, то вероятность поражения определяется как вероятность попадания точки в прямоугольник с размерами $2l_x$ и $2l_y$ (рис. 3.19). При этом используется формула (3.14). Эта формула характеризует вероятность попадания случайной величины на фиксированный отрезок. Если принять, что отсутствует смещение центра рассеивания относительно центра цели по дальности и по направлению, т.е. $m_x=0$ и $m_y=0$, и учесть, что $\hat{\Phi}(-x)=-\hat{\Phi}(x)$, то вероятности попадания на участок $(-l_x)-(+l_x)$ по оси X и участок $(-l_y)-(+l_y)$ по оси Y будут соответственно равны

$$P(-l_x < x < +l_x) = \frac{1}{2} \left[\hat{\Phi} \left(\frac{l_x - 0}{E_{xв}} \right) - \hat{\Phi} \left(\frac{-l_x - 0}{E_{xв}} \right) \right] = \frac{1}{2} \left[\hat{\Phi} \left(\frac{l_x}{E_{xв}} \right) + \hat{\Phi} \left(\frac{l_x}{E_{xв}} \right) \right] = \hat{\Phi} \left(\frac{l_x}{E_{xв}} \right).$$

а

$$P(-l_y < y < +l_y) = \hat{\Phi} \left(\frac{l_y}{E_{yв}} \right).$$

Поскольку вероятность попадания в площадь размером $2l_x$ и $2l_y$ будет означать одновременное попадание на участок $(-l_x)-(+l_x)$ и $(-l_y)-(+l_y)$, то в соответствии с теоремой об умножении вероятностей двух независимых событий вероятность попадания точки в прямоугольник можно определить по формуле

$$P_1 = \hat{\Phi} \left(\frac{l_x}{E_{xв}} \right) \hat{\Phi} \left(\frac{l_y}{E_{yв}} \right). \quad (3.16)$$

Например, для командного пункта с приведенными размерами $2l_x=7 м$, $2l_y=5 м$ при характеристиках точности и кучности стрельбы 122-мм гаубицей $E_{xв}=10 м$, $E_{yв}=1,5 м$ вероятность поражения при одном выстреле будет равна

$$P_1 = \hat{\Phi} \left(\frac{3,5}{10} \right) \hat{\Phi} \left(\frac{2,5}{1,5} \right) = 0,1866 \cdot 0,739 = 0,1379.$$

Для оценки вероятности поражения несколькими выстрелами необходимо использовать формулы (3.4) и (3.5). Для ранее рассмотренного примера при количестве выстрелов $n_в=10$

$$P_{10} = 1 - (1 - 0,1379)^{10} = 1 - 0,227 = 0,773 \text{ .}$$

В качестве показателя ущерба при поражении площадного объекта принимается математическое ожидание доли пораженной площади M_{II} .

При стрельбе с оптимальным искусственным рассеиванием этот показатель рассчитывается по формуле

$$M_{II} = \frac{1}{21\alpha' + 0,9} \quad (3.17)$$

где

$$\alpha' = \frac{E'_x E'_y}{n_e S \tau}, \quad E'_x = E_x \sqrt{1 + 0,15 \left(\frac{L_x}{E_x} \right)^2}, \quad E'_y = E_y \sqrt{1 + 0,15 \left(\frac{L_y}{E_y} \right)^2},$$

n_e – расход боеприпасов (количество выстрелов);

S – площадь приведенной зоны поражения элементарной цели;

τ – поправочный коэффициент на приведенные размеры элементарной цели (для ориентировочных расчетов можно принимать $\tau = 1$);

L_x, L_y – половина длины и ширины площади поражения.

При использовании ракет с ядерными боеприпасами вероятность поражения цели при одном пуске рассчитывается по формуле (3.16), в которой приведенные размеры цели определяются из соотношения

$$2l_x = 2l_y = 1,78 R$$

где R – радиус приведенной зоны поражения.

3.4.3. Определение потребного наряда боевых средств

При решении задач планирования использования боевых средств важно уметь определять потребность в расходе боеприпасов. Она зависит от требуемого уровня ущерба, наносимого противнику P_{mp} , характера объектов и тактико-технических характеристик вооружения. Числовые характеристики необходимого количества боевых средств называются нарядом средств.

Наряд боеприпасов при поражении отдельной цели n_e можно определить путем логарифмирования выражения (3.4) с заменой текущего значения P_n на требуемое P_{mp} :

$$n_e = \frac{\ln(1 - P_{mp})}{\ln(1 - P_1)} \quad (3.18)$$

Опытным путем получено выражение для определения количества потребных боеприпасов для поражения площадной цели с требуемым математическим ожиданием доли пораженной площади $M_{II_{mp}}$:

$$n_e = - \frac{4 L'_x L'_y}{S \tau} \ln(1 - M_{II_{mp}}) \quad (3.19)$$

где $L'_x = \sqrt{L_x^2 + 6,6 E_x^2}$; $L'_y = \sqrt{L_y^2 + 6,6 E_y^2}$

Потребное количество боевых средств N_{op} зависит от расчетного наряда n_e и режима огня $n(t)$:

$$N_{op} = \frac{n_e}{n(t)} \quad ,$$

где $n(t)$ – режим огня, т.е. количество боевых воздействий, производимых одним средством за время t .

3.5. Учет показателей технической готовности вооружения и уровня специальной подготовки личного состава в задачах военно-экономического анализа

3.5.1. Учет технической готовности военной техники

Результаты деятельности личного состава частей и соединений проявляют себя в показателях боевой готовности Вооруженных Сил. Для оценки эффективности деятельности войсковых подразделений, связанной с обслуживанием и эксплуатацией вооружения и организацией боевой подготовки, необходима количественная связь промежуточных результатов с конечным. Рассмотренные в подразд. 3.4 формулы получены в предположении, что боевые средства во время работы абсолютно надежны, личный состав идеально обучен и не испытывает психологических перегрузок, а противник не оказывает сопротивления. В действительности условия не являются идеальными, что существенно снижает конечные результаты, отражающиеся в показателях боевой эффективности.

Техническая готовность вооружения зависит от его надежности и способности личного состава устранять возникающие неисправности.

Под надежностью вооружения понимается его свойство выполнять заданные функции, сохраняя в течение требуемого промежутка времени свои эксплуатационные показатели в заданных пределах. Показатель надежности P_n определяется по формуле

$$P_n = K_z P(\tau_n) P(\tau_{op}) \quad (3.20),$$

где K_z – показатель оперативной готовности вооружения;
 $P(\tau_n)$ – показатель надежности подготовки вооружения к применению;
 $P(\tau_{op})$ – показатель надежности вооружения в процессе применения.

Показатель оперативной готовности, определяемый по формуле (3.1), это, по существу, вероятность того, что военная техника готова к моменту поступления команды для использования по назначению. Величина K_z зависит от времени, которое необходимо для проведения ремонтов, технических обслуживаний, устранения неисправностей и т.д.

Следовательно, сокращая время на проведение плановых мероприятий и не допуская неплановых простоев, можно значительно повысить коэффициент готовности. В свою очередь, повышение K_z увеличит показатель конечной результативности. Например, если орудие в течение года ($T_3=365$ дней) находится в неисправном состоянии 22 дня ($T_p=22$ дня), то по формуле (3.1)

$$K_z = 1 - \frac{22}{365} = 0,94 \quad .$$

Если путем сокращения времени проведения плановых ремонтов и технических обслуживаний, а также уменьшения непроизводительных простоев удастся сократить T_p до 15 дней, то в этом случае коэффициент готовности повысится до

$$K_z = 1 - \frac{15}{365} = 0,96 \quad .$$

Составляющая $P(\tau_n)$ в формуле (3.20) представляет собой вероятность того, что вооружение, находящееся в войсках в момент поступления команды к боевому применению, будет подготовлено за время, не превышающее некоторую заданную величину τ_n . Величина $P(\tau_n)$ зависит от условий хранения военной техники, от регулярности проверки техники, находящейся в состоянии консервации, и от качества обслуживания техники в местах ее хранения.

Показатель надежности $P(\tau_{op})$ представляет собой вероятность того, что военная техника в процессе применения не откажет. Под отказом техники понимается полная или частичная потеря боеспособности. Для периода нормальной эксплуатации интенсивность отказов λ считается величиной постоянной ($\lambda = const$) и является паспортной характери-

стикой любой технической системы. Вероятность безотказной работы в любой момент t определяется по формуле

$$P(\tau_{\text{оп}}) = e^{-\lambda t},$$

где e – основание натуральных логарифмов;

λ – интенсивность отказов техники;

t – отрезок времени от начала эксплуатации до момента, когда определяется вероятность безотказной работы.

Для учета надежности техники в формуле (3.18) вероятность P_1 должна быть умножена на P_n . Произведение $P_1 P_n$ означает вероятность поражения объекта при одном выстреле с учетом надежности техники. В результате формула (3.18) будет иметь вид

$$n_6 = \frac{\ln(1 - P_{\text{мп}})}{\ln(1 - P_1 P_n)}.$$

3.5.2. Учет уровня специальной подготовки личного состава

Показатель уровня специальной подготовки личного состава $P_{\text{л.с}}$ – это вероятность того, что личный состав (расчет, экипаж) способен осуществить все действия с оружием, необходимые для выполнения боевой задачи. Подготовленность личного состава играет чрезвычайно большую роль, так как оружие само по себе не может обеспечить успех. В единстве и взаимосвязи человека и военной техники человек занимает главенствующее положение по отношению к технике. Следовательно, военнослужащие должны быть способными взять от сложнейшего современного вооружения все, на что оно способно, грамотно эксплуатировать его, с максимальной эффективностью применять в бою.

Кроме чисто профессиональных знаний, умений и навыков военнослужащие должны быть закалены морально и физически, быть способными выдержать большие психические и физические нагрузки, объем которых возрастает в век ракетно-ядерного оружия. Обе характеристики (профессиональная и морально-психологическая) должны быть учтены при определении числовых значений показателей боевой эффективности.

Величину $P_{\text{л.с}}$ можно разложить на две составляющие: $P_{\text{об}}$, характеризующую уровень специальной подготовки (обученности), и $P_{\text{пс}}$, характеризующую морально-психологический аспект. Тогда $P_{\text{л.с}} = P_{\text{об}} P_{\text{пс}}$. Методические подходы к оценке $P_{\text{об}}$ изложены в гл. 11. Оценка $P_{\text{пс}}$ является весьма трудной проблемой и при военно-экономическом анализе считается заданной величиной. В дальнейшем $P_{\text{пс}}$ принимается равной единице.

С учетом изложенного величина P_1 в формуле (3.18) будет иметь вид

$$P_{1(n, \text{л.с})} = P_1 P_n P_{\text{л.с}},$$

а формула (3.4) будет иметь вид

$$P_n = 1 - (1 - P_1 P_n P_{\text{л.с}})^n. \quad (3.21)$$

Следовательно, наряд боеприпасов необходимо определять из выражения

$$n_6 = \frac{\ln(1 - P_{\text{мп}})}{\ln(1 - P_1 P_n P_{\text{л.с}})}. \quad (3.22)$$

Таким образом, изложенные в главе основные положения и приведенные математические зависимости позволяют определить показатели эффективности с учетом основных боевых характеристик оружия, а также результатов войсковой деятельности по обеспечению требуемого уровня технической готовности военной техники и уровня обученности личного состава. Это, в свою очередь, позволяет решать широкий класс задач по отысканию оптимальных способов осуществления мероприятий и, следовательно, повышать эффективность использования материальных, трудовых и финансовых ресурсов, выделяемых на оборону страны.

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

4.1. Основы статистического анализа и его применения в экономике

4.1.1. Задачи математической статистики

Качество принимаемых управленческих решений в значительной мере зависит от способов обработки статистических данных. Поэтому важно не только извлечь максимальную пользу из имеющихся отчетных данных и справочных материалов, но и в наиболее удобном виде представить результаты анализа объективной информации.

Методами и правилами обработки и анализа статистических данных из области экономики, техники, физики, финансов и других направлений деятельности занимается **математическая статистика**. Для учета специфики деятельности существуют различные отраслевые статистики: экономическая статистика, демографическая статистика, статистика финансов и др. Математическая статистика проникает в них, разрабатывая универсальные математические методы обработки информации.

Математическая статистика возникла из потребностей экономической практики. С появлением страхового дела в XIV в. необходимо было обрабатывать данные о продолжительности жизни людей и других связанных с этим данных для разработки страховых нормативов. Она развивалась вместе с теорией вероятностей.

В дальнейшем роль математических, в том числе вероятностно-статистических, методов анализа экономических процессов возросла. Это привело к развитию математической статистики и выделению самостоятельных научных дисциплин, таких, как теория корреляций и др.

Основным отличием математической статистики от теории вероятностей и основным ее достоинством является то, что она позволяет делать практические выводы из рассмотрения не всей совокупности статистических данных, а лишь ее части, которая называется выборкой. Например, при проведении ревизии финансово-хозяйственной деятельности войск округа необходимо получить представление о состоянии дел в частях и соединениях. Практически невозможно за короткий срок проверить все части, соединения, предприятия и учреждения. В таких случаях прибегают к выборочному контролю и на основании характеристик выборки формируется суждение о состоянии финансово-хозяйственной деятельности войск округа в целом.

Математическая статистика решает три основные задачи. Решение первой задачи предполагает получение основных статистических характеристик: среднего арифметического, являющегося статистическим аналогом математического ожидания, статистической дисперсии и среднего квадратического отклонения. Показатели среднего значения весьма широко используются в экономическом анализе. Примеры показателей среднего значения: средняя заработная плата основных производственных рабочих, среднее время между ремонтами техники, средняя величина расходов денежных средств на обслуживание и ремонт единицы военной техники и др.

Во многих случаях оценка только среднего значения не дает достаточно полного представления о характере экономического явления. Возникает необходимость в получении характеристик разброса отдельных значений показателя относительно среднего. Например, в ряде случаев необходимо не только указать размер средней заработной платы работников, но

и дать характеристику разброса от минимального уровня до максимального. Так, в материалах XXVII съезда КПСС говорится, что необходимо «увеличить среднемесячную **заработную плату** рабочих и служащих на 13–15 процентов, или до 215–220 рублей»¹. Таким образом, устанавливается интервал среднего значения, верхняя и нижняя граница показателя.

Решение первой задачи имеет самостоятельное значение для анализа экономических процессов. Но показатели среднего значения и среднего квадратического отклонения используются также и для решения других задач математической статистики.

Второй задачей, которую решает математическая статистика, является получение законов распределения случайных величин. Для анализа экономических процессов далеко не безразлично, какому закону подчиняется та или иная случайная величина. От этого зависит возможность использования аппарата теории вероятностей, это влияет на практические рекомендации.

Подчеркивая важность знания законов распределения случайных величин, Ф.Энгельс в работе «Людвиг Фейербах и конец классической немецкой философии» писал: «...на поверхности явлений, несмотря на сознательно желаемые цели каждого отдельного человека, царствует, в общем и целом, по-видимому, случай... Но где на поверхности происходит игра случая, там сама эта случайность всегда оказывается подчиненной внутренним, скрытым законам. Все дело лишь в том, чтобы открыть эти законы»².

Для установления вида закона распределения в математической статистике разработан аппарат теории проверки гипотез о виде закона распределения по определенным критериям.

Третья задача математической статистики состоит в оценке доверительных интервалов, т.е. в оценке того диапазона, в который попадает случайная величина с определенной степенью достоверности.

Это связано с тем, что на практике производится обработка данных не по всей генеральной совокупности, а лишь по выборке, при этом полученные значения статистических характеристик являются случайными величинами и находятся в некотором диапазоне.

Важную роль в решении этой задачи играет теория выборочного метода, которая дает рекомендации по объему минимальной выборки для достаточно достоверной оценки характеристик закона распределения случайной величины. Применение выборочного метода позволяет значительно сократить время на получение оценок среднего значения экономического показателя, а также доли дефектных документов или деталей в общей совокупности объектов, подлежащих обследованию.

4.1.2. Простейшие формы анализа статистических данных

Элементарным объектом, подлежащим обработке методами математической статистики, является отдельное наблюдение (вариант). Выбор элементарного объекта зависит от цели анализа. Например, если анализируется производительность труда рабочих ремонтного предприятия, то элементарным объектом является выработка отдельного рабочего, при анализе производительности труда на промышленных предприятиях Министерства обороны в качестве элементарного объекта выступает размер выработки одного рабочего в среднем по предприятию.

В каждом конкретном случае отдельные наблюдения выступают как вполне определенные фиксированные величины. В совокупности они образуют систему случайных величин. Правомерность подхода к экономическим показателям как к случайным величинам объясняется следующими обстоятельствами. Экономический показатель не существует сам по себе, он является лишь отражением реальных процессов, на ход которых оказывает влияние большое количество факторов. Например, выработка отдельного рабочего, являясь в единицу времени (смена, месяц, год и т.д.) вполне конкретной величиной, складывается под влиянием большого числа событий, которые произошли, а могли и не произойти (болезнь, отсутствие на складе материалов и комплектующих изделий и т.д.).

1 Материалы XXVII съезда Коммунистической партии Советского Союза, с. 311.

2 Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. т. 21, с. 306.

Различают генеральную и выборочную совокупность. **Генеральная статистическая совокупность** – это та область наблюдений, которая охватывает все их возможные значения. Объем генеральной совокупности определяется задачей анализа. Например, для определения среднего возраста жителей страны генеральной совокупностью будут данные о возрасте всех жителей. При определении среднего возраста слушателей курса в качестве генеральной совокупности выступают данные о возрасте слушателей только данного курса.

Выборочная статистическая совокупность (выборка) – это некоторая часть генеральной совокупности, образованная случайным образом. Например, для определения среднего возраста жителей страны необходимо взять определенное количество данных о возрасте жителей отдельных областей. Оценку среднего возраста слушателей курса можно произвести по данным отдельных учебных групп или по нескольким слушателям, представляющим отдельные группы.

Чем ближе объем выборки к генеральной совокупности, тем точнее статистические характеристики, тем они ближе к истинным значениям (математические ожидания, дисперсии и др.).

Предположим, что выборочной статистической совокупностью являются данные о месячных расходах денежных средств воинской части на выплату денежного довольствия (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Месяц	Расход денежных средств, тыс.руб.	Месяц	Расход денежных средств, тыс.руб.
Январь	16,9	Июль	25,9
Февраль	24,1	Август	22,4
Март	20,4	Сентябрь	24,0
Апрель	26,2	Октябрь	20,4
Май	20,3	Ноябрь	22,6
Июнь	27,4	Декабрь	30,4

Обозначим отдельные наблюдения x_i где x – значение отдельного наблюдения, i – номер наблюдения.

Для удобства дальнейшей обработки приведенных данных целесообразно представить выборку в виде упорядоченной последовательности. Упорядочение может производиться по мере возрастания или убывания. Такая последовательность называется **статистическим (вариационным) рядом**. В случае возрастания, когда $x_1 < x_2 < x_3 < \dots < x_{n-1} < x_n$, данные табл. 4.1 будут иметь следующий вид: 16,9; 20,3; 20,4; 20,4; 22,4; 22,6; 24,0; 24,1; 25,9; 26,2; 27,4; 30,4.

Вариационный ряд для удобства дальнейшего анализа и выявления закономерности в распределении случайных величин целесообразно сгруппировать в статистическую таблицу, разместив отдельные наблюдения по интервалам. Количество интервалов K определяется по формуле

$$K = 1 + 3,32 \lg n \quad (4.1)$$

где n – количество наблюдений в выборке.

Длина отдельного интервала l_k статистической таблицы определяется из выражения

$$l_k = \frac{x_{max} - x_{min}}{K} \quad (4.2)$$

где x_{max} и x_{min} – максимальное и минимальное значения членов вариационного ряда.

Для выборки, представленной в табл. 4.1, эти величины составят

$$K = 1 + 3,32 \lg 12 = 4,58 \approx 5 \quad ;$$

$$l_k = \frac{30,4 - 16,9}{5} = 2,7 \quad .$$

Границы отдельных интервалов определяются путем последовательного прибавления длины интервала l_k к минимальному наблюдению вариационного ряда (табл. 4.2).

Таблица 4.2

Интервал	Первый	Второй	Третий	...
Левая граница	x_{min}	$x_{min} + l_k$	$x_{min} + 2l_k$...
Правая граница	$x_{min} + l_k$	$x_{min} + 2l_k$	$x_{min} + 3l_k$...

Для однозначности фиксации границ интервалов целесообразно к числу, выражающему границу левого интервала (кроме первого), добавлять некоторое малое число. Например, если правая граница второго интервала равна 22,3, то левую границу третьего интервала целесообразно обозначить числом 22,31.

Тогда для статистического ряда, полученного из табл. 4.1, границы интервалов будут следующими:

- левая граница первого интервала $x_{min} = 16,9$; правая граница $x_{min} + l_k = 16,9 + 2,7 = 19,6$;
- левая граница второго интервала $x_{min} + l_k = 19,61$; правая граница $x_{min} + 2l_k = 19,6 + 2,7 = 22,3$;
- границы последующих интервалов будут соответственно равны: 22,31–25,0; 25,01–27,7; 27,71–30,4.

В статистическую таблицу включаются показатели, характеризующие распределение наблюдений по интервалам; частота n_k , накопленная частота $n_{k_{\Sigma}}$, частость P_k накопленная частость $P_{k_{\Sigma}}$. Кроме того, в статистической таблице могут указываться значения середины интервалов \bar{x}_k .

Для определения частот n_k каждое наблюдение сравнивается с численными значениями границ интервалов и учитывается в том из них, левая граница которого меньше наблюдения, правая – больше или равна. Распределение наблюдений по интервалам для рассматриваемого статистического ряда показано в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Границы интервала	16,4 – 19,6	19,61-22,3	22,31-25,0	25,01-27,7	27,71-30,4
Наблюдения	16,9	20,3; 20,4; 20,4	22,4; 22,6; 24,0; 24,1	25,9; 26,2; 27,4	30,4
Частота n_k	1	3	4	3	1

Таким образом, **частота** n_k означает число наблюдений, попадающих в данный k -й интервал. **Накопленная частота** представляет собой суммарное число наблюдений, попадающих в данный интервал и во все интервалы, предшествующие k -му, т.е. $n_{k_{\Sigma}} = \sum_k n_k$

Частость P_k является относительной величиной и характеризует долю наблюдений из выборки объемом n , попадающих в k -й интервал: $P_k = \frac{n_k}{n}$. **Накопленная частость**

$P_{k_{\Sigma}}$ образуется путем суммирования частостей всех интервалов, находящихся левее правой границы k -го интервала, т.е. $P_{k_{\Sigma}} = \sum_k P_k$.

Середина интервала \bar{x}_k определяется путем осреднения значений левой и правой границ интервала. Например, для первого интервала

$$\bar{x}_1 = \frac{16,9 + 19,6}{2} = 18,25$$

Исходя из данных определений показателей n_k , $n_{k_{\Sigma}}$, P_k , $P_{k_{\Sigma}}$, \bar{x}_k для статистического ряда, полученного из табл. 4.1, можно рассчитать их численные значения и составить следующую статистическую таблицу (табл. 4.4).

В некоторых случаях статистический ряд разбивается на интервалы не по формулам (4.1) и (4.2), а исходя из других принципов. В частности, порядок определения границ интервалов может изменяться в зависимости от существующей формы отчетности, от задач анализа и других факторов. Например, статистическая таблица, характеризующая стаж работы офицеров финансовой службы соединения по специальности, может иметь следующий вид (табл. 4.5).

Таблица 4.4

Границы интервалов	16,9-19,6	14,61-22,3	22,31-25,0	25,01-27,7	27,71-30,4
Частота, n_k	1	3	4	3	1
Накопленная частота, $n_{k\Sigma}$	1	4	8	11	12
Частость, P_k	0,083	0,25	0,333	0,25	0,083
Накопленная частость, $P_{k\Sigma}$	0,083	0,333	0,667	0,917	1,0
Середина интервала, \bar{x}_k	18,25	20,95	23,65	26,35	29,05

Более детальный анализ выборочной статистической совокупности можно провести с помощью графического представления данных статистической таблицы. Для этого необходимо построить гистограмму, полигон и кумуляту.

Таблица 4.5

Стаж работы	Количество работников
До 2 лет	5
От 2 до 5 лет	4
Более 5 лет	3

Гистограмма – это график, где на оси абсцисс откладываются интервалы, а ординатами являются частоты или частости интервалов (рис. 4.1). Площадь прямоугольника каждого интервала гистограммы соответствует вероятности того, что любое наугад взятое из выборки наблюдение попадет именно в данный интервал.

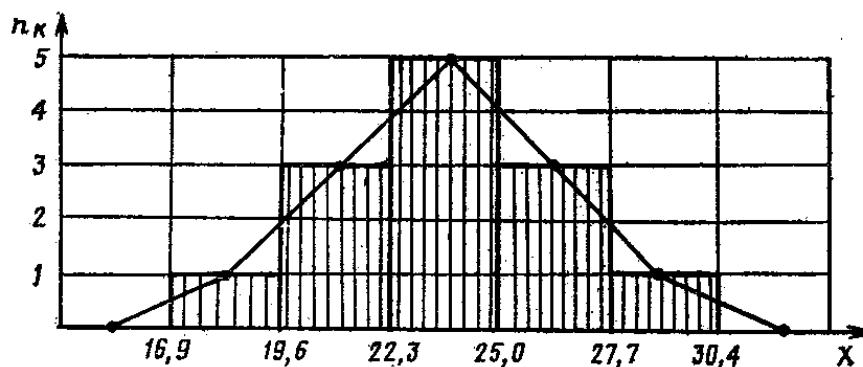


Рис. 4.1. Гистограмма и полигон

Полигон является статистическим аналогом функции плотности теоретического распределения (см. рис. 3.14). Для построения полигона необходимо соединить ломаной линией середины прямоугольников каждого интервала.

Кумулята представляет собой статистический аналог функции распределения $F(x)$ (см. рис. 3.14). Здесь в каждом интервале разница ординат на границах характеризует вероятность попадания случайной величины в данный интервал, а сама ордината для любого значения x_i , определяет вероятность того, что случайная величина будет не больше, чем заданное значение X . Для построения кумуляты на правой границе каждого интервала откладываются соответствующие накопленные частоты $P_{k\Sigma}$ (рис. 4.2).

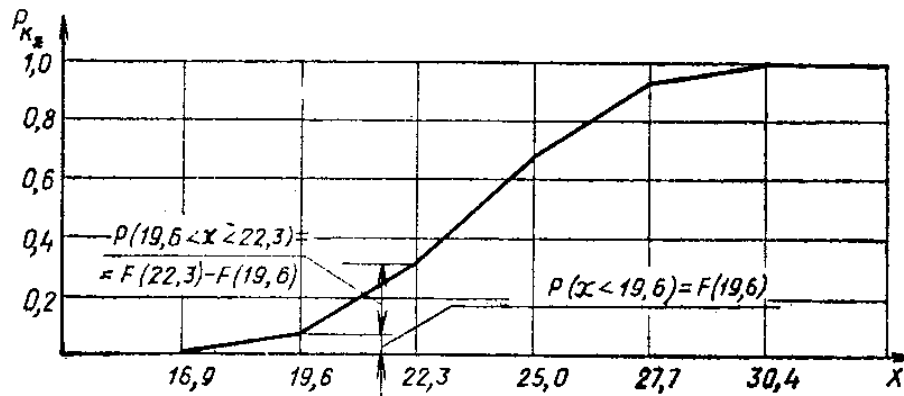


Рис. 4.2. Кумулята

4.1.3. Получение основных статистических характеристик

Первая задача математической статистики – получение основных характеристик закона распределения случайных величин – может быть решена двумя способами в зависимости от того, представлены статистические данные в виде выборки или они сгруппированы в статистическую таблицу.

В первом случае, когда имеются данные об отдельных наблюдениях, **среднее значение \bar{x} выборки** определяется по формуле

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (4.3)$$

где x_i – значения отдельных i -х наблюдений;
 n – объем выборки.

Если исходные данные для анализа приведены в статистической таблице, то используется формула

$$\bar{x} = \sum_{k=1}^K \bar{x}_k P_k = \sum_{k=1}^K \bar{x}_k \frac{n_k}{n}, \quad (4.4)$$

где \bar{x}_k – значение середины k -го интервала;
 P_k – частота k -го интервала;
 n_k – частота k -го интервала;
 n – объем выборки.

Для выборки, приведенной в табл. 4.1, среднее значение равно

$$\bar{x} = \frac{16,9 + 20,3 + 20,4 + 20,4 + 22,4 + 22,6 + 24,0 + 24,1 + 25,9 + 26,2 + 27,4 + 30,4}{12} = 23,42 \text{ тыс. руб.}$$

Используя данные табл. 4.4, рассчитаем среднее значение по формуле (4.4):

$$\bar{x} = 18,25 \cdot 0,083 + 20,95 \cdot 0,25 + 23,65 \cdot 0,333 + 26,35 \cdot 0,25 + 29,05 \cdot 0,083 = 23,63 \text{ тыс. руб.}$$

Результаты расчетов по формулам (4.3) и (4.4) несколько различны, так как отдельные наблюдения, попадая в тот или иной интервал, осредняются и за счет этого несколько искажаются. Однако погрешность определения вследствие взаимной компенсации различных интервалов бывает обычно невелика. В данном примере она составляет 0,9%.

Среднее квадратическое отклонение наблюдений, представленных в виде вариационного ряда, рассчитывается по формуле

$$\sigma_x = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n}}. \quad (4.5)$$

Для данных табл. 4.1 среднее квадратическое отклонение имеет значение

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{(16,9 - 23,42)^2 + (24,1 - 23,42)^2 + \dots + (30,4 - 23,42)^2}{12}} = 3,53 \text{ тыс.руб.}$$

Если используются данные статистической таблицы, то для определения среднего квадратического отклонения применяется формула

$$\sigma_x = \sqrt{\sum_{k=1}^K (\bar{x}_k - \bar{x})^2 P_k} = \sqrt{\sum_{k=1}^K \frac{(\bar{x}_k - \bar{x})^2 n_k}{n}} \quad (4.6)$$

Для данных табл. 4.4 среднее квадратическое отклонение равно

$$\sigma_x = \sqrt{(18,25 - 23,63)^2 \cdot 0,083 + (20,95 - 23,63)^2 \cdot 0,25 + \dots + (29,05 - 23,63)^2 \cdot 0,083} = 3,2 \text{ тыс. руб.}$$

Формула (4.6) является более общей по сравнению с формулой (4.5), так как чрезмерное дробление интервалов, при котором в каждый из них попадает лишь одно наблюдение, приведет к тому, что их количество будет равно числу наблюдений ($K \rightarrow n$), а среднее значение интервала будет стремиться к индивидуальному значению наблюдений ($\bar{x}_k \rightarrow x_i$), частота интервала – к единице ($n_k \rightarrow 1$). Следовательно,

$$\lim_{K \rightarrow n} \sqrt{\sum_{k=1}^K \frac{(\bar{x}_k - \bar{x})^2 n_k}{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

Среднее арифметическое и среднее квадратическое отклонения обладают следующими свойствами.

1. Если все значения статистического ряда увеличить на одну и ту же величину, то среднее арифметическое увеличится на эту же величину, а дисперсия и среднее квадратическое отклонение не изменятся.

2. Дисперсия равна среднему квадрату минус квадрат среднего, т.е. $D_x = \bar{x^2} - \bar{x}^2$. Для упрощения вычислений среднего квадратического отклонения целесообразно использовать формулу

$$\sigma_x = \sqrt{\bar{x^2} - \bar{x}^2} = \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n} - \left(\frac{\sum x_i}{n}\right)^2} \quad (4.7)$$

Вспомогательная таблица для расчета σ_x имеет следующий вид (табл. 4.6).

Таблица 4.6

№ п/п	x_i	x_i^2	№ п/п	x_i	x_i^2
1	16,9	285,61	7	25,9	670,81
2	24,1	580,81	8	22,4	501,76
3	20,4	416,16	9	24,0	576,00
4	26,2	686,44	10	20,4	416,16
5	20,3	412,09	11	22,6	510,76
6	27,4	739,84	12	30,4	924,16
			Сумма	281,0	6731,5

На основе данных, приведенных в табл. 4.6, определяем:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{281,0}{12} = 23,42 \text{ тыс.руб.}$$

$$\bar{x^2} = \frac{\sum x_i^2}{n} = \frac{6731,5}{12} = 560,96$$

Тогда

$$\sigma_x = \sqrt{x^2 - \bar{x}^2} = \sqrt{560,96 - 23,42^2} = 3,53 \text{ тыс.руб.}$$

3. Если каждое наблюдение увеличить в N раз, то среднее значение и среднее квадратическое отклонение увеличатся в N раз, а дисперсия в N^2 раз. Тогда, если $z = Nx$, то $\sigma_z = N\sigma_x$, а $D_z = N^2 D_x$.

4. Дисперсия выборочных средних $D_{\bar{x}}$ равна полной дисперсии D_x , уменьшенной в n раз, где n – объем выборки, т.е. $D_{\bar{x}} = \frac{D_x}{n}$. Отсюда

$$\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{D_{\bar{x}}} = \sqrt{\frac{D_x}{n}} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}}. \quad (4.8)$$

Величина $\sigma_{\bar{x}}$ называется стандартной ошибкой.

Например, средний возраст слушателей 1-го курса – 27,8 года. При этом минимальный возраст 24 года, максимальный – 33 года. Размах индивидуальных значений составляет 9 лет. В то же время средний возраст слушателей в учебных группах составляет 28,9; 28,0; 27,8; 27,5 и 27 лет. Размах выборочных средних составляет всего 1,9 года.

Кроме дисперсии и среднего квадратического отклонения одной из мер разброса случайных величин является коэффициент вариации K_v , который представляет собой отношение среднего квадратического отклонения к среднему значению:

$$K_v = \frac{\sigma_x}{\bar{x}}. \quad (4.9)$$

Достоинством коэффициента вариации является то, что он представляет собой безразмерную величину и может служить мерой сравнения однородных по характеру величин, но имеющих существенную разницу в абсолютном значении. Он учитывает «вес» разброса в измеряемой величине. Например, коэффициент вариации можно использовать для сравнительной оценки колеблемости расходов денежных средств воинскими частями и соединениями.

Предположим, что в соединении средний расход денежных средств воинской частью на содержание и эксплуатацию автомобильной техники составляет $\bar{x} = 6,5$ тыс.руб., среднее квадратическое отклонение $\sigma_x = 2,0$ тыс.руб. В военном округе аналогичные расходы денежных средств соединений составляют $\bar{x} = 50,0$ тыс.руб., при этом $\sigma_x = 9,8$ тыс.руб. Тогда для воинской части $K_v = 2 : 6,5 = 0,308$; для соединения $K_v = 9,8 : 50 = 0,196$. Следовательно, колеблемость расходов соединениями более устойчива, чем воинскими частями, хотя среднее квадратическое отклонение расходов в соединении выше. Получение относительной меры колеблемости (с другой стороны – устойчивости) изучаемой величины представляет практический интерес для анализа и прогнозирования расходов денежных средств и решения других задач.

К статистическим характеристикам \bar{x} и σ_x предъявляются определенные требования: состоятельность, несмещенность и эффективность. Если выборочная статистическая характеристика при увеличении объема выборки стремится к истинному значению, то она называется состоятельной. Основные характеристики выборки являются состоятельными оценками, так как среднее значение \bar{x} при увеличении объема выборки до генеральной совокупности стремится к математическому ожиданию m_x , а статистическая дисперсия – к дисперсии генеральной совокупности.

При уменьшении объема выборки увеличивается вероятность отклонения статистических характеристик от истинных, полученных для генеральной совокупности. Математическое ожидание выборочной средней равно генеральной средней, поэтому величина \bar{x} считается несмещенной оценкой. Математическое ожидание выборочной дисперсии $\sigma_{m.v}^2$ связано с дисперсией генеральной совокупности $\sigma_{ген}^2$ следующей зависимостью:

$$M(\sigma_{м.в}^2) = \frac{n-1}{n} \sigma_{ген}^2 .$$

Поэтому выборочная дисперсия является смещенной оценкой. Для устранения систематической ошибки и получения несмещенной оценки нужно $\sigma_{м.в}^2$ умножить на $\frac{n}{n-1}$. Тогда при малом числе наблюдений дисперсию и среднее квадратическое отклонение следует вычислять по формулам:

$$D_{м.в} = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n} \frac{n}{n-1} = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1} ; \quad \sigma_{м.в} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} . \quad (4.10)$$

Если из генеральной совокупности формируется несколько выборок, то эффективной оценкой считается та, которая соответствует наименьшей колеблемости. Выбранная несмещенная оценка должна обладать наименьшей дисперсией. В этом случае она считается эффективной.

4.1.4. Выравнивание статистических рядов

Простейшие приемы анализа статистических данных, рассмотренные в подразд. 4.1.2, позволяют сделать предварительное суждение о законе распределения, которому подчиняется выборочная совокупность случайных величин. Однако интуитивного представления о виде закона распределения недостаточно, нужна количественная мера истинности суждения о том, какому закону распределения подчиняется та или иная выборочная совокупность.

Нахождение вида закона распределения случайных величин имеет практическое значение. В ряде приложений математической статистики, таких, как регрессионный и корреляционный анализ, прогнозирование экономических показателей, теория массового обслуживания, в качестве исходных предпосылок принимаются гипотезы о том, что изучаемая случайная величина подчиняется вполне определенному закону: нормальному, пуассоновскому, равной вероятности и т.д. Поэтому при обработке статистических данных недостаточно знать основные характеристики, важно знать вид закона распределения.

Для решения этой задачи применяются различные методы проверки гипотез о виде закона распределения. Суть их состоит в том, что первоначально выдвигается определенная гипотеза о виде закона распределения, а затем производится проверка справедливости выдвинутой гипотезы по определенным признакам, называемым **критериями согласия**.

Между фактическим распределением и теоретическим всегда будет определенное расхождение. Важно установить, является ли расхождение следствием малости выборки и потому расхождение обусловлено влиянием случайных факторов, или выдвинутая гипотеза неправомерна и ее следует отвергнуть.

Наиболее распространенными являются критерии согласия, разработанные К.Пирсоном, В.И.Романовским и А.Н.Колмогоровым.

Критерий К. Пирсона предполагает вычисление величины χ^2 , которая представляет собой сумму отношений квадратов разностей эмпирических и теоретических частот к теоретическим частотам по всем интервалам, т.е.

$$\chi^2 = \sum_{k=1}^K \frac{(n_k^{\text{э}} - n_k^T)^2}{n_k^T} , \quad (4.11)$$

где $n_k^{\text{э}}$ – эмпирические частоты k -х интервалов;
 n_k^T – теоретические частоты k -х интервалов.

Значения $n_k^{\text{э}}$ принимаются по данным статистической таблицы (см. табл. 4.4). Теоретические частоты n_k^T можно рассчитать по формуле

$$n_k^T = n P_k(\alpha_k < x < \beta_k) , \quad (4.12)$$

где n – объем выборки;

α_k, β_k – левая и правая границы каждого k -го интервала;

$P_k(\alpha_k < x < \beta_k)$ – вероятность попадания случайной величины на заданный участок.

В зависимости от характера распределения случайных величин на числовой оси, предварительное суждение о котором можно составить по виду гистограммы и полигона (см. рис. 4.1), выдвигается гипотеза о том, какой теоретический закон распределения наилучшим образом соответствует реальным статистическим данным. Для данного гипотетического закона вероятность попадания случайной величины на заданный участок определяется как разность значений функций распределения на правой и левой границах интервала, т.е.

$$P_k(\alpha_k < x < \beta_k) = F(\beta_k) - F(\alpha_k) .$$

Значения $F(x)$ принимаются по соответствующим таблицам или на основе расчетов. Так, при выдвинутой гипотезе о нормальности закона значения $F(x)$ принимаются по приложению 1 после предварительного нормирования аргумента $F(x)$, т.е.

$$P_k(\alpha_k < x < \beta_k) = \Phi^*\left(\frac{\beta_k - \bar{x}}{\sigma_x}\right) - \Phi^*\left(\frac{\alpha_k - \bar{x}}{\sigma_x}\right)$$

Кроме расчета χ^2 проверка гипотезы по критерию Пирсона предполагает нахождение числа степеней свободы r , которое представляет собой разницу между числом интервалов K и числом связей S :

$$r = K - S . \quad (4.13)$$

Число связей определяется количеством наложенных ограничений. При проверке гипотезы о виде закона распределения накладываются три ограничения:

– математическое ожидание гипотетического теоретического распределения принимается равным среднему значению выборки;

– средние квадратические отклонения теоретического и эмпирического распределений также принимаются равными;

– сумма теоретических частот по всем интервалам должна быть равна объему выборки, т.е.

$$\sum_{k=1}^K n_k^T = n .$$

Таким образом, при проверке гипотезы о виде закона распределения $S = 3$.

По данным о значениях χ^2 и r находится табличное значение вероятности, значительное отличие от нуля которой ($P(\chi^2) > 0,01$) позволяет считать, что расхождения между теоретическими и эмпирическими частотами можно считать случайными. В противном случае указанные расхождения признаются неслучайными, а закон распределения, избранный в качестве предполагаемого теоретического, отвергается.

При определении χ^2 и r необходимо учитывать следующие рекомендации. Интервалы не обязательно принимать равными по длине, но это может затруднить расчет основных статистических характеристик. При расчете n_k^T вероятность попадания случайной величины в левый крайний интервал следует определять, задавая $\alpha_k = -\infty$, в правый крайний интервал – задавая $\beta_k = +\infty$. Крайние интервалы, если в них попадает малое количество частот ($n_k^T \leq 5$), целесообразно объединять с соседними.

Пример 4.1. Проверить по χ^2 гипотезу о нормальном распределении совокупности случайных величин, заданных табл. 4.1.

Решение. Используя данные табл. 4.4, рассчитаем вероятности попадания случайной величины в каждый интервал (рис. 4.3):

$$P_1(-\infty < x < 19,6) = \Phi^*\left(\frac{19,6 - 23,42}{3,53}\right) - \Phi^*\left(\frac{-\infty - 23,42}{3,53}\right) = \Phi^*(-1,076) - \Phi(-\infty) = 0,141 ;$$

$$P_2(19,6 < x < 22,3) = \Phi^*\left(\frac{22,3 - 23,42}{3,53}\right) - \Phi^*\left(\frac{19,6 - 23,42}{3,53}\right) = 0,2365 ;$$

$$P_3(22,3 < x < 25) = 0,2978 \quad ;$$

$$P_4(25 < x < 27,7) = 0,2136 \quad ;$$

$$P_5(27,7 < x < +\infty) = 0,1116 \quad .$$

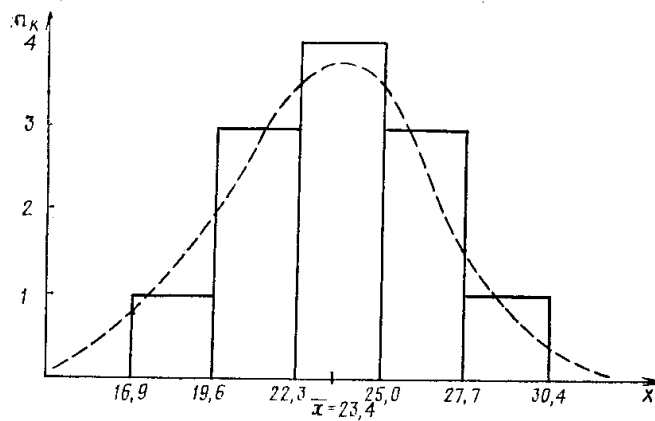


Рис. 4.3. Проверка гипотезы о виде закона распределения по χ^2

Тогда теоретические частоты интервалов равны:

$$n_1^T = n P_1(-\infty < x < 19,6) = 12 \cdot 0,141 = 1,69 \quad ;$$

$$n_2^T = 12 \cdot 0,2365 = 2,83 \quad ;$$

$$n_3^T = 12 \cdot 0,2978 = 3,58 \quad ;$$

$$n_4^T = 12 \cdot 0,2136 = 2,56 \quad ;$$

$$n_5^T = 12 \cdot 0,1116 = 1,34 \quad .$$

Результаты расчетов сведем в таблицу (табл. 4.7).

Таблица 4.7

K	$n_k^{\text{э}}$	P_k^T	n_k^T	$n_k^{\text{э}} - n_k^T$	$(n_k^{\text{э}} - n_k^T)^2$	$\frac{(n_k^{\text{э}} - n_k^T)^2}{n_k^T}$
1	1	0,1410	1,69	0,69	0,4760	0,28
2	3	0,2365	2,83	0,17	0,0289	0,01
3	4	0,2978	3,58	0,42	0,1760	0,05
4	3	0,2136	2,56	0,44	0,1936	0,08
5	1	0,1116	1,34	0,34	0,1156	0,09
	12	1,0	12			0,51

Для данной выборки при числе интервалов $K=5$, числе связей $S=3$ число степеней свободы равно

$$r = K - S = 5 - 3 = 2 \quad .$$

По приложению 2 находим вероятность $P(\chi^2) = 0,6$, которая существенно больше 0,01. Следовательно, гипотезу о нормальном законе распределения данной выборки отвергать нет оснований.

Критерий В.И. Романовского R , являющийся дальнейшим развитием метода проверки гипотезы о виде закона распределения по К.Пирсону, определяется по формуле

$$R = \frac{\chi^2 - r}{\sqrt{2r}} \quad . \quad (4.14)$$

Если величина $R \leq 3$, то гипотеза принимается, при невыполнении данного условия – отвергается. Для примера 4.1 критерий В.И. Романовского равен

$$R = \frac{0,51 - 2}{\sqrt{2 \cdot 2}} = -0,75 < 3 \quad .$$

Поскольку R существенно меньше трех, гипотеза о нормальном законе не отвергается.

Критерий А. Н. Колмогорова λ предполагает оценку близости эмпирического и теоретического распределений путем нахождения величины максимальной разницы накопленной частоты по всем интервалам. Для этого в каждом интервале находится эмпирическая накопленная частота P_{k_s} и рассматривается теоретическая функция распределения $F_k^T(x)$ для правой границы интервала $x = \beta_k$ (рис. 4.4).

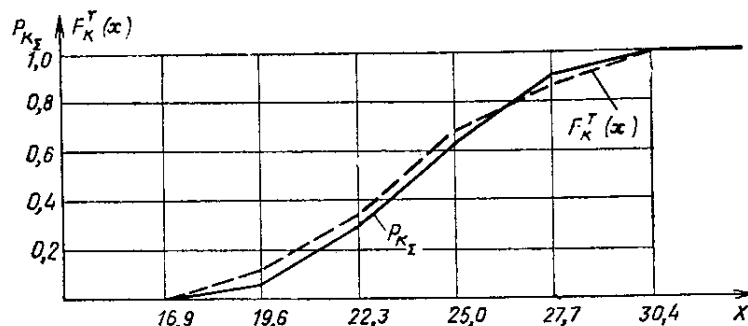


Рис. 4.4. Проверка гипотезы о виде закона распределения по А.Н.Колмогорову

Затем они сравниваются между собой и находится абсолютная величина разности между ними. Из всех разностей выбирается максимальная, которая обозначается D_k :

$$D_k = \max_k |F_k^T(x) - P_{k_s}| \quad (4.15)$$

По величине D_k определяется значение критерия λ :

$$\lambda = D_k \sqrt{n} \quad (4.16)$$

где n – объем выборки.

Затем по приложению 3 находится вероятность $P(\lambda)$, по степени близости которой к единице судят о возможности принятия выдвинутой ранее гипотезы. Если $P(\lambda) > 0,05$, то гипотеза принимается, если иначе – отвергается.

Пример 4.2. Используя данные примера 4.1, проверить правильность гипотезы о нормальном законе распределения по критерию А.Н.Колмогорова.

Решение. Значения P_{k_s} для подстановки в формулу (4.15) принимаются по данным табл. 4.4. Значения $F_k^T(x)$ принимаются по приложению 1 для правой границы интервала:

$$\begin{aligned} F_1^T(x) &= \Phi^* \left(\frac{\beta_1 - \bar{x}}{\sigma_x} \right) = \Phi^* \left(\frac{19,6 - 23,42}{3,53} \right) = \Phi^* (-1,076) = 0,141 \quad ; \\ F_2^T(x) &= \Phi^* \left(\frac{22,3 - 23,42}{3,53} \right) = 0,3775 \quad ; \\ F_3^T(x) &= \Phi^* \left(\frac{25 - 23,42}{3,53} \right) = 0,6753 \quad ; \\ F_4^T(x) &= 0,8884 \quad ; \\ F_5^T(x) &= 1,0 \quad . \end{aligned}$$

Другим способом получения $F_k^T(x)$ может служить суммирование $P_k(\alpha_k < x < \beta_k)$ по всем интервалам (см. табл. 4.7):

$$\begin{aligned} F_1^T(x) &= P_1^T = 0,141 \quad ; \\ F_2^T(x) &= P_1^T + P_2^T = 0,141 + 0,2365 = 0,3775 \quad ; \\ F_3^T(x) &= P_1^T + P_2^T + P_3^T = 0,141 + 0,2365 + 0,2978 = 0,6753 \quad \text{и т.д.} \end{aligned}$$

Дальнейшие расчеты целесообразно вести с помощью таблицы (табл. 4.8).

Максимальная разница между статистической накопленной частотой и теоретической функцией распределения соответствует первому интервалу, значит, $D_k = 0,058$.

По формуле (4.16) $\lambda = D_k \sqrt{n} = 0,053 \sqrt{12} = 0,2$.

Таблица 4.8

k	P_{k_x}	$F_k^T(x)$	$ P_{k_x} - F_k^T(x) $	D_k
1	0,083	0,141	0,058	0,058
2	0,333	0,3775	0,0445	
3	0,667	0,6753	0,0083	
4	0,917	0,8884	0,0286	
5	1,0	1,0	0	

Для полученного критерия λ по приложению 3 находим $P(\lambda)=1,0$. Так как $P(\lambda)$ значительно выше 0,05, гипотезу о подчинении анализируемой статистической выборки нормальному закону не следует отвергать.

Пример 4.3. Анализ результатов ревизий финансово-хозяйственной деятельности воинских частей показал, что количество финансовых нарушений имеет следующее распределение (табл. 4.9):

Таблица 4.9

Количество нарушений (x)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Частота (n_k)	22	9	6	6	2	2	2	1	0	1	2

Проверить гипотезу о подчинении данной выборки показательному (экспоненциальному) закону.

Решение. Найдем статистическую частоту для каждого значения количества нарушений и накопленную статистическую частоту с помощью табл. 4.10.

Таблица 4.10

Количество нарушений	Частота (n_k)	Частота (P_k)	Накопленная эмпирическая частота (P_{k_x})
0	22	0,415	0,415
1	9	0,170	0,585
2	6	0,113	0,698
3	6	0,113	0,810
4	2	0,038	0,849
5	2	0,038	0,887
6	2	0,038	0,924
7	1	0,019	0,943
8	0	0	0,943
9	1	0,019	0,962
10	2	0,038	1,0

Для проверки по критерию А.Н.Колмогорова необходимо найти функцию теоретического распределения $F(x)$, которая для экспоненциального закона имеет вид

$$F(x) = 1 - e^{-\lambda x},$$

где e – основание натуральных логарифмов;

λ – величина, обратная среднему значению, т.е. $\lambda = \frac{1}{\bar{x}}$.

Среднее значение может быть найдено по формуле (4.4):

$$\bar{x} = \frac{22 \cdot 0 + 9 \cdot 1 + 6 \cdot 2 + 6 \cdot 3 + 2 \cdot 4 + 2 \cdot 5 + 2 \cdot 6 + 1 \cdot 7 + 0 \cdot 8 + 1 \cdot 9 + 2 \cdot 10}{53} = 2,0 \text{ нарушения}.$$

Значит, $\lambda = 1 : \bar{x} = 1 : 2 = 0,5$.

Тогда, используя приложение 4, получим:

$$\begin{aligned} \text{для } x=0 \quad F(x < 0) &= 1 - e^{-0,5 \cdot 0} = 0; \\ \text{для } x=1 \quad F(x < 1) &= 1 - e^{-0,5 \cdot 1} = 1 - 0,606 = 0,394; \\ \text{для } x=2 \quad F(x < 2) &= 1 - e^{-0,5 \cdot 2} = 1 - 0,368 = 0,632 \text{ и т.д.} \end{aligned}$$

Результаты расчета сведем в табл. 4.11.

Из табл. 4.11 видно, что максимальная разность D_k составляет 0,079.

Тогда величина $\lambda = D_k \sqrt{n} = 0,079 \sqrt{53} = 0,575$.

По приложению 3 для $\lambda = 0,575$ $P(\lambda) = 0,889$.

Поскольку $P(\lambda)$ значительно превышает 0,05 и приближается к единице, следует считать, что закон распределения финансовых нарушений является показательным (экспоненциальным).

Количество нарушений	Накопленная эмпирическая частость (P_{k_x})	Накопленная теоретическая частость (F_k^T)	Разность $ P_{k_x} - F_k^T(x) $
0	0,415	0,394	0,021
1	0,585	0,632	0,047
2	0,698	0,777	0,079
3	0,811	0,865	0,054
4	0,849	0,918	0,069
5	0,887	0,950	0,063
6	0,924	0,970	0,046
7	0,943	0,982	0,039
8	0,943	0,989	0,046
9	0,962	0,993	0,007
10	1,0	0,996	0,004

4.2. Основы выборочного метода

4.2.1. Доверительный интервал

При оценке выборочных статистических характеристик всегда возникает ошибка, связанная с тем, что объем выборки меньше генеральной совокупности. Поскольку по выборке невозможно получить истинные значения статистических характеристик генеральной совокупности, представляется необходимым определять интервал, внутрь которого с определенной вероятностью они попадут. Иногда задан интервал, тогда требуется определить ту вероятность, с которой истинное значение попадет в него.

Пусть m_x – математическое ожидание величины X , \bar{x} – среднее значение. В результате обработки статистических данных по выборке можно оценить только среднее значение \bar{x} . Но достоверно утверждать, где находится математическое ожидание, практически невозможно. Величина m_x может быть больше или меньше среднего \bar{x} и лишь в исключительных, маловероятных случаях равна ему. На числовой оси (рис. 4.5) m_x может быть левее и правее \bar{x} . Здесь математическое ожидание неслучайно, а случаен интервал, в

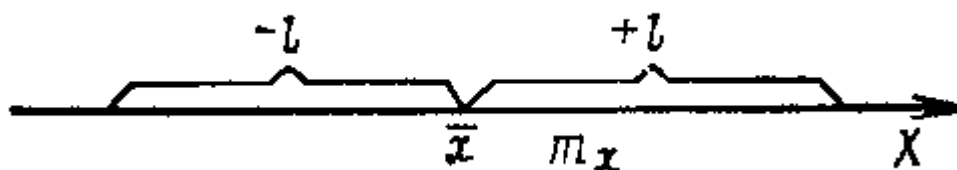


Рис. 4.5. Доверительный интервал

Отрезок на числовой оси, откладываемый от \bar{x} влево и вправо, в который с определенной вероятностью попадает истинное значение статистической характеристики, называется доверительным интервалом. Вероятность, с которой истинное значение статистической характеристики попадает в заданный интервал, называется доверительной вероятностью.

Для получения аналитического выражения, с помощью которого можно рассчитывать доверительный интервал, предварительно найдем вероятность попадания нормально распределенной случайной величины X на участок, симметричный относительно среднего значения \bar{x} , являющегося статистической оценкой математического ожидания. На графике (рис. 4.6) функции распределения $f(x)$ выделим участок с границами $\bar{x} - l$ и $\bar{x} + l$. Вероятность попадания случайной величины X на этот участок может быть определена по формуле (3.13):

$$P(\bar{x}-l < x < \bar{x}+l) = \Phi^* \left(\frac{\bar{x}+l-\bar{x}}{\sigma_x} \right) - \Phi^* \left(\frac{\bar{x}-l-\bar{x}}{\sigma_x} \right) = \Phi^* \left(\frac{l}{\sigma_x} \right) - \Phi^* \left(\frac{-l}{\sigma_x} \right) .$$

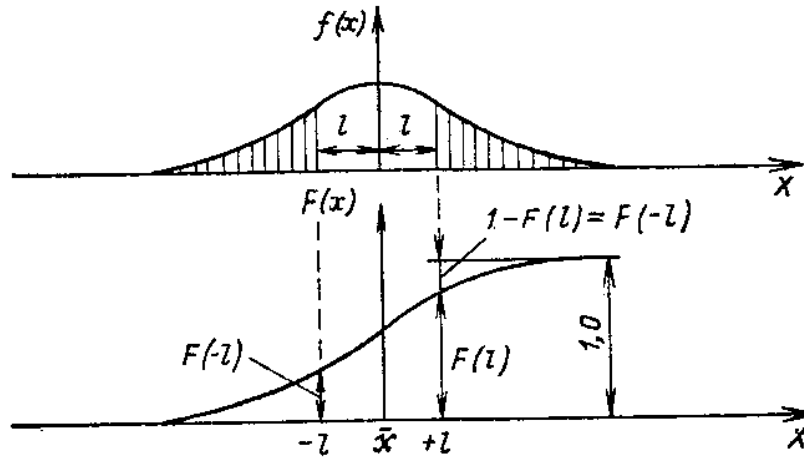


Рис. 4.6. Вероятность попадания случайной величины на симметричный участок
Учитывая, что $F(l) = 1 - F(-l)$ (см. рис. 4.6), сделаем дальнейшие преобразования:

$$P(\bar{x}-l < x < \bar{x}+l) = \Phi^* \left(\frac{l}{\sigma_x} \right) - \left[1 - \Phi^* \left(\frac{l}{\sigma_x} \right) \right] = 2 \Phi^* \left(\frac{l}{\sigma_x} \right) - 1 .$$

Эта вероятность, являющаяся доверительной вероятностью, обозначается через β .
Участок $[\bar{x}-l; \bar{x}+l]$ является доверительным интервалом.

В практических расчетах половина длины доверительного интервала измеряется числом средних квадратических отклонений. Это число обозначается t_β и называется коэффициентом Стьюдента. В задачах, где определяется доверительный интервал для математического ожидания, он рассчитывается по формуле:

$$l = t_\beta \sigma_{\bar{x}} , \quad (4.17)$$

где t_β – коэффициент Стьюдента;
 $\sigma_{\bar{x}}$ – стандартная ошибка.

Величина t_β табулирована (приложение 5) и зависит от объема выборочной совокупности и доверительной вероятности.

Доверительный интервал для математического ожидания обозначается I_{β_x} и определяется по формуле

$$I_{\beta_x} = (\bar{x} - t_\beta \sigma_{\bar{x}}; \bar{x} + t_\beta \sigma_{\bar{x}}) . \quad (4.18)$$

Доверительный интервал для любого случайного значения определяется аналогичным образом, но в качестве меры разброса используется не стандартная ошибка $\sigma_{\bar{x}}$, а общее среднее квадратическое отклонение σ_x . Тогда доверительный интервал для любого случайного значения будет обозначаться I_{β_x} и определяться по формуле

$$I_{\beta_x} = (\bar{x} - t_\beta \sigma_x; \bar{x} + t_\beta \sigma_x) . \quad (4.19)$$

Пример 4.4. Из генеральной совокупности получена выборка объемом 25 наблюдений, статистические характеристики которой равны $\bar{x} = 3,09$ руб., $\sigma_x = 1,0$ руб. Найти доверительные интервалы с гарантией 70%, в которых находятся математическое ожидание и любое наблюдение из анализируемой совокупности.

Решение. Для определения доверительного интервала математического ожидания рассчитаем стандартную ошибку по формуле (4.8) и, пользуясь приложением 5, найдем t_β :

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}} = \frac{1}{\sqrt{25}} = 0,2 ; \text{ для } n=25 \text{ и } \beta=0,7 \quad t_\beta = 1,059 .$$

Тогда по формуле (4.18) находим $I_{\beta_x} = (3,09 - 1,059 \cdot 0,2; 3,09 + 1,059 \cdot 0,2) = (2,88; 3,3)$.

Любое наблюдение с гарантией 70% будет находиться в диапазоне

$$I_{\beta_x} = (3,09 - 1,059 \cdot 1; 3,09 + 1,059 \cdot 1) = (2,03; 4,15) .$$

Таблицы значений t_β (приложение 5) можно использовать не только для оценки доверительного интервала, но и для получения односторонних оценок, характеризующих верхнюю (ВГ) и нижнюю (НГ) гарантированные границы значения показателя. Верхняя граница показателя определяется по формулам (4.18) и (4.19) с использованием только второй части, т.е.

$$BG_{\bar{x}} = \bar{x} + t_\beta \sigma_{\bar{x}}; BG_x = \bar{x} + t_\beta \sigma_x .$$

Тогда гарантия для односторонней оценки будет равна

$$P(BG) = 0,5 + \frac{\beta}{2} = \beta' . \quad (4.20)$$

Напротив, если известна гарантия верхней оценки $P(BG)$, то гарантия для доверительного интервала определяется из соотношения

$$\beta = 2P(BG) - 1 = 2\beta' - 1 .$$

При назначении гарантии β возникает вопрос о том, какова должна быть ее величина (0,7; 0,9 и др.). Рассмотрим вопрос о назначении гарантии на примере. Предположим, что закон распределения ежедневного расхода наличных денег в воинской части является нормальным и имеет характеристики $\bar{x} = 200$ руб., $\sigma_x = 50$ руб. Практически с полной гарантией можно утверждать, что расход денежных средств в любой день не превышает $200 + 3 \cdot 50 = 350$ руб. Следовательно, если постоянно иметь в кассе на начало рабочего дня 350 руб., то все текущие потребности в наличных деньгах будут удовлетворены практически немедленно. Ситуации, когда из-за отсутствия в кассе наличных денег откладывается выполнение каких-либо мероприятий, исключены.

Однако постоянное хранение большой суммы денежных средств в кассе имеет отрицательные экономические последствия (замедляется оборот денежной массы, увеличивается эмиссия денег, увеличивается риск утрат денежных знаков и т.д.).

Следовательно, суммы хранения денежных средств в кассе должны быть установлены на таком уровне, чтобы свести к минимуму возможные последствия как для финансового обеспечения плановых мероприятий, так и для денежного обращения. Аналогичная ситуация возникает при определении нормативов материальных запасов, при планировании потребности в денежных средствах по отдельным статьям сметы Министерства обороны. Чем жестче требования к немедленному удовлетворению потребности в ресурсах, тем выше должна быть гарантия β . Практически целесообразно принимать $\beta = 0,7$, так как при небольшом колебании случайной величины (около одного среднего квадратического отклонения) обеспечивается высокая степень двусторонней гарантии. При этом рассчитанная с помощью формулы (4.20) односторонняя гарантия достигает 0,85, что следует считать вполне достаточным для решения практических вопросов.

4.2.2. Формирование выборок

Необходимость выборочного обследования обусловлена либо невозможностью осуществления сплошного контроля, либо его дороговизной. Например, сплошная проверка качества таких материалов, как топливо, может привести к нарушению производства, а сплошная ежегодная перепись населения страны является чрезвычайно дорогим мероприятием. Поэтому необходимо проводить выборочные обследования, получать основные статистические характеристики по данным выборки.

Сущность **выборочного метода** состоит в том, что к обследованию привлекается некоторое количество единиц, специальным образом отобранных из генеральной совокупности. При формировании выборки должна быть обеспечена ее представительность, которая зависит от двух основных факторов: от объема и способа формирования выборки. Наиболее важным принципом, который используется в выборочном методе, является обеспечение равной возможности всем наблюдениям, входящим в генеральную совокупность, быть избранными, попасть в выборку.

В зависимости от способа формирования различают следующие виды выборок: собственно-случайная, механическая, типическая и серийная.

Собственно-случайная выборка характерна тем, что для ее формирования все члены генеральной совокупности предварительно нумеруются, затем включаются в выборку случайным образом. Обеспечить случайный выбор можно с помощью специальных карточек, пронумерованных и перемешанных, либо с помощью специальных таблиц случайных чисел. Например, из 100 документов необходимо случайным образом отобрать 10. Из таблиц случайных чисел выписываются последние две цифры, идущие подряд. Выбранные таким путем номера покажут, какие элементы из генеральной совокупности должны быть включены в выборку. При отсутствии таблиц случайных чисел можно пользоваться таблицами логарифмов, синусов и др.

Собственно-случайная выборка может быть с повторным и бесповторным отбором членов генеральной совокупности. Повторный отбор предполагает возможность включения в выборку одного и того же элемента генеральной совокупности два раза и более. Бесповторный отбор исключает такую возможность. Он используется главным образом при контроле документов.

Механической называется выборка, в которую члены генеральной совокупности отбираются через определенный интервал. Например, в работе В.И.Ленина «К вопросу о задачах земской статистики» описан следующий порядок отбора для выборочного обследования крестьянских хозяйств Пензенской губернии: «Производится сплошная подворная перепись *всех* крестьянских хозяйств по *сокращенной* похозяйственной карточке. Затем каждое третье хозяйство описывается по более полной *краткой* похозяйственной карточке; – каждое девятое – по еще более полной... карточке; – каждое *двадцать седьмое* хозяйство – по еще более полной *специальной* похозяйственной карточке...»¹

При формировании выборки механическим способом важно обеспечить, чтобы члены генеральной совокупности не изменялись с той же или кратной ей периодичностью, как и периодичность отбора элементов в выборку.

Типическая выборка формируется следующим образом. Вся генеральная совокупность предварительно разбивается на непересекающиеся группы (наряды на работу, чеки, счета и т.д.). Затем от каждой группы образуются собственно-случайные выборки и включаются в общую выборочную совокупность. Генеральную совокупность можно разбивать на группы по месяцам или по лицевым счетам и из них формировать выборку, которая будет являться типической.

Для образования **серийной выборки** генеральная совокупность разбивается на группы (серии). Затем из групп (серий) отбираются некоторые полностью и включаются в выборочную совокупность.

В зависимости от поставленной задачи различают выборки для оценки среднего значения анализируемого показателя (средняя заработная плата, средняя сумма переплат, недоплат и неположенных выплат и т.п.) и для нахождения доли членов генеральной совокупности, обладающих определенным признаком (доля неправильно оформленных документов, доля стандартных или бракованных изделий и т.п.).

При использовании выборочного метода возникают две группы ошибок: ошибки регистрации и ошибки репрезентативности (представительности).

Ошибки регистрации характеризуют разницу между истинным значением признака (изучаемого показателя) и значением, зарегистрированным при наблюдении. Они могут быть умышленными и неумышленными, завышающими значение изучаемого признака и занижающими его, систематическими и случайными.

Ошибки репрезентативности (от латинского *represento* – представляю) характеризуют расхождение между обобщающими статистическими характеристиками (среднее значение показателя, доля ошибочно оформленных документов и т.д.) в выборочной совокупности и характеристикой генеральной совокупности. Ошибки репрезентативности могут быть систематическими и случайными. Систематические ошибки возникают при неправильном фор-

1 Ленин В.И. Полн. собр. соч., т. 24, с. 274.

мировании выборочной совокупности. Например, если проверяются документы только за первую декаду каждого месяца, то возникает систематическая ошибка.

Случайная ошибка возникает в результате недостаточного объема выборки. Для предотвращения систематической ошибки необходимо глубоко изучить проверяемые объекты и обоснованно назначить способ формирования выборки. Случайную ошибку можно сократить путем увеличения объема выборочной совокупности.

Решение вопроса о возможности и границах применения выборочного метода должно зависеть от характера исследуемого объекта. Если последствия от ошибки репрезентативности велики, то выборочный метод применяться не должен, а генеральная совокупность должна подвергаться сплошному контролю (например, ответственные детали оружия стратегического назначения, кассовые документы и т.д.). Если же таких ограничений нет, то следует обратиться к выборочному методу и решить вопрос о способе формирования выборки и определении ее объема.

В некоторых случаях действующими инструкциями и положениями предусмотрено проведение только сплошной проверки (например, контроль кассовых операций и др.).

4.2.3. Определение объема выборки

Выборочный метод, обладая несомненным достоинством, состоящим в возможности значительно сократить время на контроль и получение основных статистических характеристик, приводит к появлению ошибки и уменьшению гарантии получения истинных характеристик генеральной совокупности. **Предельной ошибкой выборки** при решении задачи нахождения среднего значения называется наибольшее отклонение выборочной средней от генеральной средней (математического ожидания), которое может быть допущено с заданной доверительной вероятностью. Иначе говоря, предельная ошибка – это максимальное вероятное отклонение выборочного среднего от истинного значения измеряемой величины. Она обычно измеряется количеством средних квадратических отклонений.

При решении задачи определения выборочной средней в случае использования бесповторной выборки предельная ошибка l рассчитывается по формуле

$$l = t_{\beta} \sqrt{\frac{\sigma_x^2}{n'} \left(1 - \frac{n'}{N}\right)} = t_{\beta} \sigma_x \sqrt{\frac{1}{n'} - \frac{1}{N}}, \quad (4.21)$$

где t_{β} – коэффициент Стьюдента;
 σ_x – среднее квадратическое отклонение;
 n' – объем выборки при бесповторном отборе;
 N – объем генеральной совокупности.

При определении выборочной доли ω предельная ошибка определяется по формулам:

– для повторной выборки:

$$l = t_{\beta} \sqrt{\frac{\omega(1-\omega)}{n}}; \quad (4.22)$$

– для бесповторной выборки:

$$l = t_{\beta} \sqrt{\frac{\omega(1-\omega)}{n'} \left(1 - \frac{n'}{N}\right)}. \quad (4.23)$$

В формулах (4.22) и (4.23) величина l означает абсолютную величину отличия доли объектов с определенным признаком в генеральной и выборочной совокупностях. Например, если в генеральной совокупности доля неправильно оформленных документов составляет 20% ($P_{ген} = 0,2$), а в выборочной – 18% ($P_{выб} = 0,18$), то

$$l = P_{ген} - P_{выб} = 0,2 - 0,18 = 0,02.$$

Из формул (4.17), (4.21), (4.22) и (4.23) можно найти выражения для определения минимального значения объема выборки n . Так, для повторной выборки при определении среднего из формулы (4.17) следует

$$l^2 = t_\beta^2 \frac{\sigma_x^2}{n},$$

откуда

$$n = \frac{t_\beta^2 \sigma_x^2}{t^2}. \quad (4.24)$$

При пользовании формулой (4.24) возникает вопрос о том, какими принимать значения генеральной дисперсии σ_x^2 , предельной ошибки l и доверительной вероятности β . Вместо генеральной дисперсии можно использовать данные о выборочных дисперсиях или о проведенных ранее обследованиях. Например, обработка актов ревизий финансово-хозяйственной деятельности 55 воинских частей позволила получить значение среднего квадратического отклонения сумм финансовых нарушений, которое составило = 119,8 руб.

При назначении размера предельной ошибки l следует учитывать существо задачи и опыт ранее проводимых обследований. Например, при определении предельной ошибки l для проведения ревизий финансово-хозяйственной деятельности войск можно исходить из того, что, начиная с воинского соединения, финансовая отчетность представляется в тысячах рублей с одним десятичным знаком. Значит, следуя правилам округления до двух знаков, мы не должны допускать ошибку, превышающую 50 руб. ($l \leq 50$). В некоторых случаях, когда последствия ошибки велики или возникает необходимость в проверке денежных расходных документов, допустимая предельная ошибка может быть значительно уменьшена.

При назначении гарантии β также следует учитывать опыт прошлых обследований и требуемую точность определения выборочных статистических характеристик. Например, если принять, что в результате первых ревизий выявляется около 70% всех растрат и хищений, а остальные 30% – при проведении вторых, третьих и последующих ревизий, то следует принимать $\beta \geq 0,7$. Гарантия β является главным фактором, влияющим, на коэффициент t_β в формулах (4.17), (4.21), (4.22) и (4.23), так как при увеличении объема выборки n от 20 до бесконечности значение t_β меняется всего на 2,7%.

Пример 4.5. Определить количество нарядов на выполнение строительных работ, выполняемых хозяйственным способом, чтобы с гарантией 95% можно было утверждать, что ошибка в определении правильности применения расценок и фактически выполненных объемов работ не превысит 5 руб. Выборка формируется повторным способом. Из опыта прошлых проверок известно, что $\sigma_x = 120$ руб.

Решение. По приложению 5 для $\beta = 0,95$ принимаем $t_\beta = 1,96$. Тогда по формуле (4.24) определим количество проверяемых документов n :

$$n \geq \frac{t_\beta^2 \sigma_x^2}{l^2} = \frac{1,96^2 \cdot 120^2}{5^2} = 2213.$$

Если предельную ошибку увеличить до 10 руб., то объем выборки будет равен

$$n \geq \frac{1,96^2 \cdot 120^2}{10^2} = 553,2.$$

Если выборка является бесповторной, то объем выборки можно определить путем преобразования формулы (4.21).

Так как

$$l = t_\beta \sqrt{\frac{\sigma_x^2}{n'} \left(1 - \frac{n'}{N}\right)},$$

то

$$l^2 = t_\beta^2 \sigma_x^2 \frac{N - n'}{N n'},$$

откуда

$$n' = \frac{t_{\beta}^2 \sigma_x^2 N}{t_{\beta}^2 \sigma_x^2 + l^2 N} = \frac{1}{\frac{l^2}{t_{\beta}^2 \sigma_x^2} + \frac{1}{N}} .$$

Учитывая, что $\frac{l^2}{t_{\beta}^2 \sigma_x^2} = n$ (по формуле для повторной выборки), можно записать

$$n' = \frac{1}{\frac{1}{n} + \frac{1}{N}} = \frac{nN}{n+N} , \quad (4.25)$$

где n – объем повторной выборки, определяемый по формуле (4.24);
 N – объем генеральной совокупности.

Пример 4.6. При сохранении условий, приведенных в примере 4.5, определить объем бесповторной выборки, если проверяется 5000 документов.

Решение. Используем полученное в примере 4.5 значение $n = 2213$. Тогда по формуле (4.25)

$$n' = \frac{2213 \cdot 5000}{2213 + 5000} = 1534 .$$

Определение объема выборки для оценки доли производится в тех случаях, когда анализу подлежат не показатели, измеряемые количественно (сумма выплаченной заработной платы, переplat, недоплат, неположенных выплат и др.), а показатели, характеризующие наличие объектов с определенным признаком (неправильное оформление документов, изготовление или ремонт деталей с дефектом и т.д.). В этих случаях определяются доля неправильно оформленных документов, доля дефектных деталей.

Допустим, что в генеральной совокупности объемом N имеется M объектов с признаком A и соответственно $N - M$ документов с признаком \bar{A} . Например, признак A – это наличие дефектных деталей или наличие ошибок в оформлении документов. Тогда доля объектов с признаком A в генеральной совокупности составит

$$P = \frac{M}{N} .$$

Соответственно доля объектов с признаком \bar{A} составит

$$q = 1 - p = 1 - \frac{M}{N} = \frac{N - M}{N} .$$

В выборочной совокупности объемом n количество документов с признаком A составит m , а их доля $\omega = \frac{m}{n}$.

Для повторной выборки, когда объекты возвращаются в генеральную совокупность, закон распределения признака A будет иметь следующий вид (табл. 4.12):

Таблица 4.12

Признак	Результат появления признака А	Вероятность появления признака А
A	1	P
\bar{A}	0	q

Математическое ожидание результата появления признака А составит

$$m_x = 1 \cdot P + 0 \cdot q = P ,$$

а дисперсия (см. подразд. 3.3.4)

$$D_x = (1 - P)^2 P + (0 - P)^2 q = q^2 P + P^2 q = Pq(P + q) = Pq = \sigma_x^2 .$$

Тогда в формуле (4.24) величину σ_x^2 можно заменить на pq и для повторной выборки она примет вид

$$n = \frac{t_\beta^2 P q}{l^2} = \frac{t_\beta^2 P (1-P)}{l^2} .$$

Если вероятности p и q для генеральной совокупности неизвестны, то p может быть заменена на выборочную долю ω :

$$n = \frac{t_\beta^2 \omega (1-\omega)}{l^2} . \quad (4.26)$$

При бесповторном отборе размер выборки n' определяется из формулы (4.23) путем преобразований:

$$l^2 = t_\beta^2 \frac{\omega(1-\omega)}{n'} \left(1 - \frac{n'}{N}\right) ,$$

откуда

$$n' = \frac{N t_\beta^2 \omega (1-\omega)}{N l^2 + t_\beta^2 \omega (1-\omega)} . \quad (4.27)$$

Если заранее (из прошлого опыта) значение выборочной доли ω неизвестно, то следует задаваться $\omega(1-\omega)=0,25$.

Такое решение является страховочным и дает гарантированное значение объема выборки. Действительно, если $\omega=0,1$, то $\omega(1-\omega)=0,1 \cdot 0,9=0,09$. При $\omega=0,2$ $\omega(1-\omega)=0,2 \cdot 0,8=0,16$ и т.д. При $\omega=0,5$ $\omega(1-\omega)=0,5(1-0,5)=0,25$.

Пример 4.7. Каким должен быть объем повторной и бесповторной выборок из совокупности $N=8000$ документов, чтобы с гарантией $\beta=0,95$ не допустить ошибку в определении доли неправильно оформленных документов, большую, чем 0,02?

Решение. Для $N=8000$ и $\beta=0,95$ по приложению 5 находим $t_\beta=1,96$. Поскольку заранее доля дефектных документов неизвестна, принимаем $\omega(1-\omega)=0,25$. Предельная ошибка $l=0,02$. Тогда для повторной выборки по формуле (4.26)

$$n = \frac{1,96^2 \cdot 0,25}{0,02^2} = 2401 ;$$

для бесповторной выборки по формуле (4.27)

$$n' = \frac{8000 \cdot 1,96^2 \cdot 0,25}{8000 \cdot 0,02^2 + 1,96^2 \cdot 0,25} = 1847 .$$

Если увеличить предельную ошибку до $l=0,04$, то

$$n' = \frac{8000 \cdot 1,96^2 \cdot 0,25}{8000 \cdot 0,04^2 + 1,96^2 \cdot 0,25} = 559 .$$

Применение выборочного метода дает значительный эффект за счет сокращения времени, затрачиваемого на контроль. Так, в примере 4.7 вместо проверки 8000 документов достаточно проверить 1850-2400, чтобы при незначительном снижении уровня гарантии, всего на 5% (при $\beta=0,95$), получить данные с ошибкой в определении доли дефектных документов, не превышающей 0,02. Сокращение объема выборки позволяет уменьшить время на контроль почти в 4 раза.

Умение использовать методы статистического анализа особенно важно для экономистов, работников финансовой и довольствующих служб, постоянно имеющих дело с большими объемами учетно-статистической информации. Применение этих методов значительно повышает качество принимаемых решений, уровень их научной обоснованности. Обработка статистических данных и подготовка их для анализа могут проводиться с помощью малых электронно-клавишных машин, а также ЭВМ различных классов при наличии стандартных программ.