

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«Брестский государственный технический университет»**

Кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей»

**Конспект лекций по дисциплине
«ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
И ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ»**

для студентов специальностей

1 - 37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей»,

1 – 37 01 07 «Автосервис»



Брест 2011

УДК 629.331.08

Конспект лекций по дисциплине «Основы научных исследований и инновационной деятельности» для студентов специальностей 1 - 37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей», 1-37 01 07 «Автосервис» предназначен для подготовки к экзамену по данному предмету, а также к лабораторным работам и курсовой работе.

Составитель: С.В. Монтик, зав. кафедрой ТЭА, доцент, к.т.н.

Рецензент: директор ОАО «Трансбуг» Н. М. Пославский

© Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет» 2011

Оглавление

Раздел 1 Основы научных исследований	4
1.1 Законодательные акты Республики Беларусь о научной деятельности	4
1.2 Организационная структура науки в Республике Беларусь	6
1.3 Подготовка и повышение квалификации научных, научно-педагогических и инженерных кадров	8
1.4 Организация научно-исследовательской работы в вузе	8
1.5 Порядок выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ	9
1.6 Экспериментальные исследования	10
1.7 Основные положения математического моделирования	12
1.8 Основные показатели надежности	12
1.9. Расчет показателей надежности автомобиля	17
1.10 Закономерности процессов восстановления	22
1.11 Статистическая обработка результатов незавершенных испытаний (цензурированных выборок)	24
1.12 Выбор оптимальной вероятностной математической модели при обработке эксплуатационных испытаний на надежность [5]	25
1.13. Системы массового обслуживания в технической эксплуатации автомобилей [5,6]	29
1.14 Общие сведения о методе статистического моделирования	34
1.15 Решение задач технической эксплуатации автомобилей методами имитационного моделирования	34
1.17 Транспортная задача линейного программирования [3]	37
1.18 Решение задач материально-технического обеспечения [3]	38
1.19. Дисперсионный, корреляционный и регрессионный анализ	40
1.15 Планирование эксперимента	42
Раздел 2 Инновационная деятельность	47
2.1 Инновационная деятельность. Термины и определения	47
2.2 Национальная инновационная система Республики Беларусь	49
2.3 Государственная программа инновационного развития Республики Беларусь на 2011–2015 годы	51
2.4 Этапы инновационного процесса	52
2.5 Инновационный менеджмент предприятия [2]	53
2.6 Инновационные стратегии предприятия [2]	55
2.7 Проектное управление инновационной деятельностью [2]	57
2.8 Содержание и особенности технологического трансфера [2]	61
2.8 Оценка эффективности продуктовых инновационных проектов	62
Список использованных источников	64

Раздел 1 Основы научных исследований

1.1 Законодательные акты Республики Беларусь о научной деятельности

1.1.1 Закон РБ «Об основах государственной научно-технической политики»

Государственная научно-техническая политика – неотъемлемая часть социально-экономической политики РБ, включающая основные цели, принципы, направления и способы воздействия государства на субъекты научной, научно-технической и инновационной деятельности, порядок взаимоотношений между ними и государством, а также между субъектами научной, научно-технической и инновационной деятельности.

Научно-техническая деятельность – деятельность, включающая проведение прикладных исследований и разработок с целью создания новых или усовершенствования существующих способов и средств осуществления конкретных процессов.

Научная деятельность – творческая деятельность, направленная на получение новых знаний о природе, человеке, обществе, искусственно созданных объектах и на использование научных знаний для разработки новых способов их применения

Основная **цель государственной научно-технической политики** - обеспечение экономического и социального развития республики за счет эффективного использования интеллектуальных ресурсов общества.

Основные принципы формирования и реализации государственной научно-технической политики РБ: государственная поддержка фундаментальных и прикладных исследований; выбор приоритетных направлений научно-технической деятельности и первоочередная государственная поддержка научных исследований и разработок, способствующих решению важнейших проблем социально-экономического развития республики; ориентация научной, научно-технической и инновационной деятельности на преимущественное развитие в республике наукоемких ресурсо-, энерго- и трудосберегающих производств и технологий.

Государственная научно-техническая политика формируется Президентом Республики Беларусь с участием Правительства – Совета Министров Республики Беларусь и реализуется Правительством Республики Беларусь

1.1.2 Закон РБ «О научной деятельности»

Фундаментальные научные исследования – теоретические и (или) экспериментальные исследования, направленные на получение новых знаний об основных закономерностях развития природы, человека, общества, искусственно созданных объектов. Фундаментальные научные исследования могут быть **ориентированными**, то есть направленными на решение научных проблем, связанных с практическими приложениями;

Прикладные научные исследования – исследования, направленные на применение результатов фундаментальных научных исследований для достижения конкретных практических целей;

Принципы государственного регулирования научной деятельности: взаимодействие научных организаций и учреждений, обеспечивающих получение высшего и послевузовского образования, повышение квалификации и переподготовку кадров; контроль за эффективным использованием государственных средств, выделенных на про-

ведение научных исследований; концентрации научных ресурсов и финансовых средств на научных исследованиях, направленных на реализацию приоритетных направлений социально-экономического развития Республики Беларусь

Приоритетные направления научных исследований разрабатываются Национальной академией наук Беларуси, утверждаются Советом Министров Республики Беларусь и являются основанием для распределения средств республиканского и местных бюджетов, выделяемых на научную деятельность.

Государственные программы научных исследований разрабатываются в целях реализации государственной научно-технической политики по приоритетным направлениям научных исследований и решения конкретных научных задач, имеющих непосредственное приложение в народном хозяйстве.

Конкурсный отбор заданий государственных программ научных исследований и отдельных проектов фундаментальных и прикладных научных исследований, финансируемых из республиканского бюджета, осуществляется на основе результатов **государственной научной экспертизы**.

Научным работником высшей квалификации признается научный работник, имеющий ученую степень. **Подготовка научных работников высшей квалификации** организуется в рамках **аспирантуры (адъюнктуры) и докторантуры** в целях обеспечения условий, необходимых для подготовки и защиты диссертаций на соискание ученой степени соответственно кандидата наук, доктора наук. Для проведения защиты диссертаций при научных организациях и ВУЗах создаются **советы по защите диссертаций**.

В Республике Беларусь присуждаются **ученые степени кандидата наук и доктора наук** и академические ученые звания: члена-корреспондента; действительного члена (академика) Национальной академии наук Беларуси; а также **ученые звания доцента и профессора**.

К результатам научной деятельности относятся: новые знания, полученные теоретически или экспериментально и (или) изложенные в любой форме либо зафиксированные на любых материальных носителях информации, допускающих их воспроизведение и (или) практическое использование; экспериментальные (лабораторные) образцы объектов и процессы, созданные на основе новых знаний, а также документация на эти объекты и процессы. Результаты научной деятельности оцениваются по критериям новизны, значимости для науки и практики, объективности, доказательности и точности.

1.1.3 Закон РБ «О Национальной академии наук Беларуси»

Статус Национальной академии наук. Национальная академия наук является *высшей государственной научной организацией Республики Беларусь*, осуществляющей организацию и координацию фундаментальных и прикладных научных исследований, выполняемых всеми субъектами научной деятельности, а также проведение фундаментальных и прикладных научных исследований, разработок; организацию, проведение и координацию государственной научной экспертизы.

Академия наук подчиняется Президенту Республики Беларусь и подотчетна Совету Министров Республики Беларусь.

Основная задача Академии наук – это научное обеспечение экономического, социального и государственно-правового развития Республики Беларусь, ее культуры, рационального использования и охраны природы.

Состав Национальной академии наук. Академия наук объединяет в своем составе действительных членов (академиков), членов-корреспондентов Академии наук, иных членов Общего собрания Академии наук, почетных и иностранных членов Академии наук, отделения и региональные филиалы Академии наук, аппарат Академии наук, научные организации и иные юридические лица, находящиеся в ее ведении.

Отделения Академии наук являются ее основными научными и научно-организационными подразделениями, объединяющими действительных членов (академиков) и членов-корреспондентов Академии наук одной или нескольких областей науки.

1.2 Организационная структура науки в Республике Беларусь

Государственное управление в сфере научной деятельности осуществляют:

- Президент Республики Беларусь,
- Совет Министров Республики Беларусь,
- Государственный комитет по науке и технологиям (ГКНТ) Республики Беларусь,
- Высшая аттестационная комиссия (ВАК) Республики Беларусь,
- Национальная академия наук Беларуси (НАН Беларуси)

Организационная структура науки представлена на рис. 1.1. Обозначение на рисунке: БРФФИ – Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований, РНТИ – Республиканская научно-техническая библиотека, БелИСА – Белорусский институт системного анализа и информационного обеспечения научно-технической сферы.

Совет Министров Республики Беларусь: осуществляет общее руководство научными исследованиями; обеспечивает единую политику в области науки и техники, организует разработку прогнозов; определяет основные направления и программы работ по решению важнейших научных и научно-технических проблем.

Руководство осуществляется через **Государственный комитет по науке и технологиям (ГКНТ)** – это республиканский орган государственного управления, проводящий государственную политику и реализующий функцию государственного регулирования и управления в сфере научной, научно-технической и инновационной деятельности, а также охраны прав на объекты интеллектуальной собственности

Главными задачами ГКНТ являются: разработка и реализация государственной политики в области науки, технологий и информатизации; координация деятельности министерств и иных республиканских органов управления, объединений, организаций и заведений в области научной, научно-технической, инновационной деятельности и информатизации, а также международного сотрудничества в этих направлениях.

Основными научными и научно-организационными подразделениями Национальной академии наук Беларуси являются отделения.

Также в состав Национальной академии наук входят: научно-производственные объединения (НПО); научно-практические центры (НПЦ); научно-исследовательские институты (НИИ).

Научно-производственное объединение включает: научно-исследовательский институт, специальное конструкторское бюро; производственное подразделение (производство, завод и т.д.).

Кроме НИИ, подчиненных НАН Беларуси в отраслях народного хозяйства действуют **отраслевые научно-исследовательские институты**, которые занимающиеся в основ-

ном решением актуальных проблем отрасли и выполняют главным образом прикладные исследования, которые служат каналом для обеспечения связи науки с производством. Они непосредственно подчиняются соответствующим министерствам. В системе Министерства транспорта и коммуникаций таким отраслевым НИИ является **Белорусский научно-исследовательский институт транспорта (БелНИИТ) «Транстехника»**.

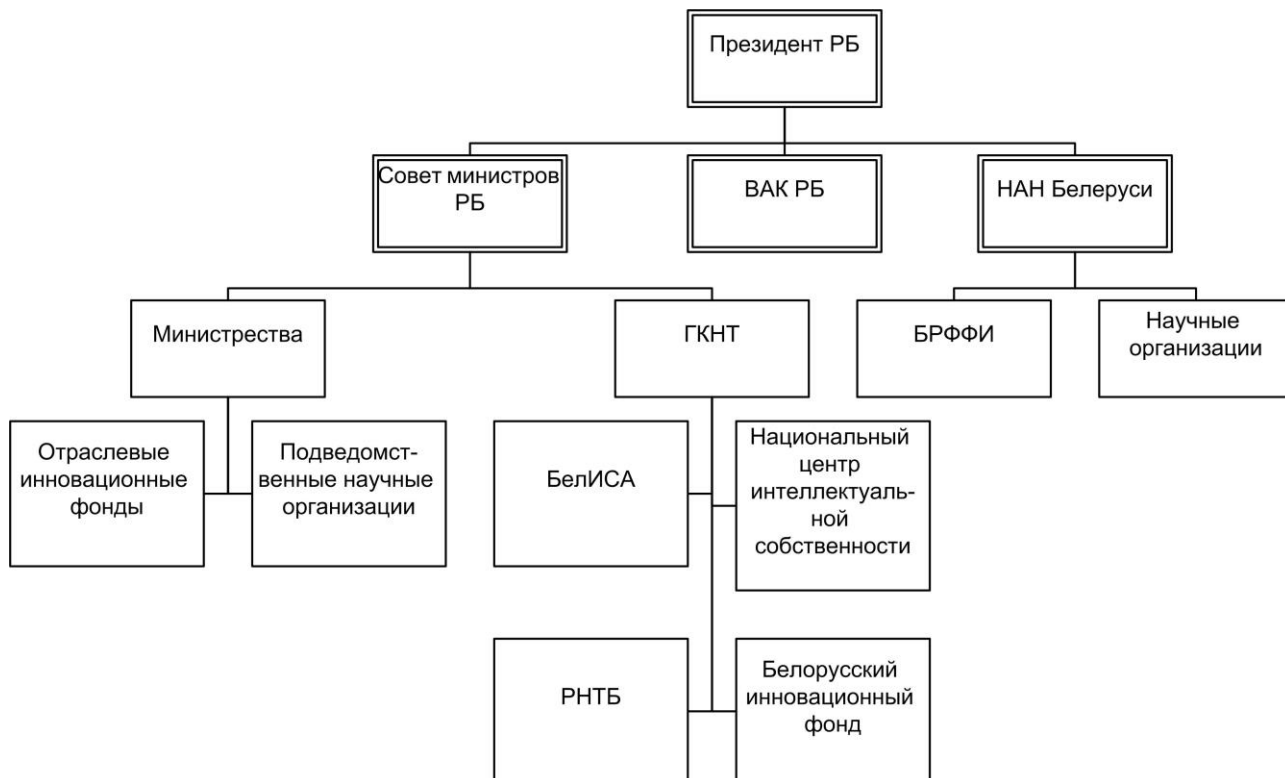


Рисунок 1.1 – Организационная структура науки в РБ

БелНИИТ «Транстехника» - это ведущий научно-технический центр Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь по проведению научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ в области автомобильного транспорта.

Основные направления деятельности БелНИИТ «Транстехника»:

- разработка проектов государственных и отраслевых программ и проектов развития транспортного комплекса Республики Беларусь
- совершенствование системы перевозок грузов и пассажиров
- разработка оборудования, испытательных стендов, приборов, оснастки и технологических процессов для технического обслуживания и ремонта автотранспорта, его систем, узлов и деталей
- разработка линейных норм расхода топлива на механические транспортные средства и норм расхода топлива на суда, машины, механизмы и оборудование
- охрана труда на автомобильном транспорте
- охрана окружающей среды и экологическая безопасность на транспорте
- разработка проектов нормативных документов
- издание и распространение нормативной правовой и технологической документации

1.3 Подготовка и повышение квалификации научных, научно-педагогических и инженерных кадров

В соответствии с Кодексом Республики Беларусь об образовании к видам основного образования относится высшее образование и послевузовское образование.

Высшее образование подразделяется на две ступени. На **I ступени высшего образования** обеспечивается подготовка **специалистов**, обладающих фундаментальными и специальными знаниями, умениями и навыками, с присвоением квалификации специалиста с высшим образованием. На **II ступени высшего образования (магистратура)** обеспечиваются углубленная подготовка специалиста, формирование знаний, умений и навыков научно-педагогической и научно-исследовательской работы с присвоением **степени магистра**.

Послевузовское образование включает в себя две ступени. **Аспирантура - I ступень послевузовского образования**, направленная на подготовку специалистов, обладающих навыками проведения научных исследований, позволяющими подготовить квалификационную научную работу (**диссертацию**) на соискание **ученой степени кандидата наук**. На I ступени послевузовского образования реализуется образовательная программа аспирантуры, обеспечивающая получение **научной квалификации "Исследователь"**. **Докторантура - II ступень послевузовского образования**, направленная на подготовку специалистов, обладающих навыками научно-исследовательской работы, позволяющими подготовить квалификационную научную работу (**диссертацию**) на соискание **ученой степени доктора наук**.

Система дополнительного образования взрослых предусматривает следующие образовательные программы: повышения квалификации руководящих работников и специалистов, их переподготовки; стажировки руководящих работников и специалистов; специальной подготовки, необходимой для занятия отдельных должностей; повышения квалификации рабочих (служащих) и их переподготовки; профессиональной подготовки рабочих (служащих) и др.

Учреждения дополнительного образования взрослых могут быть следующих видов: академия последипломного образования; институт повышения квалификации и переподготовки; институт развития образования; центр повышения квалификации руководящих работников и специалистов; центр подготовки, повышения квалификации и переподготовки рабочих.

1.4 Организация научно-исследовательской работы в вузе

Значительный объем научных исследований выполняют высшие учебные заведения страны. Часть из них входит в систему Министерства образования Республики Беларусь, другая часть подчинена отраслевым министерствам (медицинские и сельскохозяйственные вузы).

Преимущество вузов при выполнении НИР является: наличие в их составе ученых и специалистов различного профиля, что позволяет проводить комплексные исследования на стыке научных дисциплин, обеспечивать мобильность научных коллективов. К выполнению научных исследований в вузе привлекается профессорско-преподавательский состав. Выполнение научных исследований включается в индивидуальный план каждого преподавателя.

В вузах, обеспечивающих высокую эффективность научных исследований по актуальным направлениям, организуются — **проблемные научно-исследовательские лаборатории**, а в некоторых случаях и самостоятельные **научно-исследовательские институты**.

Прикладные исследования выполняются профессорско-преподавательским составом в свободное от основной работы время за дополнительную оплату на основе **хозяйственных договоров** с организациями и предприятиями. Для организации хозяйственных научных исследований в вузах создаются **научно-исследовательские секторы (НИС)** или **научно-исследовательские части (НИЧ)**. Они осуществляют контроль за своевременностью и качеством выполняемых исследований, правильностью финансовых расчетов

1.5 Порядок выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ

Стандарт СТБ 1080-97 определяет порядок выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию научно-технической продукции.

К **научно-технической продукции** относятся научная продукция, конструкторская и технологическая документация, программные средства, сопроводительная документация, модели, макеты, опытные образцы веществ, материалов и изделий, нормативная документация.

К **научной продукции** относятся результаты исследования, содержащихся в отчетах о НИР, докладах, описаниях, монографиях и других печатных изданиях.

Научно-исследовательская работа (НИР) - комплекс научных исследований, проводимых с целью получения обоснованных исходных данных, изыскания принципов и путей создания новой и модернизации выпускаемой продукции.

Опытно-конструкторская работа (ОКР) - комплекс работ, выполняемых при создании или модернизации продукции, разработка конструкторской и технологической документации (далее - КД, ТД), изготовление и испытание опытных образцов (опытной партии).

Основанием для выполнения НИР или ОКР является: утвержденные программы (планы) работ; распорядительные документы органов государственного управления Республики Беларусь; договор с заказчиком; приказ или другой распорядительный документ руководителя предприятия, выполняющего НИР или ОКР в инициативном порядке.

Финансирование НИР и ОКР может осуществляться из республиканского бюджета; внебюджетных средств для финансирования отраслевых НИР и ОКР; фонда фундаментальных исследований; средств заказчика; средств исполнителя НИР и ОКР (при инициативной разработке).

Порядок выполнения НИР:

1. Разработка технического задания
2. Выбор направления исследований
3. Теоретические и экспериментальные исследования
4. Обобщение и оценка результатов исследования

По результатам НИР исполнитель составляет отчет о НИР, который должен содержать обобщение результатов работ, в том числе документы, подтверждающие испытания экспериментальных (опытных) образцов, а также рекомендации по реализации НИР и данные по их экономической эффективности. Структура и оформление отчета о НИР - в соответствии с ГОСТ 7.32

Порядок выполнения ОКР:

1. Сбор, изучение и анализ материалов и определение необходимости экспериментальных (опытных) работ
2. Техническое и организационное обеспечение экспериментальных (опытных) работ
3. Выполнение экспериментальных (опытных) работ и обработка результатов
4. Обобщение и приемка результатов ОКР

1.6 Экспериментальные исследования

Эксперимент - это система операций, воздействий и (или) наблюдений, направленных на получение информации об объекте при исследовательских испытаниях. Эксперимент состоит из опытов.

Опыт - это воспроизведение исследуемого явления в определенных условиях проведения эксперимента при возможности регистрации его результатов. Условия опытов определяются **уровнями (значениями) факторов**.

Фактор - это переменная величина, по предположению влияющая на результаты эксперимента. **Уровень фактора** - это фиксированное значение фактора относительно начала отсчета.

Отклик - это наблюдаемая случайная переменная, по предположению, зависящая от факторов. По данным эксперимента определяется зависимость математического ожидания отклика y от факторов x_1, x_2, \dots, x_n - **функцию отклика**

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n; b_0, b_1, \dots, b_m),$$

где b_0, b_1, \dots, b_m - параметры модели.

План эксперимента - это совокупность данных, определяющих число, условия и порядок реализации опытов.

Лабораторный эксперимент проводится в лабораторных условиях с применением типовых приборов, специальных моделирующих установок, стендов, оборудования и т.д.

Натурный эксперимент проводится в естественных условиях и на реальных объектах. Этот вид эксперимента часто используется в процессе натуральных испытаний изготовленных систем.

Обычный (или классический) эксперимент включает экспериментатора как познающего субъекта; объект или предмет экспериментального исследования и средства (инструменты, приборы, экспериментальные установки), при помощи которых осуществляется эксперимент. В обычном эксперименте экспериментальные средства непосредственно взаимодействуют с объектом исследования.

Модельный эксперимент имеет дело с моделью исследуемого объекта. Модель входит в состав экспериментальной установки, замещая не только объект исследования, но часто и условия, в которых изучается некоторый объект.

Пассивный эксперимент – это эксперимент, при котором уровни факторов в каждом опыте регистрируются исследователем, но не задаются. Пример пассивного эксперимента - это **подконтрольная эксплуатация автомобилей**. В этом случае в автотранспортном предприятии (АТП) выделяется специальная группа подконтрольных автомобилей (выборка), выполняющая обычную транспортную работу. На каждый автомобиль заводится специальный журнал, где фиксируется и накапливается информация о всех отказах и неисправностях, на каком пробеге они произошли или выявлены, данные о нагрузках, виде перевозимого груза, среднесуточных пробегах, пробегах до ТО и между ремонтами и т.п. **Разновидностью пассивного эксперимента** является сбор статистических данных на основании различных отчетных документов: расход запасных частей и эксплуатационных материалов, заявки на текущий ремонт, межремонтные пробеги и т.п. К достоинствам пассивного эксперимента относится: достоверность, так как результаты таких наблюдений учитывают реальные условия эксплуатации автомобилей (хотя сами показатели и являются случайными величинами). Основным недостатком пассивного эксперимента: информация слишком «запаздывает», т.е. время обратной связи очень значительно. Например, от разработки какого-либо узла до момента поступления информации о его надежности из сферы эксплуатации проходит несколько лет.

Активный эксперимент - это эксперимент, в котором уровни факторов в каждом опыте задаются исследователем. Активный эксперимент проводится в соответствии с планом эксперимента.

Этапы проведения экспериментальных исследований

1. Формирование целей исследований
2. Выдвижение гипотезы об исследуемом объекте
3. Планирование эксперимента
4. Проведение эксперимента
5. Обработка и анализ результатов
6. Проверка правильности выдвинутой гипотезы
7. Выдвижение новой гипотезы, если необходимо
8. Проверка условий окончания эксперимента
9. Планирование нового эксперимента

Вычислительный эксперимент - это методология и технология исследований, основанные на применении прикладной математики и ЭВМ как технической базы при использовании математических моделей. Каждый вычислительный эксперимент основывается как на математической модели, так и на приемах вычислительной математики.

Этапы вычислительного эксперимента:

1. Исходя из целей эксперимента, строится математическая модель объекта
2. Разрабатывается метод расчета сформулированной математической модели.
3. Разрабатываются алгоритм и программа решения задачи на ЭВМ.
4. Проведение расчетов на ЭВМ.
5. Обработка результатов расчетов, их анализ и выводы.

Вычислительный эксперимент приобретает исключительное значение в тех случаях, когда натурный эксперимент и построение физической модели оказываются невозможными.

1.7 Основные положения математического моделирования

Модель - это упрощенная форма представления реальных процессов, позволяющая изучить, оценить и прогнозировать влияние факторов на поведение системы в целом. Основные виды моделей: физические, математические.

Физическая модель представляет либо реальный объект, либо его макет при заданных или создаваемых искусственно воздействиях внешней среды.

Математическая модель - это система математических соотношений (формул, функций, уравнений), описывающих те или иные стороны изучаемого объекта. **Математическое моделирование** - это процесс установления соответствия данному реальному объекту математической модели и исследование модели для получения характеристик реального объекта. Любая математическая модель, как и любая другая, описывает реальный объект лишь с некоторой степенью приближения к действительности.

Общая последовательность математического моделирования

1. Постановка задачи с точки зрения заказчика
2. Проведение экспериментальных исследований
3. Выбор типа математической модели
4. Расчет параметров математической модели
5. Проверка математической модели на адекватность
6. Составление алгоритма и разработка программы для реализации данной математической модели на ЭВМ;
7. Реализация решения на практике (прогноз).

Классификация видов математического моделирования [5]

Детерминированное моделирование - отображает детерминированные процессы, т.е. процессы, в которых предполагается отсутствие всяких случайных воздействий. **Стохастическое моделирование** - отображает вероятностные (случайные) процессы и события.

Статическое моделирование служит для описания поведения объекта в какой-либо момент времени, а **динамическое моделирование** отражает поведение объекта во времени.

Дискретное моделирование служит для описания процессов, которые предполагаются дискретными, т.е. параметрами которых являются дискретные случайные величины (число зубьев зубчатых колес, посадочные диаметры подшипников качения, частоты вращения шпинделя станка). **Непрерывное моделирование** отображает непрерывные процессы, характеризующиеся непрерывными случайными величинами.

При аналитическом моделировании процессы функционирования элементов системы записываются в виде аналитических выражений, функций. **Имитационное моделирование** воспроизводит процесс функционирования объекта (системы) во времени, при этом имитируются элементарные явления, составляющие процесс, с сохранением их логической структуры и последовательности протекания во времени.

1.8 Основные показатели надежности

1.8.1 Основные определения

Надежность - свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функ-

ции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

Надежность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения может включать **безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость** или определенные сочетания этих свойств.

Безотказность - свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки.

Долговечность - свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта. Безотказность и долговечность — это свойства автомобиля сохранять работоспособное состояние. Но безотказность — свойство автомобиля непрерывно сохранять работоспособное состояние, а долговечность — свойство автомобиля длительно сохранять работоспособное состояние с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонта.

Ремонтпригодность - свойство объекта, заключающееся в приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта.

Сохраняемость - свойство объекта сохранять в заданных пределах значения параметров, характеризующих способности объекта выполнять требуемые функции, в течение и после хранения и (или) транспортирования

Исправное состояние (исправность) - состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Неисправное состояние (неисправность) - состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Работоспособное состояние (работоспособность) - состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Неработоспособное состояние - состояние объекта, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Исправность предполагает, что выполняются все требования, относящиеся как к основным, так и к второстепенным параметрам, установленным нормативно-технической документацией. Работоспособность характеризует только требования, относящиеся к основным параметрам. Требования, относящиеся к второстепенным параметрам, могут не выполняться. Так, например, автомобиль остается работоспособным, когда у него повреждены лакокрасочные или антикоррозионные покрытия, сгорела лампочка освещения щитка приборов и т. д.

Предельное состояние - состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

Повреждение - событие, заключающееся в нарушении исправного состояния объекта при сохранении работоспособного состояния.

Отказ - событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта.

Наработка - продолжительность или объем работы объекта. Наработка может быть как непрерывной величиной (продолжительность работы в часах, километраж пробега и т. п.), так и целочисленной величиной (число рабочих циклов, запусков и т. п.).

Наработка до отказа - наработка объекта от начала эксплуатации до возникновения первого отказа. **Наработка между отказами** - наработка объекта от ремонта после отказа до возникновения следующего отказа.

Ресурс - суммарная наработка объекта от начала его эксплуатации или ее возобновления после ремонта до предельного состояния.

Срок службы - календарная продолжительность эксплуатации от начала эксплуатации объекта или ее возобновления после ремонта до предельного состояния.

Срок сохраняемости - это календарная продолжительность хранения и (или) транспортирования объекта, в течение которой сохраняются требования безотказности, долговечности и ремонтпригодности, установленным нормативно-технической документацией.

Остаточный ресурс - суммарная наработка объекта от момента контроля его технического состояния до перехода в предельное состояние

Восстанавливаемый объект - объект, для которого проведение восстановления работоспособного состояния предусмотрено в нормативно-технической документации, например, автомобиль. **Невосстанавливаемый объект** – не предусмотрено восстановление.

1.8.2 Показатели безотказности

Вероятность безотказной работы $P(l)$ - вероятность того, что в пределах заданной наработки (пробега l) отказ автомобиля не возникнет.

$$P(l) = 1 - \frac{n(l)}{N},$$

где $n(l)$ – количество отказавших автомобилей (агрегатов) за наработку (пробег); N - количество наблюдаемых автомобилей (агрегатов).

Вероятность отказа за наработку (пробег l) определяется

$$F(l) = \int_0^l f(l)dl \approx \frac{n(l)}{N},$$

где $f(l) = \frac{1}{N} \cdot \frac{dn(l)}{dl}$ - плотность вероятности отказа, которая характеризует распределение вероятности отказов от пробега. Связь между вероятностью безотказной работы $P(l)$, вероятностью отказа $F(l)$ и плотностью вероятности отказа $f(l)$ имеет вид (см. рис. 1.2):

$$P(l) = 1 - \frac{n(l)}{N} = 1 - \int_0^l f(l)dl = \int_l^{\infty} f(l)dl.$$

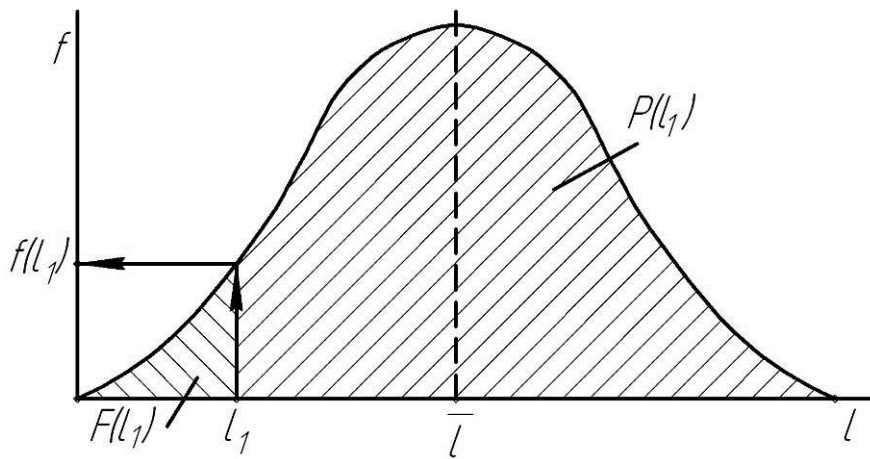


Рисунок 1.2 - Связь между вероятностью безотказной работы $P(l)$, вероятностью отказа $F(l)$ и плотностью вероятности отказа $f(l)$

Гамма-процентная наработка до отказа l_γ - наработка, в течение которой отказ объекта не возникнет с вероятностью гамма γ , выраженной в процентах.

Гамма-процентную наработку l_γ вырабатывают без отказа не менее гамма-процентов оцениваемых изделий, т.е. вероятность безотказной работы $P(l_\gamma) \geq \gamma$ (см. рис. 1.3). Обычно $\gamma = 90\%$; 95% .

Гамма-процентная наработка используется при определении периодичности технического обслуживания (ТО) по заданному уровню безотказности. Выражение $l_{\text{ТО}} = l_\gamma$ означает, что обслуживание с периодичностью $l_{\text{ТО}}$ гарантирует вероятность безотказной работы $P(l_{\text{ТО}}) \geq \gamma$ и вероятность отказа $F(l_{\text{ТО}}) \leq (1-\gamma)$.

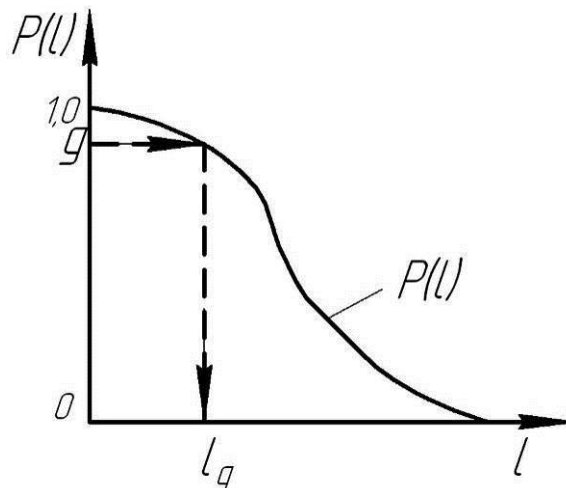


Рисунок 1.3 – Графическое определение гамма-процентной наработки на отказ l_g (g – гамма).

Средняя наработка до отказа - математическое ожидание наработки объекта до первого отказа.

Средняя наработка на отказ - отношение суммарной наработки восстанавливаемого объекта к математическому ожиданию числа его отказов в течение этой наработки. Применительно к автомобилям и их агрегатам ее можно определить из выражения

$$I_{\text{CP_HA_ОТКАЗ}} = \frac{L}{n},$$

где L – суммарный пробег всех подконтрольных автомобилей за определенный период, км; n – количество отказов, возникших на всех подконтрольных автомобилях за тот же период.

Интенсивность отказов $\lambda(l)$ - условная плотность вероятности возникновения отказа объекта, определяемая при условии, что до рассматриваемого момента времени отказ не возник. Она определяется из выражения

$$\lambda(l) = \frac{1}{N_{\text{и}}} \cdot \frac{dn(l)}{dl} = \frac{1}{N - n(l)} \cdot \frac{dn(l)}{dl} = \frac{f(l)}{P(l)}.$$

После преобразований получаем выражение, устанавливающее связь между вероятностью безотказной работы $P(l)$ и интенсивностью отказов $\lambda(l)$:

$$P(l) = \exp\left(-\int_0^l \lambda(l) dl\right).$$

Интенсивность отказов при статистическом определении можно определить как число отказов, приходящихся на единицу времени или пробега одного исправного изделия при условии, что до данного момента времени отказ не возник.

Параметр потока отказов - отношение математического ожидания числа отказов восстанавливаемого объекта за достаточно малую его наработку к значению этой наработки.

Осредненный параметр потока отказов - отношение математического ожидания числа отказов восстанавливаемого объекта за конечную наработку к значению этой наработки. В период нормальной эксплуатации осредненный параметр потока отказов можно определить как величину обратную средней наработке на отказ:

$$\omega_{\text{CP}}(l) = \frac{1}{I_{\text{CP_HA_ОТКАЗ}}}.$$

1.8.3 Показатели долговечности

Гамма-процентный ресурс - суммарная наработка, в течение которой объект не достигнет предельного состояния с вероятностью гамма, выраженной в процентах.

Средний ресурс - математическое ожидание ресурса.

Гамма-процентный срок службы - календарная продолжительность эксплуатации, в течение которой объект не достигнет предельного состояния с вероятностью гамма, выраженной в процентах.

Средний срок службы - математическое ожидание срока службы.

1.8.4 Показатели ремонтпригодности

Вероятность восстановления - вероятность того, что время восстановления работоспособного состояния объекта не превысит заданное значение

Гамма-процентное время восстановления - время, в течение которого восстановление работоспособности объекта будет осуществлено с вероятностью гамма, выраженной в процентах.

К показателям ремонтпригодности относятся также: **среднее время восстановления, интенсивность восстановления, средняя трудоемкость восстановления.**

ГОСТ 20334 устанавливает **основные и дополнительные показатели ремонтпригодности автомобилей.** К **основным показателям** эксплуатационной технологичности и ремонтпригодности относятся: *периодичность ТО автомобиля, тыс. км; средние оперативные трудоемкости (чел.-ч.) выполнения ЕО, ТО-1, ТО-2 и удельная оперативная трудоемкости текущего ремонта (чел.-ч./тыс.км).* Данные показатели используются при сравнении различных автомобилей и определяются статистическим методом. **Частные показатели ремонтпригодности** определяют влияние конструктивных особенностей автомобиля на трудоемкость и продолжительность его обслуживания: *абсолютное или относительное количество мест (точек) обслуживания на автомобиле (агрегате) и их доступность; трудоемкость снятия узлов, агрегатов и деталей; число марок применяемых эксплуатационных материалов; номенклатура необходимого оборудования и инструмента.*

1.8.5 Показатели сохраняемости

Гамма-процентный срок сохраняемости - срок сохраняемости, достигаемый объектом с заданной вероятностью гамма, выраженной в процентах.

Средний срок сохраняемости - математическое ожидание срока сохраняемости.

1.8.6 Комплексные показатели надежности

Коэффициент готовности K_G - вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается.

$$K_G = \frac{T}{T + T_B},$$

где T – средняя наработка на отказ, ч; T_B - среднее время восстановления, ч.

Коэффициент технического использования $K_{ТИ}$ – отношение математического ожидания суммарного времени T_H пребывания объекта в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к математическому ожиданию суммарного времени пребывания объекта в работоспособном состоянии и простоев, обусловленных техническим обслуживанием $T_{ОБСЛ}$ и ремонтом $T_{РЕМ}$ за тот же период:

$$K_{ТИ} = \frac{T_H}{T_H + T_{РЕМ} + T_{ОБСЛ}}.$$

1.9. Расчет показателей надежности автомобиля

Техническое состояние автомобиля (агрегата, механизма, соединения) является совокупностью изменяющихся свойств его элементов, характеризующихся текущим значением конструктивных параметров. Обычно текущие значения конструктивных параметров связаны с наработкой. При технической эксплуатации автомобилей (ТЭА) в основном приходится иметь дело со случайными процессами и величинами.

У значительной части узлов и деталей процесс изменения технического состояния в зависимости от времени или пробега автомобиля носит плавный, монотонный характер, приводящий к возникновению постепенных отказов. В случае постепенных отказов изменение параметра технического состояния конкретного изделия или среднего значения

для группы изделий аналитически достаточно хорошо может быть описано двумя видами функций [6]:

- целой рациональной функцией n -го порядка $y(l) = a_0 + a_1l + \dots + a_nl^n$,
- степенной функцией $y(l) = a_0 + a_1l^b$,

где a_0 - начальное значение параметра технического состояния, l - наработка, a_1, a_2, \dots, a_n, b - коэффициенты, определяющие характер и степень зависимости y от l .

Данные закономерности характеризуют тенденцию изменения параметров технического состояния (математическое ожидание случайного процесса), а также позволяют определить средние наработки до момента достижения предельного или заданного состояния.

При работе группы автомобилей приходится иметь дело не с одной зависимостью $y(l)$, которая была бы пригодна для всей группы, а с индивидуальными зависимостями $y_i(l)$, свойственными каждому i -му изделию. Применительно к техническому состоянию однотипных изделий причинами вариации являются: незначительные изменения от изделия к изделию качества материалов, обработки деталей, сборки; текущие изменения условий эксплуатации (скорость, нагрузка, температура и т.д.); качество ТО и ремонта, вождения автомобилей и др. В результате при фиксации для группы изделий определенного параметра технического состояния, например Y_n , каждое изделие будет иметь свою наработку до отказа (см. рис. 1.4, а), т.е. будет наблюдаться вариация наработки.

Если все изделия обслуживать с единой периодичностью l_{TO} , то будет иметь место вариация фактического технического состояния (см. рис. 1.4, б), которая скажется на продолжительности выполнения работ, количестве расходуемого материала и запасных частей. Для решения этих задач необходимо уметь оценивать вариацию случайных величин с помощью статистических методов.

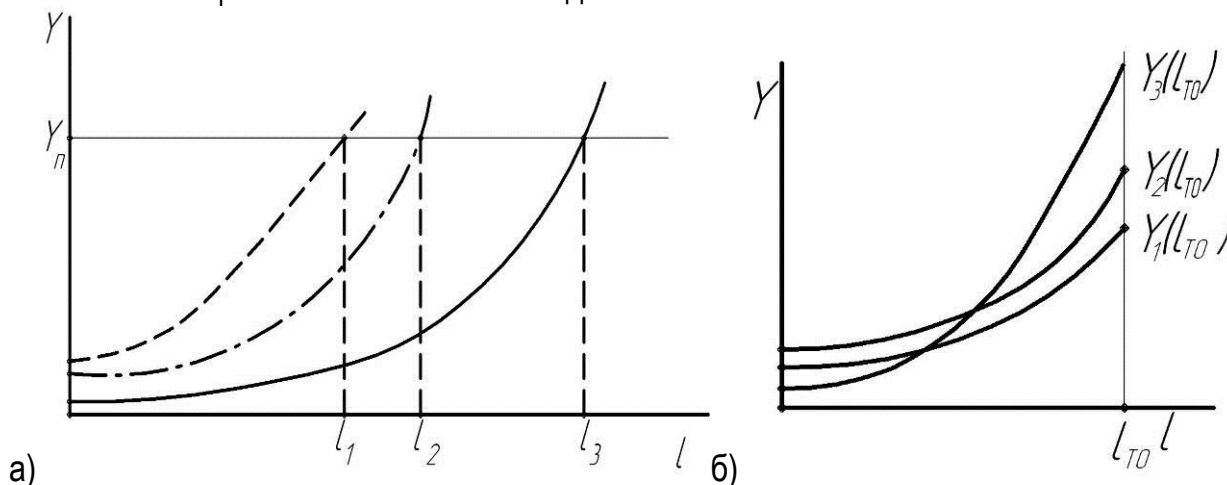


Рисунок 1.4 – Вариация наработки (а) и фактического технического состояния (б) [6]

Рассмотрим расчет параметров эмпирического (экспериментального) распределения пробегов автомобилей до отказа (по какому либо узлу или агрегату). Исходными данными для расчета показателей надежности автомобилей являются результаты наблюдений или отчетные данные (например, результаты подконтрольной эксплуатации авто-

мобилей), которые удобно представить в виде таблицы (см. табл. 1.1), гистограммы или полигона эмпирического распределения. Расчет показателей надежности выполняется в следующей последовательности.

Таблица 1.1 – Интегральная и дифференциальная функции экспериментального распределения пробега автомобиля до отказа X

№ инт i	Границы интервала, тыс. км.		Количество отказов n_i в интервале	Относительная частота m_i	Середина интервала, тыс. км. \bar{X}_i	Интегральная функция эксперим. распределения (вероятность отказа) $F(\bar{X}_i)$	Дифференциальная функция эксперим. распределения (плотность вероятности отказа) $f(\bar{X}_i)$
	от	до					
1	6	8	6	0,06	7	0,060	0,030
2	8	10	12	0,12	9	0,180	0,060
3	10	12	19	0,19	11	0,370	0,095
4	12	14	25	0,25	13	0,620	0,125
5	14	16	20	0,2	15	0,820	0,100
6	16	18	13	0,13	17	0,950	0,065
7	18	20	5	0,05	19	1,000	0,025

Среднее значение пробега автомобиля до отказа x , тыс. км, рассчитываем следующим образом:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \bar{x}_i n_i \text{ или } \bar{x} = \sum_{i=1}^N \bar{x}_i m_i ,$$

где n_i - число попаданий экспериментальных значений в i -й интервал (в данном случае количество отказов автомобилей в i -м интервале пробега), m_i — относительная частота экспериментальных значений, попавших в i -й интервал вариационного ряда. Среднее значение является приближенной экспериментальной **оценкой математического ожидания** $M(x)$.

Интервальной оценкой математического ожидания пробега автомобиля до отказа $M(x)$ является **доверительный интервал**, внутри которого с определенной (доверительной) вероятностью P_D находится истинное значение $M(x)$:

$$\bar{x} - \Delta < M(x) < \bar{x} + \Delta ,$$

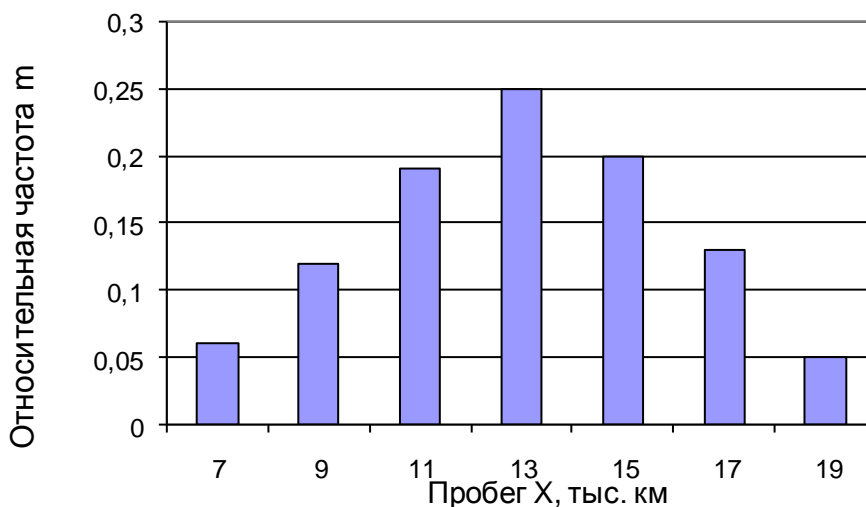
где Δ — погрешность интервального оценивания математического ожидания, характеризующая точность проведенного эксперимента и численно равная половине ширины доверительного интервала. Для количества наблюдений $N > 30$

$$\Delta = t_{\alpha, \nu} \frac{\sigma_x}{\sqrt{N-1}} ,$$

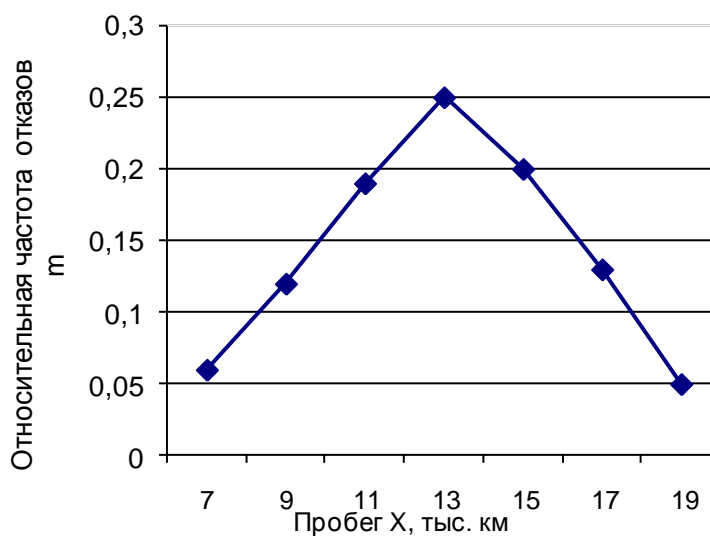
где $t_{\alpha, \nu}$ - значение критерия Стьюдента, α – уровень значимости, $\nu = N - 1$ – число степеней свободы.

Физический смысл доверительного интервала при исследовании пробега автомобилей до отказа заключается в том, что при доверительной вероятности $P_D = 0,95$ (т. е.

95%) из 100 наблюдаемых автомобилей 95 будут иметь пробег до отказа в пределах доверительного интервала.



а)



б)

Рисунок 1.5 – Гистограмма (а) и полигон (б) экспериментального распределения пробега автомобилей до отказа

Средние величины не отражают рассеивание значений показателей около его среднего, т.е. его вариацию. Для оценки вариации используют **дисперсию**:

$$D(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^k (\bar{x}_i - \bar{x})^2 n_i.$$

Недостатком дисперсии является то, что она имеет размерность квадрата случайной величины и поэтому не обладает должной наглядностью. Поэтому на практике чаще используют **среднее квадратическое отклонение**

$$\sigma_x = \sqrt{D(x)}$$

Значение σ_x характеризует рассеивание, разброс значений показателя около его среднего \bar{x} .

Коэффициент вариации $v_x = \frac{\sigma_x}{\bar{x}}$ характеризует относительную меру разброса значений показателя.

Точечные оценки позволяют предварительно судить о качестве изделий и технологических процессов. Чем ниже средний ресурс \bar{x} и выше вариация (σ_x, v_x), тем ниже качество конструкции и изготовления (или ремонта) изделия. Чем выше коэффициент вариации показателей технологических процессов ТЭА (трудоемкость, простои в ТО или ремонте, загрузка постов и исполнителей и др.), тем менее совершенны применяемые организация и технология ТО и ремонта

Для оценки надежности автомобиля наиболее важным является зависимость вероятности отказа автомобиля от пробега. Для получения такой зависимости находят интегральную **функцию F(X) вероятности отказа от пробега, которая показывает вероятность отказа автомобиля при пробеге X.**

Значения экспериментальной **интегральной функции распределения $F(\bar{x}_i)$** рассчитывают как сумму накопленных относительных частот m_i в каждом интервале. В первом интервале $F(\bar{x}_1) = m_1$; во втором интервале $F(\bar{x}_2) = m_1 + m_2$ и т. д., т.е.

$$F(\bar{x}_i) = \sum_{j=1}^i m_j.$$

Пример расчета и график функции **F(X)** представлены в таблице 1.1 и на рис. 1.6.

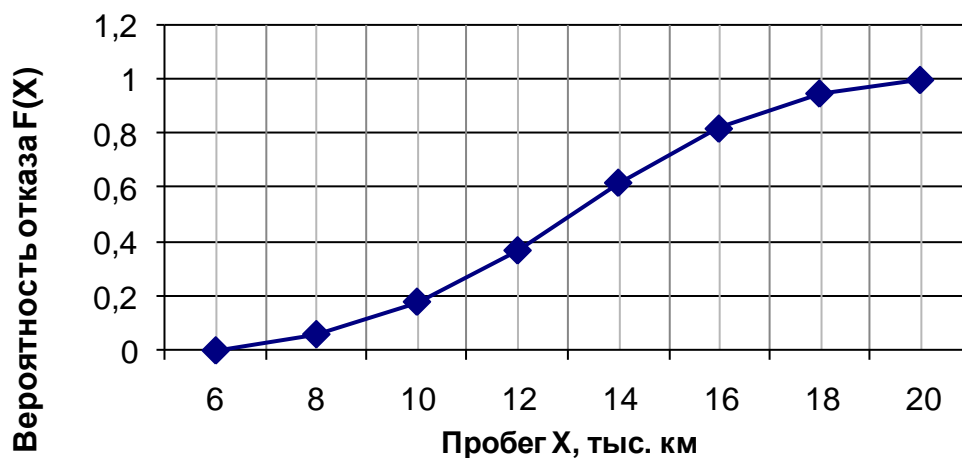


Рисунок 1.6 – Интегральная функция вероятности отказа

Вероятность отказа автомобиля при пробеге в интервале $[L_1, L_2]$ определяется по формуле

$$P(L_1 \leq L \leq L_2) = F(L_2) - F(L_1)$$

Другим показателем экспериментального распределения является **дифференциальная функция f(x)**, определяемая как отношение относительной частоты m_i к длине интервала Δx :

$$f(\bar{x}_i) = m_i / \Delta x.$$

Если в качестве случайной величины x рассматриваются пробеги L автомобиля до отказа, то **функция f(L)** называется **плотностью вероятности отказа** и характеризует

вероятность возникновения отказа за достаточно малый пробег при работе узла, агрегата, детали без замены.

В дальнейшем на основании экспериментальных интегральной и дифференциальной функций распределения осуществляется выбор теоретического закона распределения (вероятностной математической модели), на основании которого выполняется прогноз показателей надежности автомобилей (см. п. 1.12.7).

1.10 Закономерности процессов восстановления

Для рациональной организации производства ремонта необходимо знать, сколько автомобилей с определенными отказами будет поступать в зону ремонта в течение смены (недели, месяца), будет ли их количество постоянным или переменным и от каких факторов оно зависит. Рассмотрим закономерности процесса восстановления.

Процесс восстановления – это процесс возникновения и устранения неисправностей изделий во времени. Для процесса восстановления характерно: 1) наработки на отказы случайны для каждого автомобиля и описываются функциями $F(x)$ и $f(x)$; 2) наработки независимы у разных автомобилей; 3) при устранении отказов в зоне ремонта безразлично от какого автомобиля поступил отказ и какой он по счету.

Основными характеристиками процесса восстановления являются следующие величины.

Средняя наработка до k -го отказа

$$\bar{x}_k = \bar{x}_1 + \sum_{i=2}^k \bar{x}_{i-1,i},$$

где \bar{x}_1 - наработка до первого отказа, $\bar{x}_{i-1,i}$ - наработка между $i-1$ и i отказом.

Средняя наработка между отказами для n автомобилей между $k-1$ и k ремонтом

$$\bar{x}_{k-1,k} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{x}_{k-1,k}}{n}.$$

Коэффициент полноты восстановления ресурса η_k характеризует возможность сокращения ресурса после ремонта, т. е. качество ремонта. После k -го ремонта.

$$\eta_k = \frac{\bar{x}_{k-1,k}}{\bar{x}_1}$$

Коэффициент полноты восстановления ресурса находится в пределах $0 \leq \eta \leq 1$.

Сокращение ресурса после первого и последующих ремонтов объясняется: частичной заменой только отказавших деталей при значительном сокращении надежности других, особенно сопряженных; использованием запасных частей и материалов худшего качества; низким технологическим уровнем работ.

Ведущая функция потока отказов (функция восстановления) $\Omega(x)$ определяет накопленное количество первых и последующих отказов изделия при наработке x (см. рис. 1.7).

$$\Omega(x) = \sum_{k=1}^{\infty} F_k(x)$$

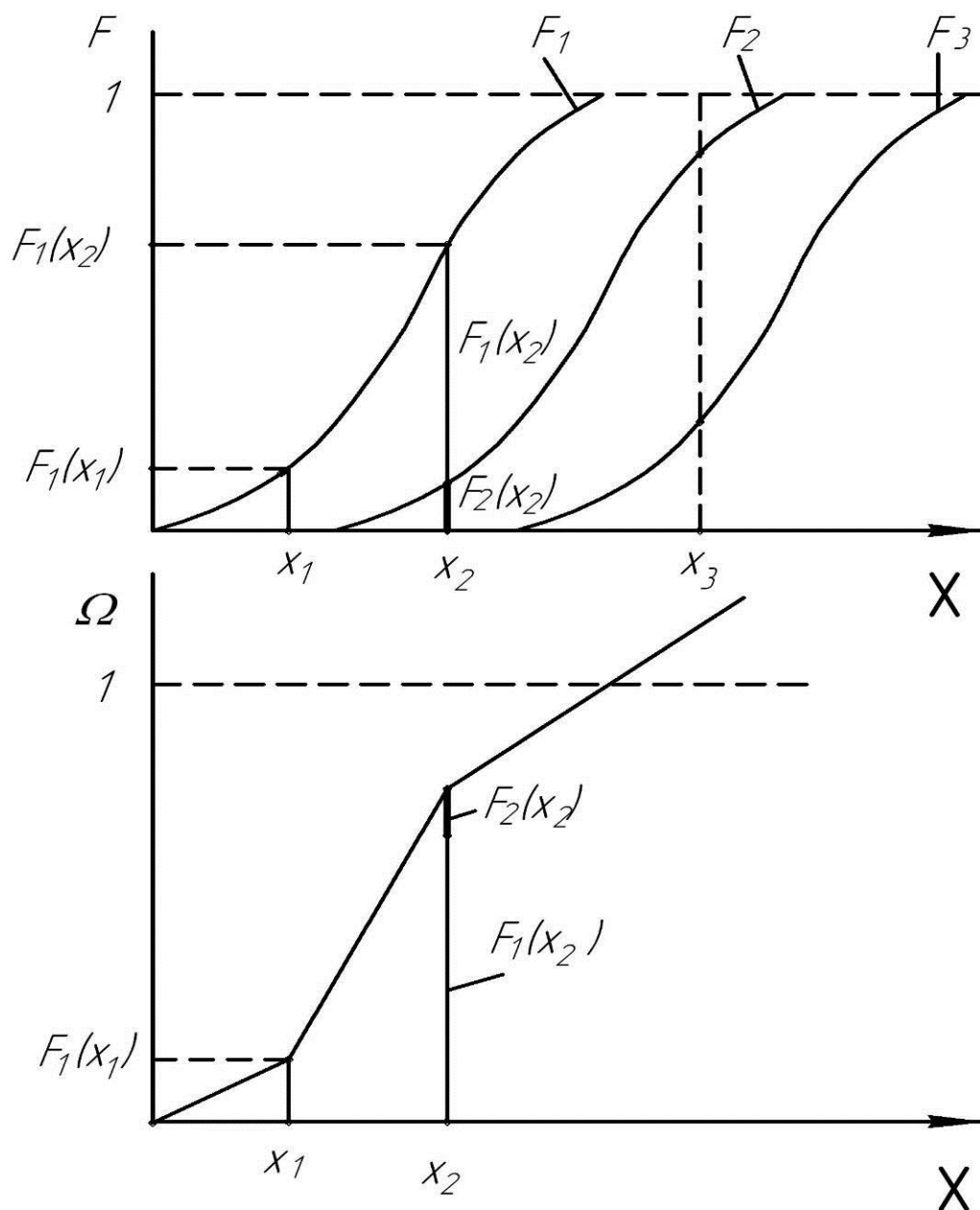


Рисунок 1.7- Формирование ведущей функции потока отказов

Параметр потока отказов $\omega(x)$ - отношение математического ожидания числа отказов восстанавливаемого объекта за достаточно малую его наработку к значению этой наработки (см. рис. 1.8):

$$\omega(x) = \frac{d\Omega(x)}{dx} = \sum_{k=1}^{\infty} f_k(x),$$

где $f_k(x)$ - плотность вероятности возникновения k -го отказа.

Параметр потока отказов $\omega(x)$ можно также определить как число отказов, приходящееся на единицу времени или пробега одного восстанавливаемого изделия:

$$\omega(x) = \frac{N_{\Sigma \text{ОТКАЗ}}(X_2 - X_1)}{n \cdot (X_2 - X_1)} = \frac{\Omega(X_2) - \Omega(X_1)}{X_2 - X_1},$$

где $N_{\Sigma \text{ОТКАЗ}}(X_2 - X_1)$ - суммарное количество отказов n автомобилей в интервале наработки от X_2 до X_1 .

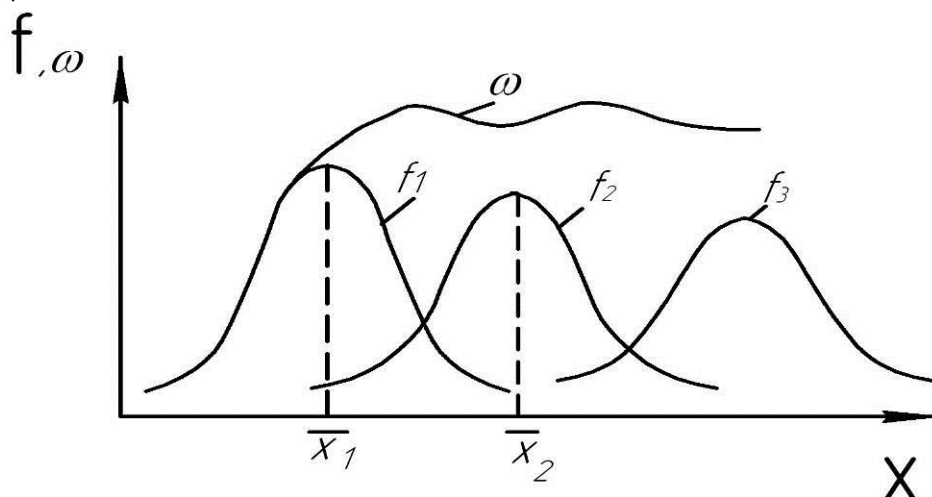


Рисунок 1.8 – Формирование параметра потока отказов

Если известно значение $\omega(x)$, то можно определить программу работ по устранению отказов, потребность в запасных частях и материалах. Суммарное количество отказов $N_{\Sigma \text{ОТКАЗ}}(x)$ определяется:

$$N_{\Sigma \text{ОТКАЗ}}(x) \approx L_{\Sigma}(x) \cdot \omega(x),$$

где $L_{\Sigma}(x)$ - суммарная наработка группы автомобилей за период, для которого определяется количество отказов $N_{\Sigma \text{ОТКАЗ}}(x)$. Например, если суммарная наработка группы автомобилей разна 340 тыс. км, а параметр потока отказов $\omega(x)=0,06$ отк./1000км, то суммарное количество отказов $N_{\Sigma \text{ОТКАЗ}}(x) = 340 \cdot 0,06 = 20,4$ отказа.

Для любого закона распределения наработки на отказ со среднеквадратическим отклонением σ ведущая функция параметра потока отказов при достаточно большой наработке X определяется по приближенной формуле [6]

$$\Omega(X) = \frac{X}{\eta \bar{x}_1} + \frac{\sigma^2}{2(\eta \bar{x}_1)^2} - \frac{1}{2}.$$

1.11 Статистическая обработка результатов незавершенных испытаний (цензурированных выборок)

Цель использования *цензурированных выборок* - сокращение продолжительности испытаний для возможности оперативной оценки показателей надежности. Под *цензурированием* понимается событие, приводящее к прекращению испытаний или эксплуатационных наблюдений объекта до наступления отказа (или предельного состояния). Цензурированной является выборка, элементы которой — значения наработки до отказа и наработки до *цензурирования*.

Объем цензурированной выборки равен

$$N = \sum_{i=1}^k n_i + \sum_{i=1}^k q_i,$$

где q_i — количества приостановленных (снятых с испытаний в исправном состоянии) изделий в i -ом интервале, n_i - количество отказавших изделий в i -ом интервале.

Широкое распространение для обработки результатов эксперимента, представленных цензурированными выборками, получил *комбинаторный метод*, который основан на комбинаторном вычислении условного порядкового номера отказа в общем вариационном ряду наработок до отказа и цензурирования. При этом предполагается, что все возможные исходы испытаний равновероятны и каждое приостановленное изделие со временем откажет. При обработке экспериментальных данных наличие приостановленных изделий учитывается с помощью веса отказа.

Дальнейшая обработка экспериментальных данных выполняется аналогично рассмотренной в п. 1.9.

1.12 Выбор оптимальной вероятностной математической модели при обработке эксплуатационных испытаний на надежность [5]

1.12.1 Определение вида вероятностной математической модели

Основная цель разработки математических моделей состоит в том, чтобы, проведя эксперимент (испытыв партию автомобилей, т.е. выборку) можно было распространить результаты этих испытаний с доверительной вероятностью P_D на другие автомобили этой же модели, эксплуатируемые в тех же условиях (т. е. на генеральную совокупность) и спрогнозировать изучаемые показатели до начала эксплуатации, а также на период, на который испытания не распространялись.

Гипотезу о предполагаемом виде математической модели формулируют на основании:

- сходства внешнего вида гистограммы (или полигона) экспериментальных значений дифференциальной функции распределения $f(X)_Э$ и теоретических кривых $f(X)_Т$;
- значений коэффициента вариаций v_x ;
- анализа физических закономерностей формирования теоретических законов распределения.

В решении большинства практических задач технической эксплуатации автомобилей (ТЭА) используются вероятностные математические модели. **Вероятностной математической моделью (законом распределения)** случайной величины x называется соответствие между возможными значениями x и их вероятностями $P(x)$.

Для процессов ТЭА наиболее характерны следующие законы распределения: нормальный; логарифмически нормальный; закон распределения Вейбулла; экспоненциальный (показательный).

1.12.2 Формирование нормального распределения

Нормальное распределение характерно для показателей, на формирование которых оказывает влияние большое число независимых факторов.

Нормальное распределение характерно для распределения фактической трудоемкости (или продолжительности) выполнения видов ТО: ЕО; ТО-1; ТО-2; сезонного обслуживания, а также для наработки (пробега) до первого отказа детали, узла, агрегата и автомобиля в целом.

Дифференциальная функция нормального распределения имеет вид

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x - \bar{x})^2}{2\sigma_x^2}\right),$$

интегральная функция нормального распределения

$$F(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp\left(-\frac{(x - \bar{x})^2}{2\sigma_x^2}\right) dx$$

Закон является двухпараметрическим. Параметр \bar{x} — математическое ожидание — характеризует положение центра рассеивания относительно начала отсчета, а параметр σ_x — среднее квадратическое отклонение характеризует растянутость распределения вдоль оси абсцисс. Характерные графики $f(x)$ и $F(x)$ приведены на рис. 1.9.

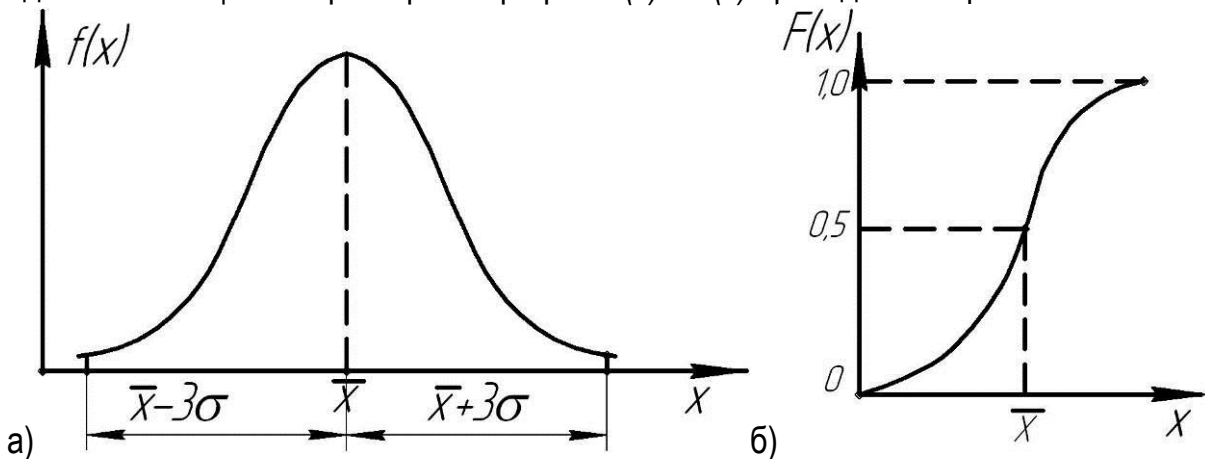


Рисунок 1.9- Графики дифференциальной (а) и интегральной (б) функций нормального закона распределения

1.12.3 Формирование логарифмически нормального распределения

Логарифмически нормальное распределение формируется в случае, если на показатель влияет большое число независимых факторов, интенсивность действия которых зависит от достигнутого показателем состояния.

В решении практических задач технической эксплуатации автомобилей этот закон применяется при описании процессов усталостных разрушений, коррозии, наработки до ослабления крепежных соединений, изменений люфтов зазоров, а также в тех случаях, где изменение технического состояния происходит главным образом вследствие износа пар трения или отдельных деталей: дисков и фрикционных накладок сцепления, протекторов шин, деталей цилиндропоршневой группы, подшипников скольжения.

1.12.4 Формирование распределения Вейбулла

Закон распределения Вейбулла характерен для модели «слабого звена», когда система состоит из группы независимых элементов, отказ каждого из которых приводит к отказу всей системы.

Многие изделия (агрегаты, узлы, системы автомобиля) при анализе отказов могут быть рассмотрены как состоящие из нескольких элементов (участков). Это прокладки, уплотнения, шланги, трубопроводы, приводные ремни и т.д. Разрушение указанных изделий происходит в разных местах и при разной наработке (пробеге), однако ресурс изделия в целом определяется наиболее слабым его участком.

С помощью закона распределения Вейбулла можно моделировать возникновение внезапных отказов (когда параметр формы распределения $b=1$) и отказов из-за износа ($b=2,5$).

Математическая модель распределения Вейбулла задается двумя параметрами, что обуславливает широкий диапазон ее применения на практике. Дифференциальная функция имеет вид

$$f(x) = \frac{b}{a} \cdot \left(\frac{x}{a}\right)^{b-1} \cdot \exp\left(-\left(\frac{x}{a}\right)^b\right),$$

интегральная функция

$$F(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x}{a}\right)^b\right),$$

где b — параметр формы, оказывает влияние на форму кривых распределения: при $b < 1$ график функции $f(x)$ обращен выпуклостью вниз, при $b > 1$ — выпуклостью вверх; a — параметр масштаба, характеризует растянутость кривых распределения вдоль оси абсцисс. При $b=1$ распределение Вейбулла преобразуется в экспоненциальное (показательное) распределение. Графики дифференциальной функции приведены на рис. 1.10.

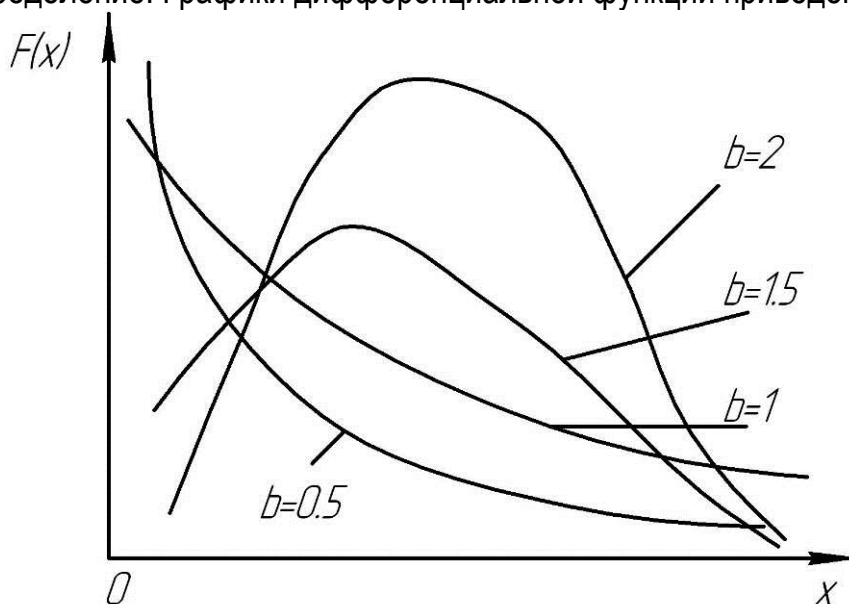


Рисунок 1.10 - Дифференциальная функция распределения Вейбулла

1.13.5 Формирование экспоненциального (показательного) распределения

Экспоненциальное (показательного) распределение показателя формируется, если не учитывается постепенного изменения факторов, влияющих на протекание исследуемого процесса. Данный закон используют чаще всего при описании внезапных отказов, наработки (пробега) между отказами, трудоемкости текущего ремонта и т.д. Для внезапных отказов характерным является скачкообразное изменение показателя технического состояния. Примером внезапного отказа является повреждение или разрушение в случае, когда нагрузка мгновенно превысит прочность объекта.

Вид дифференциальной функции $f(x)$ представлен на рис. 1.11.

Дифференциальная функция распределения имеет вид $f(x) = \lambda \cdot e^{-\lambda x}$, а интегральная функция $F(x) = 1 - e^{-\lambda x}$, где λ - параметр распределения, характеризующий интенсивность или плотность событий в единицу времени, $\lambda = \frac{1}{\bar{x}}$, где \bar{x} - среднее значение случайной величины X .

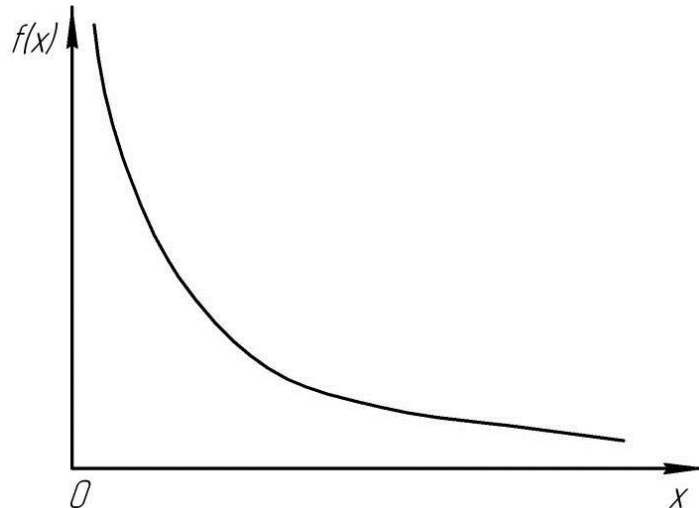


Рисунок 1.11 – График дифференциальной функции экспоненциального (показательного) распределения

1.12.6. Проверка совпадение экспериментального и теоретического распределения

Для проверки совпадение экспериментального и теоретического распределения используем критерий Пирсона χ^2 (хи - квадрат). Для расчета критерия Пирсона определяем теоретическую частоту n_i^T попадания случайной величины в каждый из интервалов k , т. е. количество автомобилей n_i^T , у которых наступил отказ при пробеге в i -м интервале, определенное по теоретическому закону распределения

$$n_i^T = N \cdot [F(x_i) - F(x_{i-1})],$$

где $F(x_i)$ - значение интегральной функции распределения для границы i -го интервала.

Расчетное значение критерия χ^2 определяется по формуле

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - n_i^T)^2}{n_i^T}.$$

Разработанная вероятностная математическая модель адекватна результатам эксперимента, если

$$\chi^2 \leq \chi_{\alpha, \nu}^2,$$

где $\chi_{\alpha, \nu}^2$ - критическое значение критерия Пирсона для заданного уровня значимости α и числа степеней свободы ν . В противном случае математическая модель считается неадекватной и ее нельзя применять для обобщения результатов экспериментов и прогнозирования рассматриваемых показателей.

1.12.7. Использование вероятностной математической модели для прогнозирования количества отказов

В случае, если определен теоретический закон распределения вероятности отказов автомобилей и его параметры, возможно с его помощью выполнять прогноз количества автомобилей той же модели, эксплуатируемые в тех же условиях, которые потребуют ремонта в заданном интервале пробега или при заданном пробеге.

Количество автомобилей, которые потребуют ремонта при пробеге до L_1 определяется:

$$N_{PEM} = N \cdot F(L_1),$$

где $F(L_1)$ - значение теоретической функции интегрального распределения при пробеге L_1 (см. рис. 1.12).

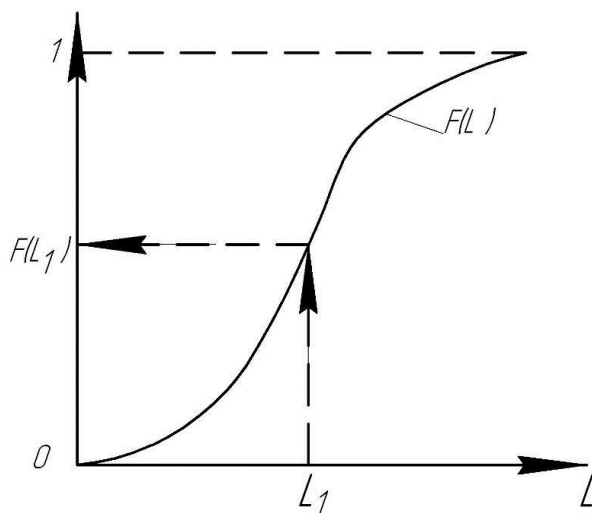


Рисунок 1.12 – Определение вероятности отказа $F(L)$ для заданного пробега

Количество автомобилей, которые потребуют ремонта в интервале пробега от L_1 до L_2 определяется по формуле

$$N_{PEM} = N \cdot [F(L_2) - F(L_1)],$$

где N – общее количество наблюдаемых автомобилей, $F(L_2)$ и $F(L_1)$ - значения теоретической функции интегрального распределения при пробегах L_2 и L_1 .

1.13. Системы массового обслуживания в технической эксплуатации автомобилей [5,6]

1.13.1 Основные определения

Системы, в которых переменными и случайными являются моменты поступления требований на обслуживание и продолжительность самих обслуживания, называются **системами массового обслуживания (СМО)**.

Примерами СМО в области технической эксплуатации автомобилей являются зоны диагностирования, ТО, текущего ремонта (ТР), участки ТР АТП, склады запасных частей, топливо- и маслораздаточные колонки автозаправочных станций и др.

СМО представляет собой систему дискретного типа с конечным множеством состояний, а переход системы из одного состояния в другое происходит скачкообразно, когда осуществляется какое-либо событие. Процесс функционирования СМО хорошо иллюстрируются графом состояния системы, на котором прямоугольниками отмечены состояния системы, а стрелками - направления переходов. Если на графе у стрелок указаны плотности вероятности перехода λ , то он называется размеченным графом состояний (рис. 1.13).

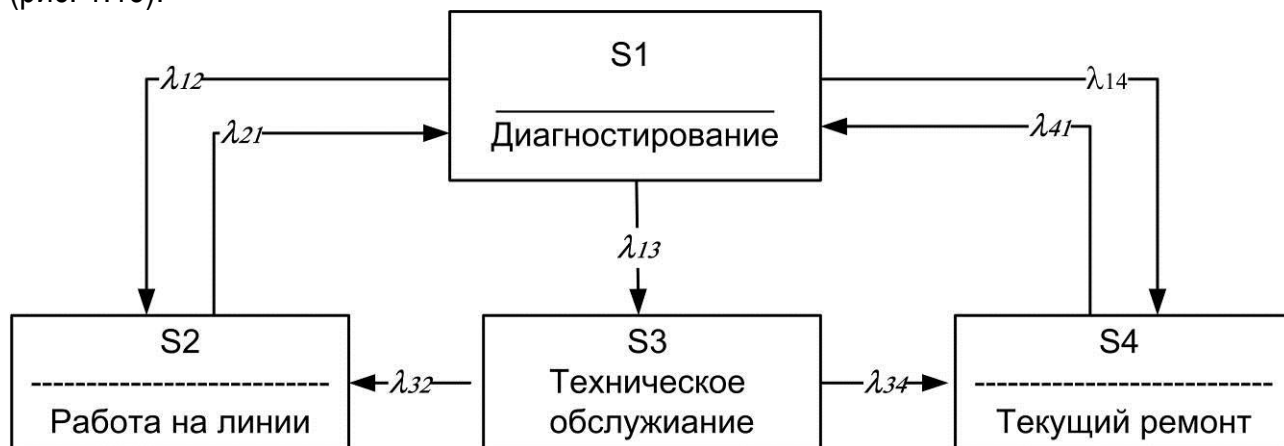


Рисунок 1.13 – Размеченных граф состояний СМО

Для описания потока требований в СМО используются **простейшие потоки** требований, обладающие свойствами **стационарности** (интенсивность поступления требований постоянна), **ординарности** (вероятность поступления одновременно нескольких требований пренебрежимо мала) и **отсутствия последствия** (интенсивность поступления требований не зависит от количества ранее поступивших требований).

Для простейшего потока отказов вероятность возникновения k отказов ($k=0, 1, 2, \dots$) за время t определяется законом Пуассона:

$$P_k(t) = \frac{(\omega t)^k}{k!} e^{-\omega t},$$

где ω - параметр потока отказов.

1.13.2 Структура СМО

Система массового обслуживания состоит из следующих элементов (рис.1.12):

1- **Входящий поток требований** - совокупность требований к СМО на проведение определенных работ (заправка, мойка, ТО, ТР и др.) или оказание услуг (покупка изделий, деталей, материалов и др.). Он характеризуется параметром потока требований $\omega(t)$, треб/ед.времени. Входящий поток требований может быть постоянным: $\omega(t) = \text{const}$ - и переменным: $\omega(t) \neq \text{const}$. Требования бывают однородные (одинаковые виды работ или услуг) и неоднородные (разные виды работ или услуг).

2 - **Очередь** — требования, ожидающие обслуживания. Очередь оценивается *средней длиной очереди* r - числом автомобилей или клиентов, ожидающих обслуживания, а также *вероятностью образования очереди* $P_{оч}$

3 - **Обслуживающие аппараты (каналы обслуживания)** - совокупность постов ТО, ТР, рабочих мест, исполнителей, оборудования, осуществляющих обслуживание требо-

ваний по определенной технологии. Обслуживающие аппараты характеризуются: количеством обслуживающих аппаратов n , интенсивностью обслуживания $\mu(t)$, треб./ед.времени. При моделировании зоны TP как СМО обслуживающими аппаратами являются *посты* TP . При моделировании зоны TO как СМО обслуживающими аппаратами являются посты TO или бригады TO .

4 - **Выходящий поток требований** $\omega'(t)$ - поток требований, прошедших СМО. В общем случае выходящий поток может состоять из *требований обслуженных и необслуженных*. Пример необслуженных требований: отсутствие нужной детали для автомобиля, находящегося в ремонте. На автомобильном транспорте после обслуживания требований (TO , TP) автомобиль должен быть технически исправным.

5 - **Замыкание** (возможное) СМО - состояние системы, при котором входящий поток требований зависит от выходящего.

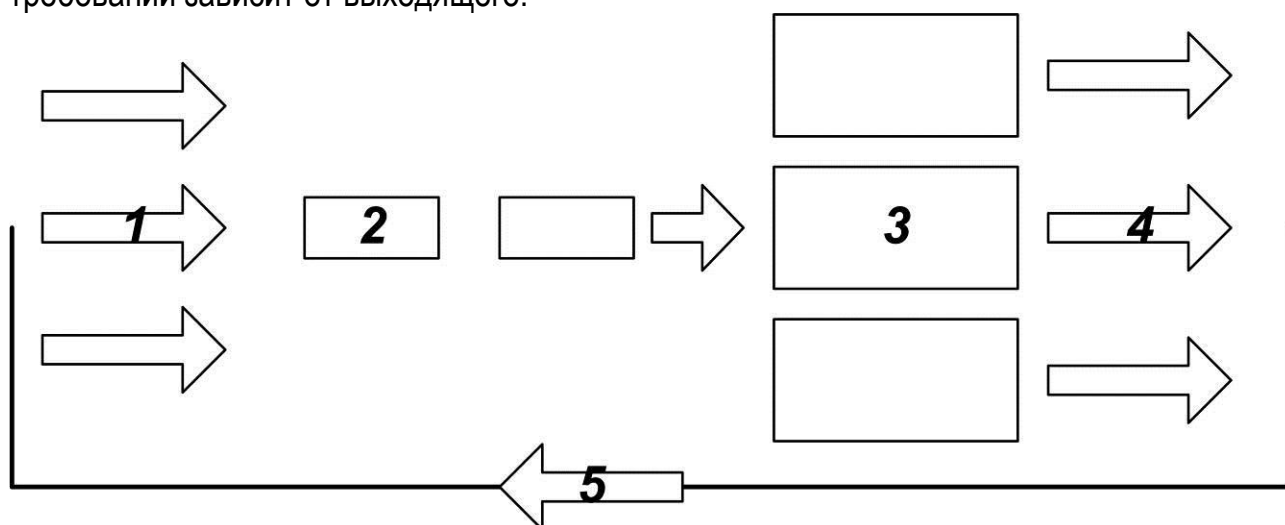


Рисунок 1.14 – Общая схема системы массового обслуживания.

1.13.3 Классификация СМО

СМО классифицируются следующим образом:

- по ограничениям на длину очереди r — с потерями ($r = 0$), без потерь ($r \rightarrow \infty$) и с ограничением по длине очереди ($r = m$). В системах с потерями требование покидает ее, если все обслуживающие аппараты заняты. В системах без потерь требование поступает в очередь, если все аппараты заняты. Могут существовать ограничения на длину очереди или на время нахождения в ней;

- по количеству каналов обслуживания — одноканальные ($n = 1$) и многоканальные ($n > 1$);

- по типу обслуживающих аппаратов — однотипные (универсальные) и разнотипные (специализированные);

- по порядку обслуживания — одно- и многофазовые. *Однофазовые* — это такие системы, в которых требование обслуживается на одном посту. При *многофазовом* обслуживании требование последовательно проходит несколько обслуживающих аппаратов, например посты поточной линии TO ;

- по приоритетности обслуживания — с приоритетом и без приоритета. С приоритетом — это такие системы, в которых ряд требований будет обслуживаться в первую очередь независимо от наличия очереди других требований, например заправка топли-

вом вне очереди автомобилей скорой медицинской помощи. Без приоритета — требования обслуживаются в порядке поступления в систему;

- по величине входящего потока требований — с ограниченным и неограниченным потоком;

- по структуре системы — замкнутые (входящий поток требований зависит от числа обслуженных требований) и открытые (входящий поток требований не зависит от числа обслуженных требований);

- по взаимосвязи обслуживающих аппаратов — с взаимопомощью и без нее. В системах без взаимопомощи параметры пропускной способности и производительности обслуживающих аппаратов постоянны и не зависят от загрузки или простоя других аппаратов. В системах с взаимопомощью пропускная способность обслуживающих аппаратов будет зависеть от занятости других аппаратов. Взаимопомощь между постами и исполнителями характерна при организации работы зон и участков ТО и ремонта и при коллективных методах труда, когда исполнители могут перемещаться по постам.

1.13.5 Показатели эффективности СМО

Интенсивность обслуживания μ , треб./ед. времени, (средняя производительность рабочего поста, бригады в единицу времени)

$$\mu = \frac{1}{t_d},$$

где t_d - длительность обслуживания одного требования (продолжительность технического воздействия), ч.

Приведенная плотность потока требований, которая представляет собой среднее число заявок, приходящих в СМО за среднее время обслуживания одной заявки,

$$\rho = \frac{\omega}{\mu},$$

где ω — параметр потока требований, треб./час.

Относительная пропускная способность g определяет долю обслуженных требований от общего их количества.

Вероятность того, что все обслуживающие аппараты (каналы) свободны P_0 , характеризует такое состояние системы, при котором все объекты исправны и не требуют проведения технических воздействий, т.е. требования отсутствуют.

Вероятность отказа в обслуживании $P_{отк}$ имеет смысл для СМО с потерями и с ограничением по длине очереди или времени нахождения в ней. Она показывает долю «потерянных» для системы требований.

Вероятность образования очереди $P_{оч}$ определяет такое состояние системы, при котором все обслуживающие аппараты заняты и следующее требование поступает в очередь с числом ожидающих требований r .

Среднее время нахождения в очереди $t_{ож}$.

Время пребывания требования в системе $t_{сист}$.

Издержки от функционирования системы, руб/ед. времени, определяются

$$I = I_{аппарат}(n) + I_{требование}(n),$$

где $I_{\text{аппарат}}(n)$ - издержки из-за простоя обслуживающих аппаратов, т. е. из-за простоя постов ТО и ТР, $I_{\text{требование}}(n)$ - издержки из-за простоя требований в очереди, т. е. из-за простоя автомобилей в ожидании обслуживания, n – количество обслуживающих аппаратов (количество постов ТО или ТР).

Расчет производственных помещений, оборудования, штата рабочих, т.е. пропускной способности предприятия (участка, поста), исходя из средней потребности, может привести или к неполной загрузке зон и участков, или к необходимости ожидания момента обслуживания, т.е. к образованию очереди требований. Необходима оптимизация систем обслуживания.

При оптимизации СМО за определенный промежуток времени сопоставляются затраты, связанные с простоем автомобиля в ожидании ремонта или обслуживания и простоем оборудования и ремонтного персонала в ожидании автомобилей. По мере роста показателей, влияющих на пропускную способность средств обслуживания n (число постов, исполнителей, оснащение технологическим оборудованием и инструментом), затраты, связанные с простоем автомобилей в ожидании обслуживания, сокращаются (кривая 1 на рис. 1.15), а затраты, вызванные простоем средств обслуживания и персонала в ожидании загрузки, возрастают (кривая 2 на рис. 1.15). Минимальное значение суммы этих затрат (кривая 3 на рис. 1.15), являющейся целевой функцией, и будет соответствовать оптимальной структуре СМО (например, число постов, исполнителей), при которой минимизируются потери предприятия, связанные с простоем средств обслуживания, ожиданием объектов обслуживания.

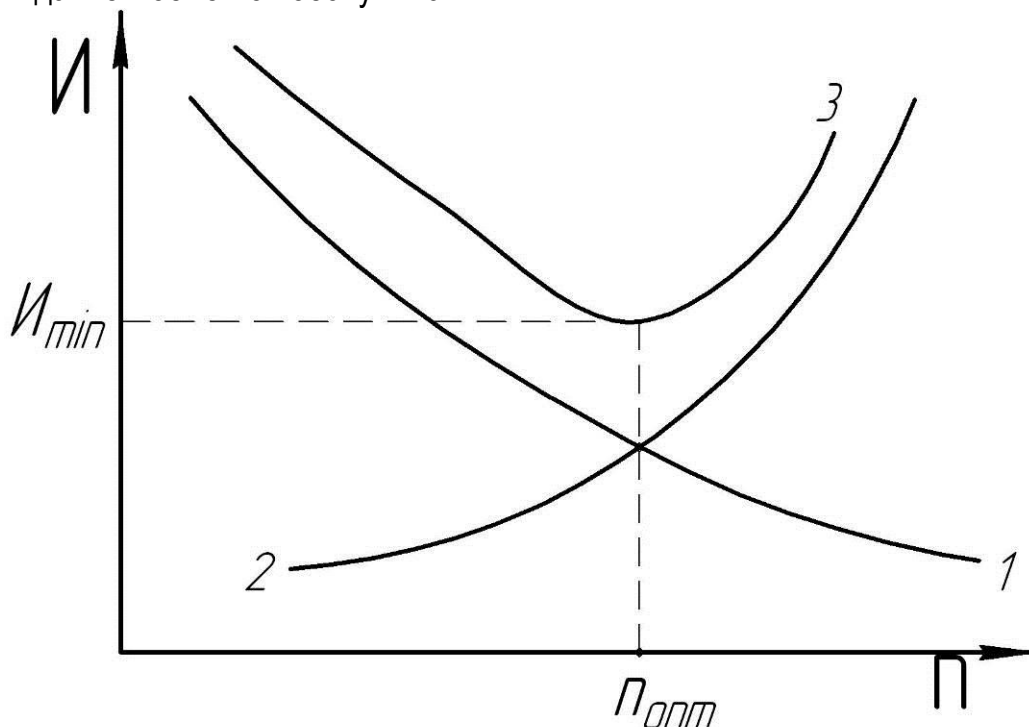


Рисунок 1.15 - Определение показателей пропускной способности систем обслуживания технико-экономическим методом: 1 - затраты от простоев автомобилей; 2 – затраты от простоев системы обслуживания (постов, ремонтных рабочих) в ожидании требований на обслуживание; 3 - суммарные затраты

1.14 Общие сведения о методе статистического моделирования

Основная идея метода статистического моделирования заключается в возможности воспроизведения с достаточно высокой достоверностью исследуемого физического процесса при помощи вероятностных математических моделей и вычислении характеристик этого процесса [5].

Воспроизведение исследуемого физического процесса может быть проведено методом статистического моделирования по известной вероятностной математической модели. Модель может быть разработана на основании результатов ранее проведенных экспериментальных исследований или определена на основании анализа физических закономерностей формирования рассматриваемого процесса.

Метод статистического моделирования является эффективным средством проведения вычислительного эксперимента на ЭВМ.

1.15 Решение задач технической эксплуатации автомобилей методами имитационного моделирования

1.15.1 Основные понятия

Имитационное моделирование воспроизводит процесс функционирования объекта (системы) во времени, при этом имитируются элементарные явления, составляющие процесс, с сохранением их логической структуры и последовательности протекания во времени. Имитационное моделирование позволяет по исходным данным получить сведения о состоянии процесса в определенные моменты времени.

Имитационное моделирование на ЭВМ позволяет получать наглядную картину поведения системы, рассматривать различные варианты модели, отвечающие различным сторонам функционирования системы и возможным структурным преобразованиям, получать значения необходимых количественных характеристик. Поэтому имитационное моделирование в настоящее время получает все большее распространение в исследовании сложных технических систем и технологических процессов. Имитационное моделирование **целесообразно** применять [7]:

- не существует законченной математической постановки задачи либо еще не разработаны аналитические методы решения сформулированной задачи;
- аналитические методы имеются, но математические процедуры столь сложны и трудоемки, что имитационное моделирование дает более простой способ решения задачи;
- кроме оценки определенных параметров, требуется осуществить наблюдение за ходом процесса функционирования системы в течение некоторого времени. При этом имитационное моделирование дает возможность полностью контролировать время изучения системы.

Важными **ограничениями** имитационного моделирования является то, что [7]:

- оно не предоставляет непосредственного решения математических задач, что характерно для аналитических методов. Оно служит в качестве средства для анализа поведения системы в условиях, которые определяются экспериментатором;
- разработка хорошей имитационной модели (ИМ) часто обходится дороже создания аналитической модели и требует наличия квалифицированных специалистов и больших затрат времени;

- при использовании ИМ применяются многочисленные методы статистического анализа данных, что усложняет исследование.

Имитационная модель (ИМ) – это формальное описание логики функционирования исследуемой системы во времени, учитывающее наиболее существенные взаимодействия ее элементов и обеспечивающее возможность проведения статистических экспериментов.

1.15.2 Технология построения и использования имитационных моделей [7].

1 Содержательное описание объекта моделирования

На первом этапе осуществляется постановка задачи и формулировка целей исследования: выбираются показатели эффективности функционирования исследуемой системы, отражающие цели моделирования; определяются управляющие параметры и контролируемые переменные.

2 Построение концептуальной модели

Концептуальная модель представляет собой упрощенное математическое или алгоритмическое описание исследуемой системы.

3 Формальное описание объекта моделирования

4 Составление модели на языке моделирования

5 Испытание имитационной модели

Испытание ИМ включает два этапа: *верификацию и проверку адекватности*. На этапе *верификации* необходимо убедиться в правильности алгоритма функционирования ИМ, его соответствии замыслу моделирования. Под *адекватностью* ИМ объекту исследования понимают совпадение с заданной точностью значений характеристик функционирования ИМ и реального объекта.

6 Исследование свойств имитационной модели

7 Планирование имитационного эксперимента

8 Анализ результатов моделирования

1.15.3 Имитационное моделирование в среде GPSS World [4,7]

Пакет GPSS (General Purpose Simulation System – система моделирования общего назначения) предназначен для имитационного моделирования дискретных систем и входит в число наиболее распространенных и используемых на практике средств автоматизации имитационного моделирования. Одна из последних версий пакета GPSS для персональных компьютеров, работающих под управлением операционной системы Windows, называется GPSS World. Система GPSS World позволяет моделировать СМО.

Для моделирования систем в GPSS выделяется конечное множество абстрактных компонентов, необходимых для описания элементов реальной системы (например, источников заявок на обслуживание, очередей, обслуживающих аппаратов и т. д.), и конечное множество стандартных операций, описывающих связи между элементами. Выделенным множествам элементов и операций ставится в соответствие множество объектов GPSS, основные типы которых рассмотрены ниже.

Основные объекты GPSS

Транзакты описывают единицы исследуемых потоков (заявки; требования на обслуживание; автомобили, требующие проведения ТО, ТР). Транзакты движутся от блока к блоку так, как движутся элементы, которые они представляют. Каждое продвижение

транзакта инициирует в модели некоторые события (например, занятие поста ТО). События обрабатываются GPSS в соответствующий момент модельного времени. Содержательное значение транзактов определяет разработчик модели. Именно он устанавливает аналогию между транзактами и реальными динамическими элементами моделируемой системы, например транзакт соответствует автомобилю, который обслуживается в зоне ТО АТП.

Блоки задают логику функционирования ИМ системы и определяют пути движения транзактов. Практически все изменения состояний ИМ (события) происходят в результате входа транзактов в блоки и выполнения блоками своих функций. Основные функции блоков следующие: создание (генерация) и уничтожение транзактов; задержка транзакта на определенный интервал времени; изменение маршрута движения транзакта.

Одноканальные устройства (Facility) описывают оборудование, которое в любой момент времени может быть занято только одним транзактом (например пост ТО, , на котором может обслуживаться только один автомобиль). Одноканальные устройства в GPSS обеспечивают сбор основной статистической информации о своем функционировании.

Многоканальные устройства (Storage) описывают оборудование, которое может использоваться несколькими транзактами одновременно (например, ими может моделироваться зона ТО, состоящая из нескольких постов; АЗС с несколькими колонками). Многоканальные устройства обеспечивают сбор статистической информации о своем функционировании.

Очереди (Queue) обеспечивают сбор основной статистической информации о времени задержки транзактов из-за занятости оборудования.

Пример имитационной модели на GPSS World представлен на рис. 1.16.

```

GENERATE      5, 2          ;ПОСТУПЛЕНИЕ А/М НА АЗС СО СРЕДНИМ ВРЕ-
                     МЕНЕМ 5МИН ± 2 МИН
QUEUE         ZAPRAVKA     ;ВХОД В ОЧЕРЕДЬ НА АЗС
SEIZE        KOLONKA      ;ЗАНЯТИЕ А/М КОЛОНКИ
DEPART       ZAPRAVKA     ;ВЫХОД ИЗ ОЧЕРЕДИ НА АЗС
ADVANCE      6, 3         ;ЗАПРАВКА А/М СО СРЕДНИМ ВРЕМЕНЕМ 6 МИН ±
                     3 МИН
RELEASE      KOLONKA      ;ОСВОБОЖДЕНИЕ КОЛОНКИ
TERMINATE
GENERATE      1440         ;ЗАДАНИЕ ВРЕМЕНИ МОДЕЛИРОВАНИЯ – 1440
                     МИН (1 СУТКИ)
*****
TERMINATE    1            ;ОСТАНОВИТЬ МОДЕЛИРОВАНИЕ
START        1            ;ЗАПУСК ПРОЦЕДУРЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

```

Рисунок 1.16 – Имитационная модель функционирования АЗС с одной колонкой

В результате моделирования система GPSS World создает отчет, в котором содержатся статистические данные о функционировании имитационной модели. Например,

для *одноканального устройства (FACILITY)* указывается: количество транзактов, вошедших в устройство за время моделирования; коэффициент загрузки устройства (часть периода моделирования, в течение которого устройство было занято); среднее время занятости устройства и др. данные. Для *очереди (QUEUE)* указывается максимальная длина очереди за время моделирования; количество входов транзактов в очередь; среднее значение длины очереди; среднее время, проведенное транзактом в очереди.

Более подробно работа в системе GPSS World описана в [3, 6].

1.17 Транспортная задача линейного программирования [3]

При формировании плана перевозок для АТП или группы предприятий на продолжительный период необходима его оптимизация, т.е. выполнение плана перевозок должно выполняться с минимум затрат или с минимальным общим пробегом либо транспортной работой.

В качестве исходных данных для составления плана используется: перечень поставщиков перевозимых продуктов, располагающих определенными запасами; перечень потребителей, требующих определенного количества продуктов; стоимость перемещения единицы продукции или расстояние между поставщиком и потребителем.

Задача формирования оптимального плана перевозок приводят к решению транспортной задачи, которая решается методами линейного программирования.

Математически **транспортная задача** линейного программирования формулируется следующим образом [3]. Пусть имеется некоторое количество поставщиков груза (n) и потребителей груза (m). Количество груза i -го поставщика обозначим a_i , а спрос j -го потребителя b_j . Расстояние от i -го поставщика до j -го потребителя обозначим l_{ij} . Определяемые размеры поставок груза i -м поставщиком j -му потребителю обозначим x_{ij} . С учетом принятых обозначений исходные данные можно представить в виде специальной таблицы (см. табл. 1.2).

Целевая функция (критерий оптимальности) – это минимум транспортной работы:

$$W = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n l_{ij} x_{ij} \rightarrow \min$$

Оптимизируемые параметры: размеры поставок груза i -м поставщиком j -му потребителю x_{ij} .

Ограничения:

1. Расстояние между поставщика и потребителями – либо величина положительная либо равна нулю, т. е. $l_{ij} \geq 0$
2. Общее количество грузов у поставщиков равно спросу всех потребителей:

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$$

3. Объем перевозок груза, осуществляемых i -м поставщиком, равен количеству имеющегося у него груза:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, (i = 1, 2, \dots, m)$$

4. Объем перевозок груза потребителю равен его спросу:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, (j = 1, 2, \dots, n)$$

5. Размер каждой поставки - число положительное либо равно нулю, т. е. $x_{ij} \geq 0$.

Таблица 1.2 – Транспортная таблица [3]

Потребители	Поставщики						Потребности
	A ₁	A ₂	....	A _i	....	A _m	
B ₁	l_{11} \tilde{o}_{11}	l_{12} x_{12}	....	l_{1i} x_{1i}	....	l_{1m} x_{1m}	b_1
B ₂	l_{21} x_{21}	l_{22} x_{22}	....	l_{2i} x_{2i}	....	l_{2m} x_{2m}	b_2
....
B _j	l_{j1} x_{j1}	l_{j2} x_{j2}	....	l_{ji} x_{ji}	....	l_{jm} x_{jm}	b_j
....
B _n	l_{n1} x_{n1}	l_{n2} x_{n2}	....	l_{ni} x_{ni}	....	l_{nm} x_{nm}	b_n
Запасы	a_1	a_2	....	a_i	....	a_n	$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$

Для решения задач линейного программирования используют следующие методы: *метод северо-западного угла, метод потенциалов, симплекс-метод* и др. Более подробно данные методы описаны в [3]. Представленную транспортную задачу легко решить с помощью функции MS Excel **Поиск решения**.

1.18 Решение задач материально-технического обеспечения [3]

Материально-техническое обеспечение (МТО) на автомобильном транспорте предназначено для своевременного приобретения, транспортировки на АТП, хранения и выдачи запасных частей и агрегатов, шин, электротехнических, эксплуатационных и других материалов с целью нормального функционирования подвижного состава и снижения его простоев при ТО и ремонте, а также рационального использования трудовых, материальных и финансовых ресурсов.

В связи с колебанием спроса на запасные части и материалы целесообразно иметь их резервные запасы. Если одновременно заказать все необходимые на год запасные части, то затраты на оформление заказа и его доставку будут минимальными, а затраты на хранение — максимальными. Если же в течение года осуществлять много заказов, то затраты на доставку запчастей и материалов будут максимальными, а затраты на хранение — минимальными. Поэтому возникает оптимизационная задача минимизации суммарных затрат на МТО реального автотранспортного предприятия.

Основные причины, приводящие к необходимости образования запасов:

1. Необходимо гарантировать бесперебойность обеспечения производственного процесса, чтобы не было его остановки из-за отсутствия требуемых материально-технических ресурсов.

2. Периодичность производства отдельных единиц требуемой номенклатуры материальных ресурсов у поставщиков может быть гораздо больше периодичности их поставок, что влечет за собой изменение объема единичной поставки.

3. Особенности транспортировки от поставщика до потребителя могут влиять на объем единичной поставки (в частности, несоответствие грузоподъемности транспортных средств и размеров потребления приведет к увеличению количества поставок).

4. Несовпадение ритма потребления запасов производством и ритма поставок требуемых производственных ресурсов способно привести к прекращению производства.

Решение задачи формирования запасов необходимо осуществлять на основе наиболее подходящей математической схемы.

Наиболее простой является **однопродуктовая детерминированная задача управления запасами**. Ее суть заключается в следующем. Пусть потребность предприятия на период его работы T в каком-либо материале (например, в бензине или в дизельном топливе) составляет Q условных единиц. Расход запасов во времени происходит равномерно. Необходимо определить, каким должен быть размер поставки материала, чтобы суммарные затраты на создание и хранение запаса были минимальными.

Обозначим через C_x затраты на хранение единицы запаса в единицу времени, а через C_d — затраты на доставку партии материалов. Предположим, что затраты C_d не зависят от объема материалов в поставляемой партии. Предполагается также, что все партии состоят из одинакового числа единиц материала, а S — размер каждой партии поставок [2].

Графически процесс движения запасов в течение времени T представлен на рис. 1.17. Обозначим через t промежуток времени (период) от момента поставки партии материала до момента ее израсходования. Количество необходимых поставок для удовлетворения потребности в запасах за время T можно определить по формуле

$$n = \frac{Q}{S} = \frac{T}{t}.$$

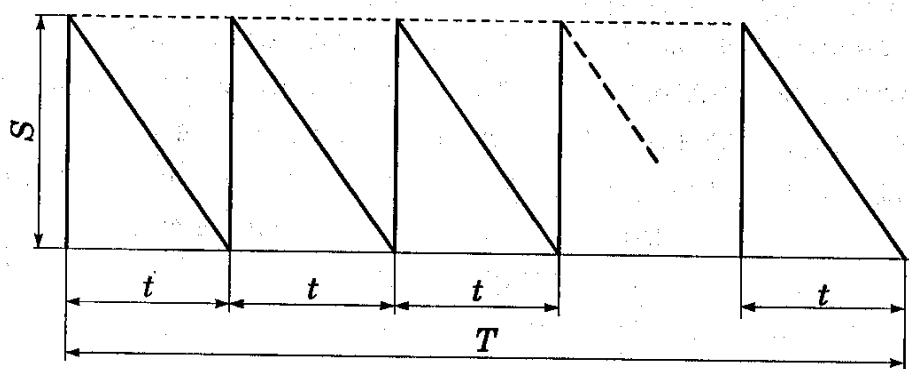


Рисунок 1.17 - График движения запасов при мгновенном времени их пополнения [3]

Так как затраты на доставку одной партии постоянны, то затраты на доставку n партий за период T будут равны

$$Y_d = n \cdot C_d = \frac{Q}{S} C_d$$

Затраты на хранение запасов за время t будут равны произведению удельных затрат на хранение единицы продукции в единицу времени (C_x) на среднее за время t количество хранимых единиц запаса ($S/2$) и на время хранения t :

$$Y_x(t) = C_x \cdot \frac{S}{2} \cdot t$$

За период T эти затраты на хранение составят

$$Y_x = Y_x(t) \cdot n = C_x \cdot \frac{S}{2} \cdot t \cdot n.$$

Поскольку $T = t \cdot n$, то получаем

$$Y_x = C_x \cdot \frac{S}{2} \cdot t \cdot n = C_x \cdot \frac{S \cdot T}{2}$$

В результате суммарные затраты на хранение и доставку запасов за период T определяются:

$$Y = \frac{S \cdot T}{2} \cdot C_x + \frac{Q}{S} \cdot C_d$$

Для достижения минимума затрат (экстремума функции Y) дифференцируем целевую функцию Y по S и, приравняв производную dY/dS нулю, получим

$$\frac{dY}{dS} = \frac{T}{2} \cdot C_x - \frac{Q}{S^2} \cdot C_d = 0$$

Отсюда определяем оптимальное значение разовой поставки материалов:

$$S_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{2Q \cdot C_d}{T \cdot C_x}}.$$

Полученное выражение называется *формулой Вильсона*.

Зная $S_{\text{опт}}$, Q и T , можно определить и оптимальные моменты времени t пополнения запасов.

Существуют другие более сложные виды задач управления запасами, которые подробно рассмотрены в [3].

1.19. Дисперсионный, корреляционный и регрессионный анализ.

Дисперсионный анализ предназначен для выявления степени влияния контролируемых факторов X_1, X_2, \dots, X_n на отклик Y . При однофакторном дисперсионном анализе выявляется степень влияния одного фактора X на математическое ожидание отклика $M(Y)$. Фактор может быть количественным (пробег автомобиля) или качественным (марка моторного масла).

Задача корреляционного анализа – выявление наличия и тесноты (силы) связи между значениями различных случайных величин.

Примеры корреляционной связи: между величиной износа узла трения и пробегом автомобиля; между пределом прочности и пределом текучести стали; между твердостью и износостойкостью стали.

При выполнении корреляционного анализа по результатам эксперимента строят кор-

реляционное поле, по которому по тесноте группирования точек вокруг прямой или кривой линии можно визуально судить о наличии корреляционной зависимости (см. рис.1.18).

Силу линейной статистической связи между случайными величинами X и Y оценивают **коэффициентом корреляции** r_{XY} , который принимает значения в интервале от -1 до $+1$ и не зависит от единиц величин X и Y . Чем больше по абсолютной величине коэффициент корреляции, тем сильнее линейная зависимость между величинами X и Y . Однако обратное не всегда верно. Силу нелинейной статистической связи между случайными величинами оценивают с помощью корреляционного отношения.

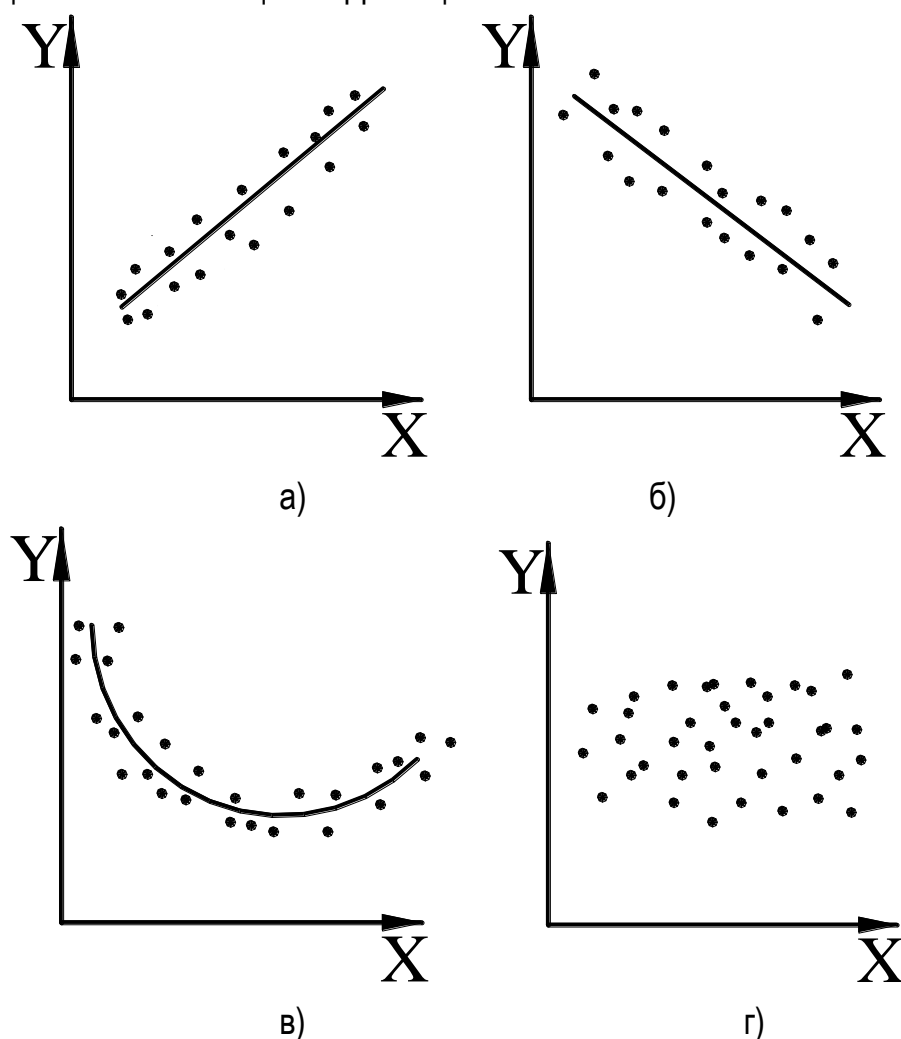


Рисунок 1.18 – Примеры корреляционных полей: а) прямая корреляционная зависимость, $r_{XY} \approx 1$; б) обратная корреляционная зависимость, $r_{XY} \approx -1$; в) нелинейная корреляционная зависимость, $r_{XY} = 0$; г) отсутствие корреляционной зависимости, $r_{XY} = 0$

Задача регрессионного анализа – установление вида и параметров зависимости отклика y от уровней одного или нескольких факторов x_1, x_2, \dots, x_n , т.е. в результате регрессионного анализа определяют вид и параметры функции

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n; b_0, b_1, \dots, b_m),$$

Данную функцию называют **регрессионной моделью**, а ее параметры b_0, b_1, \dots, b_m – **коэффициентами регрессии**.

Коэффициенты регрессии могут вычисляться с помощью *метода наименьших квадратов*, при котором коэффициенты модели определяются из условия: сумма S квадратов отклонений экспериментальных точек y_i от точек на теоретической кривой должна быть минимальной, т.е.

$$S = \sum_{i=1}^N (y_i - f(x_1, x_2, \dots, x_n; b_0, b_1, \dots, b_m))^2 \rightarrow \min,$$

где N – количество экспериментальных точек.

Регрессионная модель позволяет определять значение отклика y по заданному значению факторов x_1, x_2, \dots, x_n не проводя эксперимент. Например, регрессионный анализ может использоваться для прогнозирования грузооборота или пассажирооборота автотранспортного предприятия на перспективу.

Регрессионные модели могут быть однофакторные и многофакторные, линейные и нелинейные. Примеры регрессионных моделей:

- линейная однофакторная модель $y = b_0 + b_1 \cdot x$, где b_0, b_1 - параметры регрессионной модели (коэффициенты регрессии); x – фактор; y – отклик;
- нелинейная однофакторная модель $y = b_0 x^{b_1}$ (может использоваться для прогнозирования грузооборота или пассажирооборота);
- линейная многофакторная модель $y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3$;
- нелинейная многофакторная модель $y = b_0 + b_1 \cdot \ln x_1 + b_2 \cdot \ln x_2 + b_3 \cdot \ln x_3$.

1.15 Планирование эксперимента

Планирование эксперимента – это выбор плана эксперимента, удовлетворяющего заданным требованиям. Основным требованием при планировании эксперимента является минимизация времени и числа опытов при сохранении требуемой достоверности результатов. При *активном эксперименте* уровни факторов в каждом опыте задаются исследователем. **Уровень фактора** - фиксированное значение фактора относительно начала отсчета. Изменение уровней факторов происходит в соответствии с планом эксперимента. **План эксперимента** - совокупность данных, определяющих число, условия и порядок реализации опытов. Исследователь в каждом опыте изменяет *уровни управляемых факторов* x_1, x_2, \dots, x_n , воздействующих на объект исследования, и регистрирует *отклик (выходной параметр)* y . В результате проведения эксперимента необходимо определить **функцию отклика** y - зависимость математического ожидания отклика от факторов x_1, x_2, \dots, x_n :

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n; b_0, b_1, \dots, b_m).$$

Функцию отклика называют также *моделью регрессионного анализа*.

Функция отклика должна иметь числовое выражение, четкий физический или экономический смысл, быть информативной (т.е. характеризовать свойства объекта) и измеряться с требуемой точностью. Факторы должны быть управляемыми, совместимыми, независимыми, однозначными и непосредственно влиять на отклик [3].

Планирование эксперимента обладает рядом *преимуществ* [5]:

- резко сокращается число испытаний;

- схема исследования объекта становится формализованной.
- проводится **последовательный эксперимент**, т.е. эксперимент, реализуемый в виде серий опытов, при этом условия проведения каждой последующей серии определяются результатами предыдущих
- процедура разработки математических моделей упрощается;
- точность математических моделей (их адекватность результатам эксперимента) повышается.

Планирование эксперимента в основном сводится к выбору числа уровней факторов и определению уровня каждого фактора в опыте. План, содержащий все возможные комбинации всех факторов на определенном числе уровней, называется **полным факторным планом**, а эксперимент, проводимый в соответствии с данным планом, – **полным факторным экспериментом (ПФЭ)**. Выбранное число уровней p в сочетании с числом факторов k определяет число возможных опытов N , которое равно $N = p^k$.

Для обработки результатов эксперимента факторы **нормализуют**, т.е. преобразуют натуральные значения факторов в безразмерные. Для определения параметров линейной модели достаточно каждый фактор фиксировать на одном из двух уровней: *верхнем и нижнем* (*верхний уровень* – большее значение, *нижний* – меньшее значение). Верхний уровень нормализованного фактора обозначают «+1», нижний «-1», среднее значение – «0». Нормализация факторов выполняется по следующей формуле

$$x_i = \frac{X_i - X_{CPI}}{\Delta X_i}, \quad \Delta X_i = \frac{X_{MAXi} - X_{MINi}}{2}, \quad X_{CPI} = \frac{X_{MAXi} + X_{MINi}}{2},$$

где x_i - нормализованное значение i -го фактора, X_i - натуральное значение i -го фактора; X_{CPI} - среднее значение i -го фактора, ΔX_i - интервал варьирования i -го фактора.

Рассмотрим планирование эксперимента на примере анализа зависимости отклика Y от двух факторов X_1 и X_2 . При последовательном эксперименте порядок модели до опыта неизвестен. На первом этапе предполагается, что модель линейна и имеет виде

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2,$$

где X_1 и X_2 - два контролируемых фактора.

Для двух факторов количество опытов полного факторного плана равно $N = p^k = 2^2 = 4$. Составляют **матрицу плана** - стандартную форму записи условий проведения эксперимента в виде прямоугольной таблицы, строки которой отвечают опытам, столбцы – факторам (см. табл. 1.13).

Таблица 1.13 – Матрица полного факторного эксперимента для двух факторов

№ опы- та у	Нормализованные значения факторов		Значение функции отклика, полученное в ходе эксперимен- та, y_u
	x_1	x_2	
1	+1	+1	y_1
2	-1	+1	y_2
3	-1	-1	y_3
4	+1	-1	y_4

Графический план ПФЭ для двух факторов в факторном пространстве можно представить в виде квадрата (см. рис. 1.19).

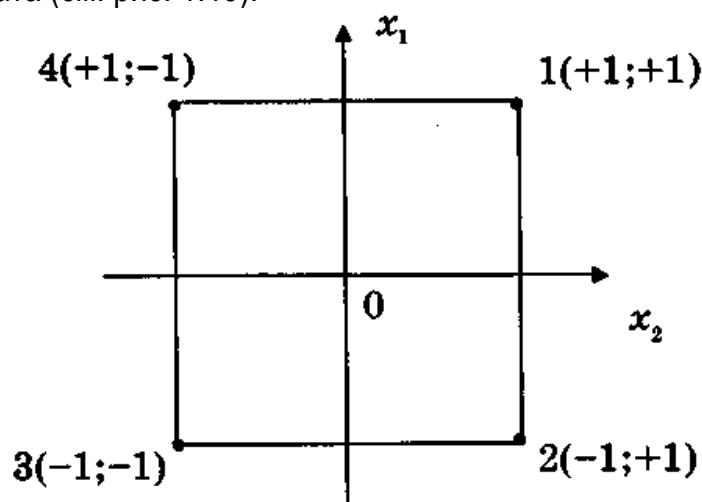


Рисунок 1.19 – Схема плана ПФЭ типа 2^2 [5]

Проводят эксперимент, определяют параметры b_0, b_1, b_2 и проверяют адекватность модели. Если модель адекватна, то заканчивают эксперимент. Адекватность модели проверяют с помощью критерия Фишера. В противном случае модель предполагается в виде

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{12} X_1 X_2,$$

т. е. учитывается эффект взаимодействия факторов $X_1 X_2$, вычисляют параметры модели и проверяют ее адекватность. Коэффициент b_{12} оценивает эффект парного взаимодействия факторов X_1 и X_2 , и показывает силу влияния одного фактора в зависимости от уровня другого. Матрица планирования эксперимента с учетом эффектов взаимодействия называется расширенной матрицей планирования (см. табл. 1.14).

Таблица 1.14 – Расширенная матрица полного факторного эксперимента для двух факторов

№ опыта u	Нормализованные значения факторов			Значение функции отклика, полученное в ходе эксперимента, y_u
	x_1	x_2	$x_1 \cdot x_2$	
1	+1	+1	+1	y_1
2	-1	+1	-1	y_2
3	-1	-1	+1	y_3
4	+1	-1	-1	y_4

Параметры нормализованной регрессионной модели определяются по формулам:

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N Y_u,$$

$$b_i = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N (x_i Y)_u,$$

$$b_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N (x_i x_j Y)_u,$$

где N – число опытов; i, j – номера факторов; x_i, x_j – нормализованные значения факторов; Y_u – измеренное значение отклика в u -м опыте. Например, значение коэффициента b_1 определяется

$$b_1 = \frac{(+1) \cdot y_1 + (-1) \cdot y_2 + (-1) \cdot y_3 + (+1) \cdot y_4}{4}.$$

Если модель адекватна, то заканчивают эксперимент. Если модель не адекватна, то модель предполагается квадратичной в виде

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{12} X_1 X_2 + b_{11} X_1^2 + b_{22} X_2^2$$

Далее составляется план для определения параметров квадратичной модели, проводятся недостающие опыты, определяются параметры модели и проверяется ее адекватность.

Графическим представлением функции отклика является поверхность отклика (см. рис. 1.20).

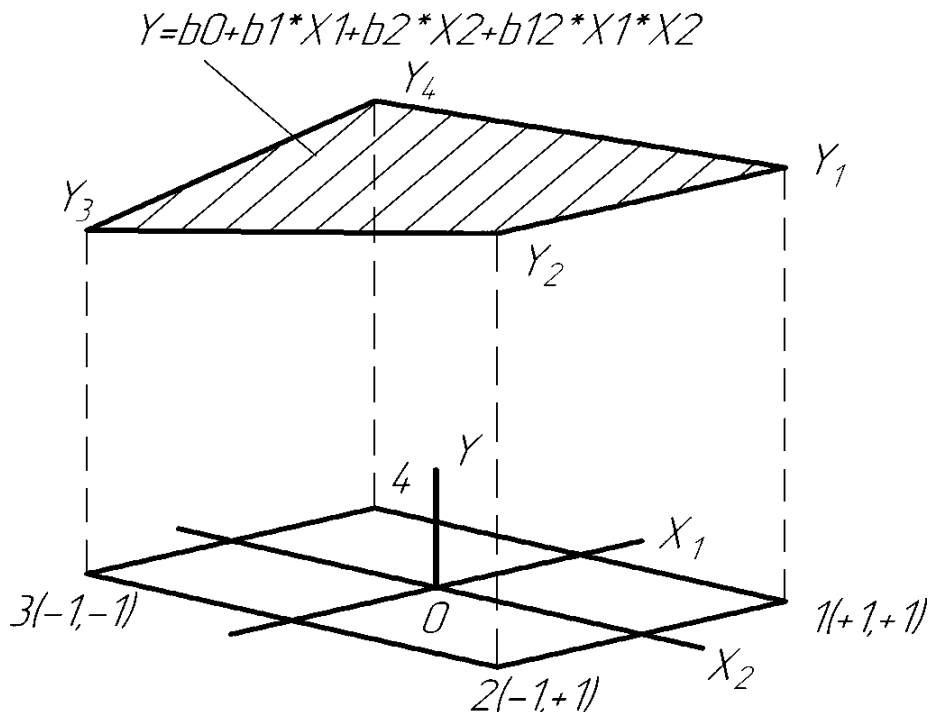


Рисунок 1.20 – Поверхность отклика $y = f(x_1, x_2)$ в факторном пространстве

После определения параметров нормализованной модели переходят к натуральной модели, с помощью которой можно определить значение отклика y по значениям факторов x_1, x_2 .

Для трех факторов количество опытов ПФЭ равно $N = 2^3 = 8$, линейная регрессионная модель имеет вид $y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3$, а матрица ПФЭ дана в табл. 1.15

Таблица 1.15 – Матрица полного факторного эксперимента для трех факторов

№ опыта, u	Нормализованные значения факторов			Значение отклика y_u
	x_1	x_2	x_3	
1	+1	+1	-1	y_1
2	-1	+1	-1	y_2
3	-1	-1	-1	y_3
4	+1	-1	-1	y_4
5	+1	+1	+1	y_5
6	-1	+1	+1	y_6
7	-1	-1	+1	y_7
8	+1	-1	+1	y_8

С увеличением количества факторов количество опытов полного факторного эксперимента резко возрастает. Например, для 5 факторов количество опытов ПФЭ равно $2^5=32$.

Для сокращения количества опытов при большом числе факторов используется **дробный факторный эксперимент (ДФЭ)** – это эксперимент, содержащий часть комбинаций полного факторного эксперимента.

Идея построения плана дробного факторного эксперимента заключается в замене в расширенной матрице планирования ПФЭ наиболее слабого эффекта парного взаимодействия (произведения факторов) новым фактором.

Рассмотри это на примере ДФЭ для 3 факторов. Необходимо найти по результатам активного эксперимента параметры линейной модели для 3 факторов:

$$y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3.$$

Для полного факторного эксперимента необходимое количество опытов составляет $N = 2^k = 2^3 = 8$. Для сокращения количества опытов используем дробный факторный эксперимент. Для построения плана ДФЭ в расширенной матрице планирования ПФЭ типа 2^2 (см. табл. 1.14) заменяем эффект парного взаимодействия $X_1 * X_2$ новым фактором X_3 . Необходимое количество опытов ДФЭ составит $2^{3-1} = 4$ вместо 8 для ПФЭ (см. табл. 1.15). Параметры модели определяются как же, как и для ПФЭ.

Таблица 1.15 - Матрица планирования ДФЭ для 3 факторов (полуреплика 2^{3-1})

№ опыта, u	Нормализованные значения факторов			Значение отклика y_u
	x_1	x_2	x_3	
1	+1	+1	+1	y_1
2	-1	+1	-1	y_2
3	-1	-1	+1	y_3
4	+1	-1	-1	y_4

При составлении плана ПФЭ наиболее распространены регулярные дробные реплики, которые получают делением числа опытов соответствующего ПФЭ на число, кратное двум. Составляю дробные реплики заменой некоторых эффектов взаимодействия новыми факторами. Минимальная дробная реплика для построения линейной модели должна включать $(k+1)$ опытов, где k – число факторов.

Раздел 2 Инновационная деятельность

2.1 Инновационная деятельность. Термины и определения.

В соответствии с Государственным стандартом Республики Беларусь СТБ 1061-97 «Инновации и инновационная деятельность. Термины и определения» и Межгосударственным стандартом ГОСТ 31279-2004 «Инновационная деятельность. Термины и определения» приняты следующие термины и определения.

Инновации (нововведения) - новые или усовершенствованные технологии, виды продукции или услуг, а также организационно-технические решения производственного, административного, коммерческого или иного характера, способствующие продвижению технологий, товарной продукции и услуг на рынок.

Технологическая инновация - инновация, связанная с разработкой и освоением новых или усовершенствованных технологических процессов.

Продукт-инновация - инновация, связанная с разработкой и внедрением новой или усовершенствованной продукции (изделий) или уже реализованных в производственной практике других предприятий и распространяемых через технологический обмен (бесплатные лицензии, ноу-хау, консультации).

Процесс-инновация - инновация, связанная с разработкой и внедрением новых или значительно улучшенных производственных процессов, предполагающих применение нового производственного оборудования, новых методов организации производственного процесса или их совокупности.

Выделяют также понятия: **организационная инновация, социальная инновация, экономическая инновация, инновация услуг.**

Инновационная деятельность - деятельность, обеспечивающая создание и реализацию инноваций.

Инновационный проект - проект, содержанием которого является проведение прикладных научных исследований и (или) разработок, их практическое использование в производстве и реализации.

Инновационный процесс - процесс последовательного проведения работ по преобразованию новшества в продукцию и введение ее на рынок для коммерческого применения.

В общем виде инновационный процесс может включать в себя:

1. исследования и разработки;
2. освоение в производстве;
3. изготовление;
4. содействие в реализации, применении, обслуживании;
5. утилизацию после использования.

Инвестиции инноваций - совокупность материальных и интеллектуальных ценностей, вкладываемых в реализацию инновационного проекта.

Инновационная инфраструктура: совокупность юридических лиц, ресурсов и средств, обеспечивающих материально-техническое, финансовое, организационно-методическое, информационное, консультационное и иное обслуживание инновационной деятельности.

К инновационной инфраструктуре относят организации, способствующие инновационной деятельности: *инновационно-технологические центры, технологические инкубаторы, технопарки, учебно-деловые центры и другие специализированные организации.*

Инновационный центр - субъект инновационной инфраструктуры, осуществляющий совместные исследования с фирмами, обучение студентов, переподготовку и повышение квалификации обучающихся кадров основам инновации и организующий новые коммерческие компании, которые финансирует на стадии их становления.

Технологический парк - субъект инновационной инфраструктуры, осуществляющий формирование условий, благоприятных для развития предпринимательства в научно-технической сфере при наличии оснащенной информационной и экспериментальной базы и высокой концентрации квалифицированных кадров.

Бизнес-инкубатор, фирма-инкубатор - субъект инновационной инфраструктуры, созданный с целью образования новых предприятий, рабочих мест и экономического развития региона на основе комплексного метода организации инновационного процесса.

Инновационное предприятие - предприятие (объединение предприятий), разрабатывающее, производящее и реализующее инновационные продукты и (или) продукцию или услуги.

Инновационная программа - комплекс инновационных проектов и мероприятий, согласованный по ресурсам, исполнителям и срокам их осуществления и обеспечивающий эффективное решение задач по освоению и распространению принципиально новых видов продукции (технологий).

Инновационно-активные предприятия - предприятия, осуществляющие разработку и внедрение новой или усовершенствованной продукции, технологических процессов или иных видов инновационной деятельности.

Национальная инновационная система - совокупность законодательных, структурных и функциональных компонентов, обеспечивающих развитие инновационной деятельности в стране.

Государственная инновационная политика - часть государственной социально-экономической политики, связанная с осуществляемым государством комплексом организационных, экономических и правовых мер, направленных на развитие инновационной деятельности.

В соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 3 января 2007 г. N 1 «Об утверждении положения о порядке создания субъектов инновационной инфраструктуры и внесении изменений и дополнений в Указ Президента Республики Беларусь от 30 сентября 2002 г. № 495» субъектами инновационной инфраструктуры являются: *научно-технологические парки (далее - технопарки); центры трансфера технологий; венчурные организации.*

Технопарк - коммерческая организация, целью которой является содействие развитию предпринимательства в научной, научно-технической, инновационной сферах и создание условий для осуществления юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, являющимися резидентами технопарка, инновационной деятельности от поиска (разработки) нововведения до его реализации.

Центр трансфера технологий - коммерческая организация, целью которой является обеспечение передачи инноваций из сферы их разработки в сферу практического использования. *Основное направление деятельности центра трансфера технологий:* проведение исследований конъюнктуры рынка по выявлению возможностей реализации инноваций; выполнение работ в целях обеспечения правовой защиты и введения в гражданский оборот инноваций; оказание инженерных и консультационных услуг.

Венчурная организация - коммерческая организация, создаваемая для осуществления инвестиционной деятельности в сфере создания и реализации инноваций, а также финансирования инновационных проектов. Основными направлениями деятельности венчурной организации являются: приобретение имущественных прав юридических лиц и (или) индивидуальных предпринимателей, осуществляющих научную, научно-техническую и инновационную деятельность; финансирование инновационных проектов; оказание управленческих, консультационных и иных услуг лицам, выполняющим инновационные проекты, финансируемые венчурной организацией. Финансирование венчурной организацией инновационных проектов осуществляется путем предоставления целевых займов для выполнения инновационных проектов.

2.2 Национальная инновационная система Республики Беларусь

Национальная инновационная система Республики Беларусь представляет собой совокупность законодательных, структурных и функциональных компонентов, обеспечивающих развитие инновационной деятельности в Республике Беларусь.

Управление Национальной инновационной системой Республики Беларусь осуществляется Президентом Республики Беларусь, Советом Министров Республики Беларусь, республиканскими органами государственного управления, НАН Беларуси, иными государственными организациями, органами местного управления и самоуправления в пределах и в соответствии с их полномочиями.

Структура Национальной инновационной системы РБ на 2011-2015 гг. представлена на рис. 2.1.

Президент Республики Беларусь:

- утверждает приоритетные направления научно-технической деятельности в Республике Беларусь
- утверждает приоритетные направления инновационной политики
- утверждает важнейшие инновационные проекты
- утверждает (согласовывает) инновационные программы
- принимает решения о создании научно-практических (производственных) центров
- регулирует иные важнейшие вопросы, связанные с управлением Национальной инновационной системой Республики Беларусь

Президент Республики Беларусь



Рисунок 2.1 – Структура Национальной инновационной системы РБ 2011-2015 гг. (часть структуры).

Совет Министров Республики Беларусь:

- утверждает приоритетные направления фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь
- утверждает приоритетные направления создания и развития новых и высоких технологий
- утверждает перечни государственных программ: комплексных целевых научно-технических, фундаментальных и прикладных научных исследований, научно-технических (региональных, отраслевых)
- обеспечивает проведение (реализацию) государственной инновационной политики

Республиканские органы государственного управления, НАН Беларуси, иные государственные организации:

- разрабатывают предложения о приоритетах государственной инновационной политики
- участвуют в формировании и реализации программ различных уровней и инновационных проектов
- выступают государственными заказчиками государственных, научно-технических программ и программ фундаментальных и прикладных научных исследований
- создают научные, конструкторско-технологические и проектные организации
- осуществляют контроль за выполнением программ и инновационных проектов, финансируемых за счет средств республиканского бюджета, и за целевым использованием этих средств
- участвуют в создании и развитии инновационной инфраструктуры

Органы местного управления и самоуправления:

- осуществляют формирование и реализацию научно-технических программ и инновационных проектов
- выступают государственными заказчиками региональных научно-технических и иных программ инновационного развития областей
- осуществляют контроль за выполнением региональных научно-технических программ и инновационных проектов
- создают и содействуют созданию и развитию субъектов инновационной инфраструктуры

2.3 Государственная программа инновационного развития Республики Беларусь на 2011–2015 годы

Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 26.05.2011 № 669 утверждена Государственная программа инновационного развития Республики Беларусь на 2011 – 2015 годы.

Основная цель – создание конкурентоспособной, инновационной, высокотехнологичной, ресурсо- и энергосберегающей, экологобезопасной экономики.

Основные задачи:

- создание принципиально новых высокотехнологичных и наукоемких секторов экономики (биотехнологии, нано- технологии, микроэлектроника, технологии тонкой химии, информационные технологии, производство новых материалов, лазерно-оптические технологии, коммуникационные технологии, атомная и возобновляемая энергетика, генная инженерия);

- достижение максимального роста добавленной стоимости в производстве на основе его технологического обновления, образования многопрофильных холдингов, кластерных структур снижение материало-, энерго- и импортоемкости производства, повышение его экологобезопасности;

- формирование благоприятных правовых, экономических и социальных условий для технологического развития национальной экономики и привлечения инвестиций (в том числе прямых иностранных инвестиций и венчурного капитала);

- развитие рынка научно-технической и инновационной продукции, повышение эффективности охраны интеллектуальной собственности, совершенствование механизмов коммерциализации результатов инновационной деятельности ускорение инновационного развития регионов;

- формирование инновационного общества, создание эффективной системы непрерывной подготовки, переподготовки и повышения квалификации кадров, специалистов и руководителей для инновационной экономики.

Основные мероприятия:

– создание новых высокотехнологичных наукоемких предприятий и производств;

– модернизация действующих предприятий и производств на основе внедрения инновационных технологий, технологического переоснащения производств для освоения и выпуска новой продукции;

– реализация инновационных проектов, включенных: в перечень важнейших проектов по созданию новых предприятий и производств, имеющих определяющее значение для инновационного развития Республики Беларусь.

Государственная программа направлена на перевод национальной экономики в режим интенсивного развития и должна обеспечить решение важнейших для Республики Беларусь задач по сбалансированности экономики, значительному росту экспорта (в 2,2 раза), не менее чем трехкратному росту доли экспорта наукоемкой и высокотехнологичной продукции в общем объеме белорусского экспорта, обеспечению положительного торгового баланса, а также решение вопросов импортозамещения, повышение позиции страны в международных рейтингах в части рейтинга глобальной конкурентоспособности по показателям "Оснащенность новыми технологиями" и "Инновационный потенциал", индекса экономической свободы по показателю "Права интеллектуальной собственности".

К 2015 году в стране получат развитие следующие высокотехнологичные направления, базирующиеся на технологиях V и VI технологических укладов: индустрия информационных технологий; авиакосмическая промышленность; фармацевтическая промышленность; микробиологическая промышленность и индустрия биотехнологий; приборостроение и электронная промышленность; nanoиндустрия; ядерная энергетика. Достижение этой цели предусматривается обеспечить за счет реализации комплекса мероприятий по следующим направлениям: организационно-структурное развитие новых высокотехнологичных направлений национальной экономики; формирование институциональной среды, благоприятной для ускоренного инновационного и технологического развития; привлечение инвестиций и реализация высокотехнологичных проектов; обучение и подготовка кадров, владеющих современными организационно-управленческими и производственными технологиями.

Общий объем финансирования данной программы составляет 57,4 трлн. рублей.

2.4 Этапы инновационного процесса

Инновационный процесс включает следующие базовые этапы:

1. Фундаментальные исследования. *Фундаментальные исследования* не предполагают непосредственного внедрения полученных результатов в производство, а для своей конкретизации требуют проведения специализированных *прикладных научно-*

исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР). Отличительной особенностью данной стадии также является то, что она достаточно редко выполняется самими предприятиями-изготовителями новой продукции (исключение составляют только крупные промышленные компании), а в большинстве случаев реализуется силами специализированных исследовательских организаций – *научно-исследовательских институтов (НИИ)*.

2. Прикладные НИОКР. В рамках данной стадии инновационного процесса проводится детализация полученных ранее фундаментальных закономерностей и изучение возможностей их практического применения в конкретном производстве. Прикладные НИОКР могут выполняться как силами исследовательских подразделений самого предприятия (его лабораториями, опытно-конструкторскими службами и т.д.), так и специализированными НИИ и конструкторских бюро (КБ).

3. Маркетинговые исследования потенциального рынка. На данной стадии изучается возможность успешной коммерциализации результатов проведенных НИОКР. Реализация данной стадии может проводиться как силами собственных маркетинговых служб предприятия, так и с помощью специализированных консалтинговых организаций.

4. Подготовка производства. Этап подготовки производства принято делить на три основные подэтапа:

— **конструкторская подготовка производства** - разработка рабочей документации на продукцию,

— **технологическую подготовку производства** – разработка технологической документации (технологических процессов производства новой продукции);

— **организационную подготовку производства**, целью которой является планирование и организация нового производственного процесса.

5. Освоение новой продукции. На данной стадии осуществляется апробация разработанной конструкции нового изделия и технологии его изготовления в опытном производстве, проводятся испытания, по результатам которых вносятся корректировки в исходную техническую документацию.

6. Производство и коммерциализация новой продукции. В рамках данной стадии производственные мощности предприятия загружаются под изготовление новой продукции, а также начинается его выведение на целевые сегменты рынка.

Жизненный цикл продукции представлен на рис. 2.2.

2.5 Инновационный менеджмент предприятия [2].

Инновационный менеджмент предприятия - управленческая система для осуществления инновационной деятельности.

Основными функциями системы инновационного менеджмента предприятия являются:

- 1) целеполагание в сфере инновационной деятельности предприятия;
- 2) планирование стратегии и тактики инновационной деятельности;
- 3) организация выполнения инновационных планов;
- 4) регулирование хода реализации инновационных разработок;
- 5) контроль за эффективностью инновационной деятельности;
- 6) анализ возможностей, условий и результатов инновационной деятельности.

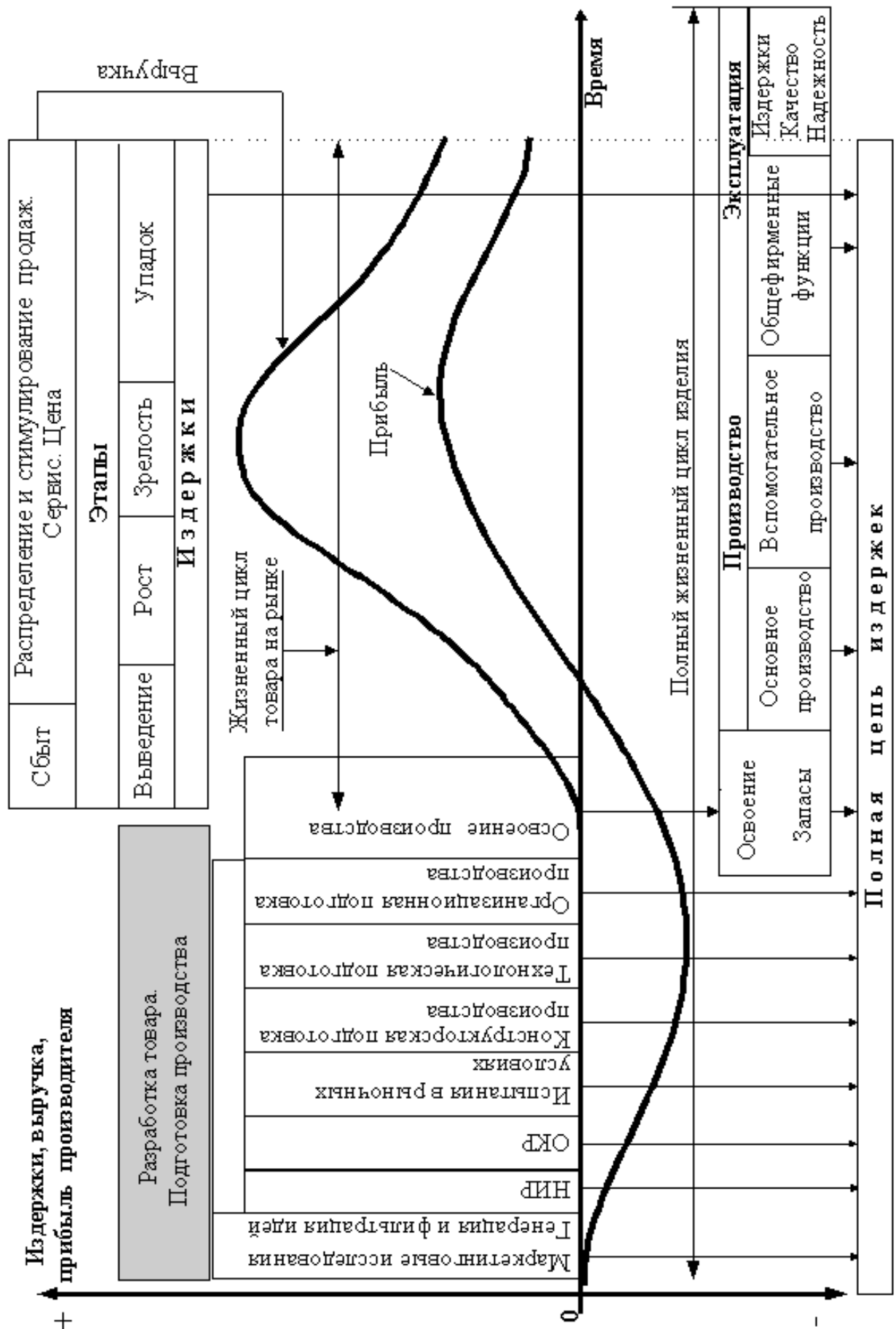


Рисунок 2.2 – Жизненный цикл изделия

2.6 Инновационные стратегии предприятия [2]

Инновационная стратегия предприятия представляет собой укрупненный план его поведения в сфере инновационной деятельности.

В зависимости от своей направленности различают следующие инновационные стратегии.

Наступательные инновационные стратегии обеспечивают реализацию общей стратегии интенсивного роста и нацелены на увеличение присутствия предприятия в наиболее перспективных секторах рынка за счет вытеснения из этих секторов имеющих конкурентов. Такие стратегии в большинстве случаев реализуются за счет крупномасштабных инновационных разработок, основывающихся на стратегически значимых НИОКР и приводящих к установлению технологического и (или) продуктового лидерства предприятия.

Защитные инновационные стратегии ориентированы на поддержание уже достигнутых позиций предприятия за счет упреждения действий конкурентов по расширению их рыночных долей. Основой данной стратегии являются периодически осуществляемые средне- и краткосрочные инновационные разработки, обеспечивающие сокращение затрат и (или) добавление новых потребительски значимых свойств уже выпускающимся видам продукции.

В зависимости от интенсивности инновационной деятельности различают следующие инновационные стратегии.

Активная инновационная стратегия предполагает, что на «максимуме» технологического уровня, достигнутого за счет базовой инновации, предприятие должно реализовать следующее стратегически значимое нововведение (развивающую инновацию), которое также, как и базисная инновация, приведет к существенному повышению технологического уровня производства или расширению рыночных позиций

Пассивные инновационные стратегии имеют защитный характер и предполагают периодическое (по мере необходимости) осуществление предприятием относительно небольших средне- и краткосрочных нововведений, обеспечивающих поддержание достигнутых конкурентных преимуществ.

Стагнационные стратегии используются предприятиями в сокращающихся отраслях, а также предприятиями, не располагающими значимым инновационным потенциалом и потому не способными систематически осваивать инновационные разработки. Суть стратегии состоит в том, чтобы в максимальной степени использовать преимущества, предоставляемые базисной инновационной разработкой, после чего постепенно свернуть деятельность в рассматриваемой стратегической зоне хозяйствования (СЗХ).

В зависимости от способа своей реализации различают следующие инновационные стратегии.

Стратегия технологического (продуктового) лидерства основывается на систематическом осуществлении предприятием широкого спектра крупномасштабных инновационных разработок по освоению новых ключевых технологий или выведению на рынок принципиально новых видов продукции. Как правило, данная стратегия используется крупными промышленными компаниями, уже являющимися национальными отраслевыми лидерами и реализующими свою продукцию на международном рынке.

Стратегия технологической (продуктовой) ниши состоит в специализации инновационной деятельности предприятия на ограниченном количестве ключевых технологий или рыночных секторов с целью достижения конкурентных преимуществ за счет удовлетворения специфических потребностей целевых групп клиентов. Данная стратегия обычно используется предприятиями, располагающими достаточным инновационным потенциалом, однако имеющими относительно небольшие масштабы своей деятельности, в силу чего не способными эффективно конкурировать с общеотраслевыми лидерами в широком спектре рыночных секторов.

Стратегия имитации предполагает быстрое освоение предприятием отраслевых новинок в продуктовой или технологической областях без проведения собственных значительных НИОКР за счет копирования новаторских идей отраслевых лидеров. Данная стратегия обычно выбирается теми предприятиями, которые обладают гибкой хорошо развитой производственной базой и высококвалифицированным персоналом, однако не способными (ими не желающими) самостоятельно выполнять необходимый комплекс НИОКР. Важным условием эффективности данной, стратегии является наличие у предприятия развитых маркетинговых подразделений, а также служб технологической разведки.

Стратегия создания совместных предприятий обычно используется теми предприятиями, которые в результате выполнения собственных НИОКР достигли значительного открытия (сильной технологической позиции), однако не имеют достаточных ресурсов для его успешной коммерциализации. Основными субъектами данной стратегии являются малые инновационные предприятия, а также различного рода научно-исследовательские организации. Их интеграция в СП совместно с крупными промышленными компаниями обеспечивает возможность эффективно реализовать все стадии инновационного процесса.

Стратегия зависимости заключается в том, что предприятие отказывается от выполнения самостоятельных НИОКР и ограничивается внедрением новых технологий или видов продукции, разрабатываемых вне его самого и передаваемых ему на основе договоров **франчайзинга** или лицензионных соглашений. Как правило, данная стратегия используется предприятиями, не сумевшими самостоятельно обеспечить себе прочные рыночные позиции и не обладающими достаточным инновационным потенциалом. Основным внешним условием выбора данного типа инновационной стратегии является «зрелый» характер отрасли и стабильность ее основных технологий. **Франчайзинг, коммерческая концессия, франшиза** (от фр. franchir, «освободить») — вид отношений между рыночными субъектами, когда одна сторона (франчайзер) передает другой стороне (франчайзи) за плату (роялти) право на определённый вид бизнеса, используя разработанную бизнес-модель его ведения.

Стратегия лицензирования обычно используется предприятиями, контролирующими значительную долю отраслевого рынка, обладающими потенциально эффективными новыми разработками, однако функционирующими в условиях сокращающегося рынка. В этом случае, основной доход от инновационной деятельности предприятия обеспечивается за счет реализации лицензии на новые разработки тем предприятиям отрасли, которые придерживаются стратегии зависимости.

2.7 Проектное управление инновационной деятельностью [2]

2.7.1. Сущность и особенности проектного подхода к управлению инновациями

Управление инновационной деятельностью предприятий на тактическом уровне в большинстве случаев реализуется на основании **системы проектного управления**. Элементами системы проектного управления инновационной деятельностью предприятия являются отдельные **инновационные проекты**.

Инновационный проект представляет собой комплекс мероприятий (научных, технологических, производственных, организационных, финансовых и коммерческих), выполняемых в установленной последовательности, взаимно связанных друг с другом по ресурсам, срокам и исполнителям, и направленных на достижение единой конечной цели — создание конкретного новшества [2].

Как объект управления, любой инновационный проект имеет следующие характерные *признаки*:

1. Конкретная целевая направленность.
2. Ограниченные сроки реализации.
3. Ограниченный объем привлекаемых трудовых и материальных ресурсов.
4. Наличие индивидуального четко установленного бюджета.
5. Неповторяемость и новизна для предприятия-разработчика.
6. Организационная обособленность.
7. Одновременная обособленность и взаимосвязанность с другими проектами предприятия.

Любой проект имеет собственный **жизненный цикл**, состоящий из четырех базовых стадий: *стадии формулирования и отбора проекта, стадии его разработки, стадии реализации и стадии завершения*.

2.7.2 Механизм отбора инновационных проектов

Отбор инновационных проектов является ключевой процедурой, обеспечивающей согласование стратегического и оперативно-тактического уровней управления инновационной деятельностью предприятия.

Наиболее часто используются следующие группы критериев (см. табл. 2.1).

Таблица 2.1 - Типовая структура критериев оценки индивидуальной привлекательности инновационных проектов [2]

Группы критериев	Частные критерии
Системные критерии	Совместимость проекта с принятой инновационной стратегией предприятия для соответствующей СЗХ
	Согласованность проекта с представлениями потребителей о предприятии, т.е. с его рыночным имиджем
	Соответствие проекта отношению предприятия к риску
Маркетинговые критерии	Соответствие проекта специфике потребительских требований, характерной для целевых рынков
	Наличие достаточной для окупаемости проекта емкости рынка
	Соответствие параметров проекта характеру и интенсивности рыночной конкуренции

Группы критериев	Частные критерии
	<p>Соответствие жизненного цикла проекта динамике спроса</p> <p>Согласованность проекта с существующими каналами продаж</p> <p>Приемлемость стоимости проекта для целевых, клиентов</p> <p>Ожидаемый уровень затрат на продвижение результатов проекта на целевые рынки</p>
Исследовательские критерии	<p>Стоимость и время выполнения НИОКР по проекту</p> <p>Патентная чистота проекта</p> <p>Достаточность необходимых для реализации НИОКР по проекту научно-технических ресурсов предприятия</p> <p>Ретроспективная и перспективная преемственность НИОКР по проекту</p> <p>Возможность патентования результатов НИОКР по проекту</p>
Производственные критерии	<p>Необходимость разработки новых технологических процессов и (или) технического перевооружения для реализации проекта</p> <p>Соответствие проекта мощностям предприятия</p> <p>Доступность и относительная стоимость необходимых для реализации проекта сырья, материалов и комплектующих</p> <p>Уровень производственной безопасности работ по проекту</p> <p>Ожидаемый уровень производственных издержек</p>
Финансовые критерии	<p>Достаточность финансовых ресурсов предприятия для самостоятельной реализации проекта</p> <p>Привлекательность проекта для внешнего инвестирования</p> <p>Относительная продолжительность периода инвестирования по проекту</p> <p>Распределение ожидаемого притока денежных средств по проекту во времени</p> <p>Значение показателей эффективности инвестирования в проект (NPV, IRR, IR и т.д.)</p>
Организационные критерии	<p>Обеспеченность проекта квалифицированными специалистами</p> <p>Масштабы и стоимость требуемого по проекту обучения персонала</p> <p>Необходимость перестройки действующей структуры управления под проект</p> <p>Необходимость разработки и внедрения новых систем мотивации персонала</p>
Экологические критерии	<p>Объемы вредных выбросов, связанных с реализацией проекта</p> <p>Размеры возможных штрафных санкций, связанных с экологической опасностью проекта</p> <p>Необходимость строительства и ввода в эксплуатацию специальных очистительных установок</p> <p>Соответствие уровня экологической опасности проекта общественному мнению о предприятии</p>

2.7.3 Система проектного планирования

В общем случае, планирование каждого отдельного проекта представляет собой систему трех взаимосвязанных процедур:

- a) разработка бизнес-плана проекта;
- b) сетевое планирование сроков выполнения проектных работ;
- c) календарное планирование ресурсного обеспечения проекта.

Основной задачей, на решение которой направлено бизнес-планирование инновационных проектов, является привлечение требующихся для их выполнения инвестиционных ресурсов.

Структура бизнес-планов инновационных проектов включает следующие разделы.

I. Резюме. Данный раздел бизнес-плана должен очень кратко характеризовать суть планируемой идеи; обозначить пути ее реализации; показать потребность предприятия в ресурсах, недостающих для реализации выбранной идеи; в сжатой форме определить планируемые ключевые результаты реализации предлагаемого проекта и его эффект для инвестора.

II. Характеристика нового вида продукции. Данный раздел бизнес-плана составляется только для проектов продуктовых инноваций. В этом разделе дается характеристика следующих основных параметров:

- 1) назначение и область применения проектируемого нового вида продукции;
- 2) основные характеристики (потребительские, функциональные, сбытовые) данной продукции;
- 3) соответствие разрабатываемой продукции существующим на целевых рынках ее сбыта стандартам качества;
- 4) обеспеченность предприятия патентами, лицензиями и сертификатами, необходимыми для производства и реализации рассматриваемого вида продукции.

III. Маркетинговый план. В рамках данного раздела бизнес-плана проводится анализ специфики рынков, на которые ориентирована реализация предлагаемого проекта, и фиксируются следующие основные параметры:

- 1) сегментация целевого рынка и выбор наиболее перспективных его сегментов;
- 2) прогноз объемов и динамики спроса на новую продукцию;
- 3) оценка конкуренции и конкурентоспособности объекта нововведения;
- 4) план действий предприятия в области ценообразования на новую продукцию;
- 5) план действий предприятия в области товародвижения новой продукции.

IV. Производственный план. Данный раздел включает следующие основные подразделы:

- 1) общая характеристика нового производственного процесса;
- 2) планируемая программа производства и реализации новой продукции;
- 3) характеристика обеспечения планируемой производственной программы производственными мощностями;
- 4) планируемое ресурсное обеспечение (структура основных поставщиков) производственной программы;
- 5) плановый уровень производственных издержек;
- 6) расчет безубыточных объемов производства новой продукции.

V. Организационный план. В рамках данного раздела бизнес-плана проводится укрупненный анализ параметров действующей организационной структуры предприятия и ее соответствие функциональным особенностям деятельности, планируемой в проекте. В рамках данного раздела должен быть проведен анализ действующих на предприятии систем оплаты труда сотрудников с точки зрения соответствия их мотивационного уровня тому, который необходим для нормальной реализации планируемых мероприятий. При выявлении каких-либо несоответствий, должен быть спроектирован комплекс мероприятий по изменению системы стимулирования труда.

VI. Инвестиционный план. В рамках данного раздела бизнес-плана решаются три основных задачи:

1) проводится поэлементный расчет объема инвестиционных ресурсов, необходимых для реализации планируемого проекта;

2) определяется планируемая структура источников получения необходимых инвестиционных ресурсов по годам реализации проекта и рассчитывается средневзвешенная стоимость привлекаемых ресурсов;

3) разрабатывается график погашения задолженности по внешним инвестициям.

VII. Финансовый план. Основной целью данного раздела бизнес-плана является составление сводного баланса плановых доходов и расходов по проекту, включающего в свою структуру четыре группы статей:

1) доходы и поступления средств;

2) расходы и отчисления средств;

3) платежи в бюджет;

4) ассигнования из бюджета.

Главным критерием правильности составленного баланса является равенство его доходной и расходной статей с учетом сальдо по расчетам с бюджетом.

VIII. Оценка рисков проекта. Основными задачами составления данного раздела пояснительной записки являются:

1) четкое выделение возможных рисков ситуаций по стадиям реализации проекта;

2) количественная оценка возможных рисков (вероятности возникновения рисков ситуаций и возможной величины потерь) каждой из стадий проекта;

3) разработка перечня мероприятий, направленных на избежание или минимизацию последствий соответствующих рисков ситуаций.

IX. Оценка эффективности проекта. В рамках данного раздела бизнес-плана на основе всей полученной ранее аналитической информации с помощью методов дисконтирования определяются основные показатели финансовой эффективности планируемого к реализации проекта. В качестве ключевых показателей обычно используются:

1) величина чистой дисконтированной стоимости проекта;

2) уровень внутренней нормы рентабельности проекта;

3) запас финансовой прочности проекта;

4) динамический срок окупаемости проекта;

5) уровень динамической рентабельности проекта.

После составления бизнес-плана проекта и заключения на его основе соответствующих инвестиционных соглашений, реализуется **этап оперативно-тактического планирования инновационного проекта**. На данном этапе планируются сроки выполнения

взаимосвязанного комплекса работ по проекту, а также разрабатываются календарные планы ресурсного обеспечения таких работ.

На практике обе указанные задачи чаще всего решаются с использованием методов сетевого планирования.

Сущность методов сетевого планирования состоит в том, что они предполагают описание комплекса проектных работ с помощью специальных динамических моделей — сетевых графиков, позволяющих получать оценку ресурсоемкости каждого отдельного этапа проекта, дающих возможность выявить имеющиеся временные и ресурсные резервы планируемых работ, а также позволяющих оптимизировать ход работ по проекту с учетом установленных ограничений.

Оптимизированный вариант сетевого графика выступает *календарным расписанием выполнения отдельных работ по проекту*, регламентирует сроки и последовательность передачи промежуточных результатов проекта от одного подразделения к другому, а также устанавливает объемы использования ресурсов при выполнении каждого этапа проекта и каждой отдельной его работы.

2.7.4 Организация выполнения инновационных проектов

На стадии организации выполнения проекта осуществляются три основных типа работ:

- 1) проводится выбор оптимальной структурной формы реализации проекта, на основе чего изменяется существующая организационная структура предприятия;
- 2) разрабатывается бюджет проекта;
- 3) проводится формирование проектной команды.

2.7.5. Управление реализацией инновационных проектов

Управление реализацией проектов предполагает циклическое выполнение двух взаимосвязанных функций: контроля результатов выполнения проекта и координации отклонений в проектных работах. При достижении предельных сроков выполнения проекта, управление им сводится к координации завершения проектных работ.

В рамках системы проектного управления процедуры контроля принято осуществлять по трем основным направлениям:

- 1) контроль времени выполнения проектных работ и их комплексов;
- 2) контроль стоимости проектных работ (бюджета проекта);
- 3) контроль качества проектных работ.

2.8 Содержание и особенности технологического трансфера [2]

Технологический трансфер - система экономических отношений, посредством которых осуществляется передача объектов нематериальных активов (НМА), связанных с результатами различных инновационных разработок, от одного субъекта рынка к другому.

Типовые стратегии технологического трансфера

Стратегия передачи/получения патентов на инновационную разработку — является наиболее радикальной и предполагает реализацию сделок по купле-продаже всех исключительных прав, устанавливаемых патентом.

Стратегия передачи/получения лицензий на патентуемые виды промышленной собственности — предполагает реализацию сделок по купле-продаже лицензий на

право использования в производственно-хозяйственной деятельности предприятия-реципиента изобретений, промышленных образцов, полезных моделей и т.д. предприятия-патентообладателя.

Стратегия передачи/получения лицензий на непатентуемые виды промышленной собственности (ноу-хау).

Стратегия передачи/получения технологий в материализованном виде — предполагает реализацию сделок по купле-продаже оборудования, агрегатов, средств технологического оснащения, в которых воплощены результаты выполненных предприятием-патентообладателем инновационных разработок.

Стратегия перекрестного лицензирования — основана на взаимном (бартерном) обмене предприятий-участников трансакции лицензиями на использование принадлежащих им запатентованных технологических разработок.

Стратегия технологического инвестирования — предполагает инвестирование объектов НМА в создаваемые филиалы материнской компании или совместные предприятия.

Стратегия научно-производственного кооперирования — предполагает участие предприятий в выполнении совместных НИОКР или в процессах некоммерческого технологического трансфера.

2.8 Оценка эффективности продуктовых инновационных проектов

Основные эффекты от инновационной деятельности можно разделить на следующие группы:

- 1) Экономические эффекты (прирост дохода от инновационного проекта; повышение конкурентоспособности продукции; улучшение рыночной позиции предприятия);
- 2) Научно-технические эффекты (прирост научно-технического и интеллектуального потенциала; повышение организационного уровня производства);
- 3) Социальные эффекты (рост доходов работников; увеличение числа рабочих мест; улучшение условий труда; повышение квалификации работников);
- 4) Экологические эффекты (повышение экологичности выпускаемой продукции; сокращение экологической опасности производства)

Продуктовые инновационные проекты способны напрямую порождать доходы от своей реализации, что дает возможность оценивать эффективность таких проектов путем сопоставления проектных доходов с величинами проектных затрат.

Статические методы (критерии) оценки экономической эффективности [1]

Срок окупаемости T_0 – это продолжительность периода времени, за который доходы по проекту $D(t)$ покроют затраты на реализацию проекта $Z(t)$, т.е. срок окупаемости T_0 – это минимальное значение T , для которого

$$\sum_{t=1}^T D(t) \geq \sum_{t=1}^T Z(t).$$

Преимуществом этого метода является его простота, что позволяет более быстро оценивать проекты в условиях дефицита ресурсов. Часто этот показатель служит в качестве ограничения (срок окупаемости должен быть не больше определенного периода).

Рентабельность инвестиций ROI (return on investment) равна отношению суммы прибыли или убытков к сумме инвестиций за период T . При расчете рентабельности инвестиций в годовом исчислении используют формулу

$$ROI = \frac{\sum_{t=1}^T (D(t) - Z(t))}{T \cdot \sum_{t=1}^T Z(t)},$$

где $t = 1, 2, \dots, T$; T - год выхода проекта на полную производственную мощность.

Величина, рассчитанная по этому методу, показывает, какая часть инвестиционных затрат возмещается в виде прибыли в течение одного интервала планирования. Часто сопоставление этой величины со средним уровнем доходности капитала приводит к заключению о целесообразности реализации проекта.

Дисконтированные критерии экономической эффективности [1, 2]

Поскольку большинство продуктовых инноваций являются долгосрочными, то необходимо использовать *дисконтированные критерии экономической эффективности*. Дисконтированные критерии учитывают разную ценность денег во времени. *Дисконтирование* предполагает приведение стоимостных оценок возникающих в рамках проекта финансовых потоков к единой базе (обычно - моменту начала реализации проекта) с помощью специальных поправочных коэффициентов, называемых коэффициентами дисконтирования.

Коэффициент дисконтирования определяется

$$K_D = \frac{1}{(1+r)^t},$$

где r – ставка дисконтирования (дисконта) по проекту, доли единиц; t – временной период реализации проекта ($t = 1, 2, \dots$).

В общем виде **ставка дисконта r** может быть представлена как

$$r = IR + MRR \cdot RI,$$

где **IR (inflation rate)** – темп инфляции, **MRR (minimal rate of return)** – минимальная реальная норма прибыли, т.е. минимальная норма прибыли, получаемая при альтернативном использовании денежных средств, **RI (risk of investments)** – коэффициент, учитывающий степень инвестиционного риска.

При разработке конкретных инвестиционных проектов ставка дисконта полагается равной кредитному проценту (альтернативной стоимости капитала). Многие фирмы определяют ставку дисконта, исходя из усредненных процентных ставок по долгосрочным банковским кредитам.

Чистый дисконтированный доход (ЧДД) NPV (net present value) – базовый показатель оценки эффективности долгосрочных инновационных проектов, показывающий общую сумму накопленной за весь период реализации проекта чистого дохода, приведенной к единой базе с помощью дисконтирования:

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{D(t)}{(1-r)^t} - \sum_{t=1}^T \frac{Z(t)}{(1-r)^t},$$

где $t = 1, 2, \dots, T$; T - продолжительность жизненного цикла проекта; $D(t)$ – планируемый доход по проекту для периода t ; $Z(t)$ - планируемые затраты по проекту для периода t .

Чем выше ставка дисконта r , тем отдаленные выгоды оказывают меньшее влияние на NPV. При принятии инвестиционного решения отдается предпочтение проектам, для которых значение ЧДД положительное, т.е. $NPV > 0$. При сравнении альтернативных проектов экономически более выгодным считается проект с наибольшей величиной ЧДД. Отрицательное значение этого показателя свидетельствует о неэффективности вложения денежных средств (норма доходности меньше необходимой).

Индекс рентабельности PI (profitability index) – относительный показатель, характеризующий уровень превышения дисконтированных доходов от реализации проекта над дисконтированными проектными расходами:

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{D(t)}{(1-r)^t}}{\sum_{t=1}^T \frac{Z(t)}{(1-r)^t}}.$$

Принимаются проекты, для которых $PI > 1$.

Внутренняя норма доходности IRR (internal rate of return) - это процентная ставка, при которой чистый дисконтированный доход (NPV) равен 0.

IRR равно такому значению ставки дисконта r , при котором $NPV = 0$, т.е.

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{D(t)}{(1-IRR)^t} - \sum_{t=1}^T \frac{Z(t)}{(1-IRR)^t} = 0.$$

При принятии инвестиционного решения *внутренняя норма доходности* позволяет инвестору оценить целесообразность вложения средств в данный проект. Если банковская ставка больше IRR, то положив деньги в банк, инвестор может получить большую прибыль. Экономический смысл IRR заключается в том, что он определяет темп роста капитала, инвестированного в данный проект.

Динамический срок окупаемости проекта равен периоду времени, за который накопленная величина дисконтированных доходов по проекту покрывает накопленную сумму его затрат и проект выходит в прибыльную зону своей реализации

Список использованных источников

1. Инновационный менеджмент: Учебник для вузов / Абрамешин А.Е., Воронина Т.П., Молчанова О.П., Тихонова Е.А., Шленов Ю.В.; Под редакцией д-ра экон. наук, проф. О.П. Молчановой. - М.: Вита-Пресс, 2001. - 272 с.: ил.
2. Карпенко, Е.М. Инновационный менеджмент: ответы на экзаменац. вопр. / Е.М. Карпенко, С.Ю. Комков. — Минск : ТетраСистемс, 2008. — 176 с.
3. Коваленко, Н. А. Научные исследования и решение инженерных задач в сфере автомобильного транспорта: учеб. пособие / Н. А. Коваленко. – Минск: Новое знание; М.: ИНФА-М, 2011 – 271 с.: ил.
4. Кудрявцев Е. М. K88 GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 320 с.: ил. (Серия «Проектирование»).
5. Научные исследования и решение инженерных задач: Учебн. пособие / С. С. Ку-

- чур, М. М. Болбас, В. К. Ярошевич. – Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2003.
6. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и дополн./ Е.С. Кузнецов. А. П. Болдин, В. М. Власов и др. – М.: Наука, 2004.- 535 с.
 7. Шевченко, Д. Н. Имитационное моделирование на GPSS : учеб.-метод. пособие для студентов технических специальностей / Д. Н. Шевченко, И. Н. Кравченя ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2007. – 97 с.

Учебное издание

Составитель: **Монтик Сергей Владимирович**

**Конспект лекций по дисциплине
«ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
И ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ»**

для студентов специальностей

1 - 37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей»,

1 – 37 01 07 «Автосервис»

Ответственный за выпуск **Монтик С.В.**

Редактор **Строкач Т.В.**

Подписано к печати _____ .2011 г. Формат 60x84/16 Бумага писчая N 1. Усл. п.л. _____ . Уч. изд. л. ____ . Заказ N ____ . Тираж 50 экз. Отпечатано на ризографе Учреждения образования «Брестский государственный технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.