МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
МОСКОВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

В.К. Новиков

МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Курс лекций



Альтаир-МГАВТ
Москва 2015

УДК 502.3 Н-73

В.К. Новиков Методология и методы научного исследования. Курс лекций.— М.: Альтаир–МГАВТ, 2015.— 212 с.

В курсе лекций на основе требований Федеральных образовательных стандартов подготовки кадров высшей квалификации по направлениям: 26.06.01 Техника и технологии кораблестроения и водного транспорта; 15.06.01 Машиностроение; 38.06.01 Экономика; 40.06.01 Юриспруденция изложено содержание лекционного материала по организации и проведению научных исследований в ходе обучения в аспирантуре МГАВТ.

На основе обобщения и анализа нормативно-методических и литературных источников в области методологии и методов научного исследования приведены основные понятия и определения учебного курса, организация научных исследований, выбор направления и обоснование темы научного исследования, методы теоретических и экспериментальных исследований, сущность и содержание технико-экономического анализа в научных исследованиях, эффективность и внедрение результатов научных исследований, организационные вопросы разработки и защиты диссертационных работ.

Для аспирантов академии, изучающих дисциплину «Методология и методы научного исследования» по направлениям: 26.06.01 Техника и технологии кораблестроения и водного транспорта; 15.06.01 Машиностроение; 38.06.01 Экономика; 40.06.01 Юриспруденция.

Рецензенты: к.т.н., профессор, зав. кафедрой «Менеджмент на водном транспорте» Фомин В.Г., к.э.н., доцент, зав. аспирантурой и докторантурой МГАВТ Шершнев В.И.

Рекомендовано к изданию Учебно-методическим советом МГАВТ.

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе аспирантов на заседании кафедры Техносферной безопасности МГАВТ (протокол от 21 января 2015 г. №6).

Ответственность за оформление и содержание передаваемых в печать материалов несут авторы и кафедры академии, выпускающие учебно-методические материалы.

© МГАВТ, 2015
© Новиков В.К., 2015

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 6
Тема №1. Основные понятия и определения учебного курса 8
1.1. Понятия о науке 8
1.2. Характерные черты современной науки 9
1.3. Определение и классификация научных исследований 11
1.4. Этапы научных исследований 13
Тема №2. Организация научных исследований в России 14
2.1. Система научных учреждений Российской Федерации 14
2.2. Научно-исследовательская работа в высшей школе 16
2.3. Особенности научно-исследовательской работы студентов 20
2.4. Организация прикладных исследований 23
Тема №3. Выбор направления и обоснование темы научного исследования 28
3.1. Планирование научного исследования 28
3.2. Прогнозирование научного исследования 32
3.3. Выбор темы научного исследования 38
3.4.Технико-экономическое обоснование темы научного исследования 41
Тема №4. Планирование эксперимента 43
4.1. История возникновения понятия планирование эксперимента 43
4.2. Этапы планирования эксперимента 45
Тема №5. Методы научных исследований 48
5.1. Понятие метода научного исследования и его содержания 48
5.2. Уровни методов научного познания 50
5.3. Сущность и содержание системного анализа 51
Тема №6. Качественные и количественные методы исследований 53
6.1. Качественные методы исследований 53
6.2. Количественные методы исследований 54
Тема №7. Теоретические методы исследования 59
7.1. Содержание метода теоретического исследования 59
7.2. Метод формализации 60
7.3. Мысленный эксперимент как метод исследования 64
7.4. Аксиоматический метод научного познания 65
Тема №8. Экспериментальные исследования 67
8.1. Классификация, типы и задачи эксперимента 67
8.2. Элементы теории планирования эксперимента 73
8.3.Метрологическое обеспечение экспериментальных исследований 77

Тема №9. Методы обработки результатов измерений и оценки погрешностей 83
9.1. Этапы проведения измерений 83
9.2. Классификация погрешностей 85
9.3. Обработка результатов измерений 87
9.3.1. Обработка результатов прямых измерений 87
9.3.2 Обработка результатов косвенных измерений 88
9.3.3 Обработка результатов совокупных измерений 89
Тема №10. Основы теории случайных ошибок при измерениях 90
10.1. Основа теории случайных ошибок при измерениях 90
10.2. Интервальная оценка с помощью доверительной вероятности 90
10.3. Определение минимального количества измерений 93
Тема №11. Технико-экономический анализ в научных исследованиях 103
11.1. Сущность и содержание технико-экономического анализа 103
11.2. Технико-экономическое обоснование на проведение научно исследовательской работы 105
11.2.1. Методы обоснования тем научных исследований 105
11.2.2. Технико-экономическое обоснование на проведение научно-исследовательской работы 109
Тема №12. Внедрение научных исследований и их эффективность 111
12.1.Внедрение завершенных научных исследований в производство 111
12.2. Эффективность научных исследований 112
Тема №13. Имитационное моделирование в научных исследованиях 118
13.1. Методологические основы применения метода имитационного моделирования 118
13.2. Классификация имитационных моделей 122
13.3. Основные этапы имитационного моделирования 128
Тема №14. Методы прогнозирования в научных исследованиях 133
14.1. Основные положения теории прогнозирования 133
14.2.Применение методов прогнозирования для решения прикладных задач 135
Тема №15. Методология выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ 145
15.1. Сущность и содержание научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ 145
15.2.Содержание технического задания на научно-исследовательскую работу 149
15.3. Содержание технического задания на 155
опытно-конструкторскую работу 155
15.4. Требования к содержанию технического задания на разработку компьютерных программ и программного обеспечения 161

15.5. Порядок выполнения и приемки научно–исследовательской работы ... 162
15.5.1. Общие положения ... 162
15.5.2. Порядок выполнения и приемки научно-исследовательской работы ... 164
Тема №16. Опыт ведущих зарубежных стран в области государственного регулирования сферы исследований и разработок ... 168
16.1. Система управления сферой исследований и разработок ... 168
16.2. Система управления сферой исследований и разработок в США ... 170
16.3. Система управления научно-инновационной деятельностью в Великобритании ... 172
16.4. Система управления сферой исследований и разработок во Франции ... 176
16.5. Основы современного реформирования системы управления ... 178
научной деятельностью ... 178
Тема №17. Организационные вопросы разработки и защиты диссертационных работ ... 179
17.1. Положение о Высшей аттестационной комиссии при Министерстве образования и науки РФ ... 179
17.2. Положение о совете по защите диссертаций ... 182
17.2.1. Порядок создания диссертационного совета ... 182
17.2.2. Порядок организации работы диссертационных советов ... 184
17.2.3. Проведение заседания диссертационного совета при защите диссертации ... 187
17.2.4. Тайное голосование и работа счетной комиссии ... 192
17.2.5. Порядок приостановления, возобновления и прекращения деятельности диссертационного совета ... 193
Тема № 18. Порядок присуждения ученых степеней ... 195
18.1. Общие положения ... 195
18.2. Критерии, которым должны отвечать диссертации на соискание ученых степеней ... 196
18.3. Представление и защита диссертаций ... 197
18.4. Рассмотрение диссертаций и аттестационных дел Министерством образования и науки РФ и Комиссией ... 208
Список использованных источников ... 210

ВВЕДЕНИЕ

На всех этапах развития науки решающую роль играет метод, то есть стратегия подходов, путь построения каркаса, решетки научного знания с целью последующего выполнения его архитектуры и возведения самого здания науки. Методология в качестве науки о методе фокусируется на предмете науки и участвует в конструировании ее объекта.

Учебный курс лекций по дисциплине «Методология и методы научного исследования» по направлениям: 26.06.01 Техника и технологии кораблестроения и водного транспорта; 15.06.01 Машиностроение; 38.06.01 Экономика; 40.06.01 Юриспруденция способствует формированию методологической и научной культуры, гибкому восприятию научных текстов, участию в дискуссиях по методологии, эффективному применению полученных знаний в научно-исследовательской работе.

Цель дисциплины — формирование у аспирантов академии методологической и научной культуры, системы знаний, умений и навыков в области организации и проведения научных исследований.

Задачи дисциплины:

1. Привитие аспирантам знаний основ методологии, методов и понятий научного исследования;

2. Формирование практических навыков и умений применения научных методов, а также разработки программы методики проведения научного исследования;

3. Воспитание нравственных качеств, привитие этических норм в процессе осуществления научного исследования.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

знать:

- теоретические основы организации научно-исследовательской деятельности;

уметь:

- анализировать тенденции современной науки, определять перспективные направления научных исследований;

- использовать экспериментальные и теоретические методы исследования в профессиональной деятельности;

владеть:

- современными методами научного исследования в предметной сфере;

- навыками совершенствования и развития своего научного потенциала.

Издание данного курса лекций обусловлено необходимостью удовлетворения в нем потребности аспирантов академии в части методологии и методов научного исследования. Содержание курса соответствует требованиям Феде-

ральных государственных образовательных стандартов по направлениям подготовки кадров высшей квалификации — специалистов водного транспорта.

При подготовке курса лекций широко использованы материалы официальных Российских и международных документов, учебников и учебных пособий различных авторов, в том числе допущенных Министерством образования и науки РФ, в качестве учебников в ВУЗах России, приведенных по тексту учебного пособия или указанных в списке литературы.

Автор выражает искреннюю благодарность рецензентам кандидату технических наук, профессору Фомину В.Г. и кандидату экономических наук, доценту Шершневу В.И за ценные советы и рекомендации по улучшению содержания курса лекций.

Автор

Тема №1. Основные понятия и определения учебного курса

1.1. Понятия о науке

Наука — особый вид человеческой познавательной деятельности, направленный на выработку объективных, системно организованных и обоснованных знаний об окружающем мире. Основой этой деятельности является сбор фактов, их систематизация, критический анализ и на этой базе синтез новых знаний или обобщений, которые не только описывают наблюдаемые природные или общественные явления, но и позволяют построить причинно-следственные связи, прогнозировать.

Наука является основной формой человеческого познания. Наука в наши дни становится всё более значимой и существенной составной частью той реальности, которая нас окружает и в которой нам так или иначе надлежит ориентироваться, жить и действовать. Философское видение мира предполагает достаточно определенные представления о том, что такое наука, как она устроена и как она развивается, что она может и на что она позволяет надеяться, и что ей недоступно. У философов прошлого мы можем найти много ценных предвидений и подсказок, полезных для ориентации в таком мире, где столь важна роль науки.

Под содержанием науки следует понимать ее определение, включая цели, идеологический базис (или, может быть, более узко — парадигму) науки, т.е. комплекс принятых идеи, взглядов на то, что такое наука, каковы её цели, способы построения и развития, и т. п. В этот же круг идей необходимо, по-видимому, включить и проблемы научной этики — системы принятых, но юридически не обязательных правил, регулирующих взаимоотношения людей в сфере научной деятельности. Научной этике в критических, исторических и философских трудах уделяется обычно мало внимания, хотя она, в силу важного места, занимаемого наукой в современном обществе, является существенной частью взаимоотношения людей.

Всякая идеология является, по существу, оформлением опытных данных о взаимодействии людей с природой и между собой. Люди привыкли относиться к постулированным и уже апробированным правилам или законам, как к окончательной истине, забывая о том, что установление истины сопровождается многочисленными заблуждениями. Проверка идеологических принципов опытным путём в силу ряда причин затруднена. Поэтому до сих пор не удалось прийти к однозначному решению этих вопросов, а это сказывается, в свою очередь, и на развитии самих наук.

Большинство вопросов, связанных с идеологией науки, подробно изложено в многочисленных и доступных философских трудах. В данной теме рас-

сматриваются лишь конкретные проблемы, важные для развития данной темы. Следует отметить, что хотя идеология науки имеет корни в античном естествознании, формулировки, принятые в настоящее время, восходят, в основном, к средневековью, к трудам Ф. Бекона, Р. Декарта и некоторых других.

Наука — сфера человеческой деятельности, функция которой — выработка и теоретическая систематизация объективных знаний о действительности; одна из форм общественного сознания; включает как деятельность по получению нового знания, так и ее результат — сумму знаний, лежащих в основе научной картины мира; обозначение отдельных отраслей научного знания. Непосредственные цели — описание, объяснение и предсказание процессов и явлений действительности, составляющих предмет ее изучения, на основе открываемых ею законов. Система наук условно делится на естественные, общественные, гуманитарные и технические науки. Зародившись в древнем мире, в связи с потребностями общественной практики, начала складываться с 16–17 вв. и в ходе исторического развития превратилась в важнейший социальный институт, оказывающий значительное влияние на все сферы общества и культуру в целом.

1.2. Характерные черты современной науки

В настоящее время в экономике, политике и социальной жизни общества все большую роль играет научно-техническая революция. Она представляет собой сложную динамичную систему, которая включает в себя науку, технику и производство. В этой системе наука служит генератором идей, техника осуществляет их материальное воплощение, которое реализуется через производство. Развитие науки приводит к глубоким, революционным изменениям в технике и технологии, что, естественно, революционизирует и материальное производство.

Первой и наиболее характерной чертой современной науки является то, что она становится непосредственной производительной силой. Это значит, что технический прогресс непосредственно опирается на развитие науки. Даже техническое проектирование стало отраслью научного труда (почти всегда при проектировании решаются новые научные проблемы). Конечно, не вся наука «работает» исключительно на технику. В общем объеме науки значительное место занимают исследования, решающие «собственные» проблемы науки. И все же можно говорить об индустриализации науки не только с точки зрения ее оснащения, но и с точки зрения ее связей с производством.

Вторая характерная черта современной науки — масштабность. На смену ученым-одиночкам, относительно свободным в выборе научной проблематики

и сроков исследования, пришла масса людей, опирающаяся на мощную техническую базу, научная работа которых планируется и управляется.

Резкое ускорение темпов научно-технического прогресса — третья характерная черта современной науки. Оно приводит, во–первых, к развитию науки в направлении ее внутренней дифференциации, вызывающей, в свою очередь, узкую специализацию исследователей, и, во–вторых, к колоссальному увеличению объема накапливаемых знаний, что требует новых масштабов и форм систематизации передачи научной информации.

Наряду с процессом дробления и специализации в современной науке проявляется и противоположный процесс «объединения» не только смежных, но и весьма далеких наук, например: экономики и математики, эксплуатации автомобильного транспорта и математической логики. Это четвертая характерная черта современной науки, которую можно назвать тесным взаимодействием наук. Особенно ярко это проявляется в глубоком проникновении математических методов в самые разные, не только точные, но и гуманитарные науки.

В последние годы в науке обнаруживается еще одна — пятая характерная черта системный подход к изучению объектов исследования. Это означает, что исследователь выявляет не только строение и свойства исследуемого объекта, но и старается понять способ связи его частей и подсистем, понять функции, выполняемые каждым элементом. При системном подходе исследуемый объект рассматривается как сложное целое, обладающее свойствами сохранять устойчивость и качественную определенность в различных условиях его существования.

Эти характерные черты науки определяют ее приоритетные направления. Для России на современном этапе они таковы:

1. Энергетика — энергообеспечение, нетрадиционные и возобновляемые источники энергии, энергосбережение и эффективное использование энергии; создание энерго- и ресурсоэкономичных архитектурно-конструктивных систем нового поколения;

2. Машины и механизмы — механика машин, обеспечение надежности и безопасности технических систем, повышение конкурентоспособности продукции машиностроения;

3. Новые материалы и вещества, модифицированные биологические формы — физические, химические, биологические и генетические методы и технологии получения новых веществ, материалов, модифицированных биологических форм, наноматериалы и нанотехнологии;

4. Технологии профилактики, диагностики, лечения и реабилитации. Медицинская техника, изделия медицинского назначения, лекарственные препараты — разработка новых лечебных, диагностических, профилактических и реабилитационных технологий, приборов и изделий медицинского назначения, ле-

карственных и иммунобиологических препаратов, клеточных и молекулярно-биологических технологий;

5. Продовольственная безопасность и эффективность агропромышленного комплекса — повышение эффективности агропромышленного комплекса и уровня продовольственной безопасности, разработка интенсивных и ресурсо-экономных технологий ведения сельского хозяйства;

6. Математика, физика, информационные технологии — математическое и физическое моделирование систем, структур и процессов в природе и обществе, информационные технологии, создание современной информационной инфраструктуры;

7. Новые приборы, электроника, лазерно-оптическая техника — конкурентоспособные изделия радио-, микро-, нано-, СВЧ- и силовой электроники, микросенсорики, лазерно-оптической техники, разработка новых видов приборов, в том числе для научных целей;

8. Природопользование и экология — полезные ископаемые и недра России, методы эффективного использования и возобновления природных ресурсов, проблемы экологии, методы предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций;

9. Социально-ориентированная инновационная экономика — теоретико-методологические основы становления в стране инновационной социально-ориентированной экономики, обеспечивающей ее устойчивое развитие во взаимодействии с мировой экономической системой;

10. Человек, общество, культура, образование — философско-мировоззренческие предпосылки и логико-методологические основания общественного прогресса и социальной устойчивости, развития личности, культуры и образования, формирования идеологии общества;

11. Обороноспособность и национальная безопасность — научное обеспечение укрепления обороноспособности и повышения уровня национальной безопасности России.

1.3. Определение и классификация научных исследований

Научное исследование, или научно-исследовательская работа (НИР), как процесс любого труда, включает в себя три основных компонента (составляющих): целесообразную деятельность человека, т.е. собственно сам научный труд, предмет научного труда и средства научного труда. Целесообразная научная деятельность человека, опирающая на совокупность конкретных методов познания, необходимая для достижения новых или уточ-

нённых знаний об объекте исследования (предмет труда), использует соответствующее научное оборудование (измерительное, вычислительное и др.), т.е. средства труда.

Научные исследования в зависимости от своего целевого назначения, степени связи с природой или промышленным производством, глубины и характера научной работы подразделяются на несколько основных типов: фундаментальные, прикладные и разработки.

Фундаментальные исследования — получение принципиально новых знаний и дальнейшее развитие системы уже накопленных знаний. Цель фундаментальных исследований — открытие новых законов природы, вскрытие связей между явлениями и создание новых теорий. Фундаментальные исследования связаны со значительным риском и неопределённо с точки зрения получения конкретного положительного результата, вероятность которого не превышает 10 %. Несмотря на это, именно фундаментальные исследования составляют основу развития, как самой науки, так и общественного производства.

Прикладные исследования — создание новых либо совершенствование существующих средств производства, предметов потребления и т.п. Прикладные исследования частности исследования в области технических наук, направлены на «освещение» научных знаний, добытых в фундаментальных исследованиях. Прикладные исследования в области техники не имеют, как правило, непосредственного дела с природой; объектом исследования в них обычно являются машины, технология или организационная структура, т.е. «искусственная» природа. Практическая ориентация (направленность) и отчетливое целевое назначение прикладных исследований делает вероятность получения ожидаемых от них результатов весьма значительной, не менее 80-90 %.

Разработки — использование результатов прикладных исследований для создания и отработки опытных моделей техники (машин, продуктов), технологии производства, а также усовершенствование существующей техники. На этапе разработки результаты, продукты научных исследований принимают такую форму, которая позволяет использовать их в других отраслях общественного производства.

Между фундаментальными исследованиями и промышленным производством лежит область взаимосвязанных стадий: прикладные исследования — разработка — проект — освоение. Проектирование и освоение принадлежат одновременно и к области науки и к области техники. Это — научная работа, так как она охватывает творческую деятельность, которая основывается не только на известных уже навыках, стандартных приемах и практическим опыте, но и направлена на получение новых, оригинальных решений в области техники, технологии или организации производства.

1.4. Этапы научных исследований

Научное исследование состоит из следующих этапов:

1) состояние вопроса исследования;

2) теоретические исследования;

3) экспериментальные исследования;

4) анализ и обобщение результатов теоретических и экспериментальных исследований;

5) расчет экономической эффективности и опытная апробация предлагаемых разработок.

Состояние вопроса исследования. В ходе реализации данного этапа проводятся патентно-лицензионный поиск, обзор и анализ НИР, НИОКР, монографий, статей по рассматриваемой проблеме. В результате формируются основные выводы и определяются цель и задачи исследования. Кроме того, в завершение данного этапа разрабатывается общая методика исследования.

Общая методика исследований представляет собой набор способов, способствующих последовательному наиболее эффективному осуществлению научного исследования.

На этапе теоретических исследований осуществляется:

- формирование рабочей гипотезы исследования;
- обоснование, выбор и формирование целевой функции;
- анализ и выбор влияющих факторов;
- обоснование и выбор математического аппарата;
- аналитическое сравнение альтернатив развития исследуемого процесса и др.

На этапе э***кспериментальные исследования*** разрабатывается методика экспериментальных исследований, монтируется экспериментальная установка, разрабатываются учетные анкеты, осуществляется сбор экспериментальных данных, обосновывается необходимость применения средств измерения, проверяется их точность, определяется количественное число опытных точек, намечаются критерии и методики обработки опытных данных.

Анализ и обобщение результатов теоретических и экспериментальных исследований. На данном этапе проводятся обработка полученного экспериментального материала, сравнение его с результатами теоретических исследований. По результатам анализа формируются новые научные положения, выводы, заключения и предложения.

На этапе расчета экономической эффективности и опытная апробация предлагаемых разработок проводится расчет экономической эффективности предложенных разработок или полученных результатов. Расчет экономической эффективности целесообразно проводить с государственных или общехозяйственных позиций с учетом социального эффекта (улучшение качества бытового обслуживания населения, качества перевозок пассажиров и т. д.).

Тема №2. Организация научных исследований в России

2.1. Система научных учреждений Российской Федерации

В последнее столетие наука развивалась и развивается в настоящее время очень быстрыми темпами. В настоящее время объем научных знаний удваивается каждые 10–15 лет. Около 90 % всех ученых, когда-либо живших на Земле, являются нашими современниками. Именно наука явилась главной причиной столь бурного развития человеческого общества, перехода к постиндустриальному обществу, повсеместному внедрению информационных технологий, появления "новой экономики", начала переноса знаний человечества в электронную форму, удобную для хранения, систематизации, поиска и обработки, и др. Все это убедительно доказывает, что наука в наши дни становиться все более и более значимой и существенной частью реальности.

Луи Пастер сказал: "Наука должна быть самым возвышенным воплощением Отечества, ибо из всех народов первым всегда будет тот, кто опередит другие в области мысли и умственной деятельности". Одна из главных задач России на сегодняшний день — ускоренными темпами создать в России новый, мощный научно-технологический потенциал, а для этого необходимо точно знать истинное положение дел в науке и высшем образовании.

Выход России в число лидеров глобального научно-технического развития требует ускоренного осуществления государственной стратегии поддержки НИОКР и инноваций.

В РФ создана разветвленная сеть учреждений, занимающихся фундаментальными исследованиями в различных отраслях науки и производства. К ним относятся: Российская Академия наук (РАН) и ее филиалы, отраслевые академии министерств, являющиеся высшими научными учреждениями отдельных отраслей науки, а также отраслевые НИИ министерств и ведомств, вузы.

Деление науки на вузовскую, академическую и отраслевую во многом условно в силу возрастающего взаимодействия этих отраслей науки. Стираются и границы между фундаментальными и прикладными науками. Перед всеми учеными, независимо от сферы их деятельности, теперь ставится общая и ответственная задача: увеличить вклад науки в создание материально-технической базы общества.

Российская академия наук является высшим научным учреждением РФ, ведущим центром фундаментальных исследований в области естественных и общественных наук в стране. В РАН решаются основные, магистральные проблемы естественных, технических и общественных наук, возникающие в про-

цессе общественного развития; ведутся прикладные исследования, способствующие быстрейшему внедрению достижений науки и техники в производство.

Академия наук в России была основа в 1724 г. указом Петра I и первоначально называлась академией наук и художеств, с 1803 г. — Императорской академией наук, с 1836 г.— Императорской Санкт-Петербургской академией наук. Ее действительными членами были М.В. Ломоносов, Л. Эйлер, П.Л. Чебышев, А.М. Бутлеров, И.Л.Павлов и другие видные ученые. В феврале 1917 г. она была преобразована в Российскую академию наук, июле 1925 г.— в Академию наук СССР и в 1991 г.— в Российскую академию наук. Органами управления РАН являются Общее собрание РАН, Президиум РАН и президент РАН.

На протяжении почти трех столетий существования Академии наук менялись ее задачи, статус и структура.

В соответствии с исторически сложившимся статусом и задачами Академия построена по научно-отраслевому и территориальному принципу, включает в себя, отделений РАН (по отраслям и направлениям науки: математики, истории и философии, общей физики и астрономии, ядерной физики, машиностроения, нанотехнологии, физико-технических проблем энергетики и др.), 3 региональных отделении (Сибирское, Дальневосточное и Уральское), 14 региональных научных центров (объединение НИИ).

Отделение РАН (по областям и направлениям науки) объединяет членов Академии, избранных по данному отделению, и научных сотрудников научных организаций, а также организаций научного обслуживания и социальной сферы, входящих в данное отделение.

Отделение РАН является основным научным и научно-организационным центром, объединяющим в РАН ученых одной или нескольких смежных отраслей науки.

Отраслевые академии министерств концентрируют силы и материальные ресурсы на тех научных направлениях, где занимают или могут занять ведущее положение в стране или в мире. Они также развивают те научные направления, которые определяются потребностями экономики и культуры, что позволяет правильно распределять научные силы и избегать их распыления.

К отраслевым академиям министерств относятся такие академии как Академия медицинских наук, Академия педагогических наук, Академия наук строительства и архитектуры, Российская Академия сельскохозяйственных наук и др.

Отраслевые отделения являются основным научным и научно-организационным формированием Академии, объединяющим ученых одной или нескольких смежных специальностей, свою деятельность осуществляют в тесном взаимодействии с региональными отделениями, научными и научно-методическими центрами. Число и наименование отделений определяется решени-

ем Общего собрания Академии с учетом приоритетных научных, производственных проблем, количества входящих в состав отделения научных учреждений, объема научно-методической деятельности и финансовых возможностей.

Отраслевые отделения организуют работу по фундаментальным и важнейшим прикладным исследованиям по закрепленной отрасли науки; координируют деятельность научных учреждений, предприятий и организаций, входящих в его состав; организуют подготовку научных кадров и осуществляют другие функции, определяемые Положением о каждом отделении.

Отраслевое отделение объединяет членов Академии, избранных по данному отделению, ученых НИИ, высших учебных заведений и других научных организаций соответствующего профиля.

Отделения имеют в своем составе всероссийские, отраслевые и зональные научно-исследовательские учреждения, предприятия и организации, создают при отделении научно-методические советы, секции, комиссии по направлениям исследований и научно-организационной деятельности.

Научно-исследовательский институт организационно делится на отделения (группа отделов), отделы, лаборатории, секторы, научные группы в зависимости от специфики деятельности учреждения. Научная деятельность будущего исследователя начинается, как правило, в лабораториях, научных группах, т.е. с самых нижних уровней научного учреждения. Возглавляет деятельность института его директор, при котором действует ученый совет совещательный орган, координирующий основные направления научно-исследовательских разработок.

Специализированные ученые советы НИИ рассматривают диссертации и представляют в Высшую аттестационную комиссию при Министерстве образования и науки РФ материалы для при суждения ученой степени доктора наук и для контроля материалы о присуждении советом ученой степени кандидата наук.

2.2. Научно-исследовательская работа в высшей школе

В вузах РФ научные исследования направлены на разработку фундаментальных проблем в той области, для которой данный вуз готовит специалистов. Важное место занимают также исследования по проблемам высшей школы, совершенствованию учебного процесса, повышению качества подготовки выпускников. Например, при Министерстве образования функционирует НИИ проблем высшей школы, координирующий в вузах страны научно-исследовательскую работу методического направления. В головных вузах, осуществляющих подготовку специалистов по отраслям производства, созданы координационные центры по методической работе вузов аналогичного направления в регионах. При вузах с высоким уровнем выполняемых научных иссле-

дований создаются НИИ отраслевых проблем, работают проблемные научно-исследовательские лаборатории.

В вузах, где высок уровень прикладных разработок, создаются отраслевые лаборатории отдельных министерств и ведомств. Прикладные исследования и технические разработки ведутся также в лабораториях и бюро предприятий, в отраслевых опытно-конструкторских, проектных и технологических организациях, а также на предприятиях, связанных с освоением новой техники.

Научно-исследовательская работа в вузах страны организуется и проводится с учетом особенности условий ее реализации. Ее главная особенность — органичное сочетание учебно-воспитательного процесса и научно-исследовательской деятельности коллектива вуза. В этой работе принимают участие педагогический и научный составы вузов, а также студенты. Опыт показывает, что широкое привлечение студентов к научно-исследовательской работе в значительной мере способствует становлению проблемного обучения в вузе. Силами студентов под руководством опытных научных руководителей сегодня выполняется большой объем научных исследований в различных отраслях общественной жизни и производства страны.

Научно-исследовательская работа в вузах преследует три следующие основные цели:

1. Использование творческого потенциала вузов для решения важных государственных проблем и ускорения научно-технического прогресса в обществе;

2. Повышение квалификации преподавательского состава;

3. Повышение качества подготовки выпускаемых специалистов за счет совершенствования организации учебного процесса, активного участия их в научной деятельности.

Научно-исследовательская работа в вузах осуществляется по фундаментальным и прикладным направлениям в соответствии с профилем подготовки специалистов. В связи с этим она отличается от работы академических институтов большим числом развиваемых направлений — особенно в политехнических университетах. Главные направления исследований сегодня сосредоточены в университетах и высших технических учебных заведениях.

Организация НИР в вузах включает перспективное и текущее планирование, их материально-техническое обеспечение, текущее руководство, подведение итогов и внедрение результатов исследований. Основные задачи организации научных исследований состоят в обеспечении условий для своевременного и качественного выполнения этих работ.

В вузе научная работа возглавляется проректором по научной работе и регламентируется перспективным, пятилетним и годовым планами исследований. Эти планы, как правило, тесным образом связны с планами научных ис-

следований академических и отраслевых институтов министерств и ведомств и являются составной частью многих государственных программ.

Развитие творческих способностей студента невозможно осуществить только с помощью отдельных видов учебных занятий. Они развиваются и совершенствуются в процессе коллективной исследовательской деятельности, при выполнении технической и творческой работы, постановке эксперимента, обсуждении результатов исследований.

Опыт свидетельствует о том, что для успешного выполнения студенческой НИР необходимо соблюдение следующих основных условий:

1. Активное участие студентов в научной работе на протяжении всего времени обучения в вузе;

2. Последовательное увеличение постепенной ориентацией студента специальности;

3. Обеспечение преемственности при выполнении научной работы каждым студентом;

4. Обеспечение преемственности в научной работе студентов старших и младших курсов;

5. Тесная связь научной работы студентов с научной и учебной работой кафедр.

Научная работа студентов является составной частью учебного плана вуза и организуется на основе существующих положений о научной работе студентов. В основе организации и проведения научной работы студентов в вузах лежат дидактические принципы высокой активности, сознательности, самостоятельности и систематичности в работе, обеспечения связи теории с практикой, учет индивидуальных особенностей студентов и т.д. Организационные основы НИР студентов включают разработку тематики, руководство научной работой и ее обеспечение, подведение итогов и анализ полученных результатов.

Главную роль в организации НИР студентов играет профилирующая кафедра. Она разрабатывает формы научно-исследовательской деятельности студентов на младших и старших курсах, определяет основные направления, в пределах которых общеобразовательные и общеинженерные кафедры формируют свою тематику. Эти направления должны отражать специфику будущей специальности и быть тесно связанными с научными направлениями кафедр.

Научная работа студентов имеет две основные формы. Первая из них, не предусмотренная учебными планами, выполняется в научных кружках, студенческих конструкторских бюро и т.д. Она не только развивает навыки самостоятельного поиска, но и способствует развитию повышенных способностей, формированию будущих научных работников. Вторая форма — научно-

исследовательская работа студентов — обязательна для всех студентов, она предусматривается учебными планами.

Научно-исследовательская работа студентов условно может быть разделена на подготовительный и основной периоды. В подготовительный период (младшие курсы) наиболее эффективной формой ее является подготовка научных рефератов, переводов. Очень полезна подготовка обзорных докладов по материалам, опубликованным в современной печати.

Привлечение студентов младших курсов к выполнению исследовательских работ совместно со старшекурсниками обеспечивает преемственность научных исследований, способствует приобретению навыков практической работы на персональных компьютерах, расширяет кругозор молодых исследователей. Очень полезной является помощь студентов младшего курса старшекурсникам, выполняющим курсовое или дипломное проектирование, в результате чего они узнают характер своих будущих работ, накапливают опыт работы, получают ясное представление о специфике небольшого исследования от начала до его завершения. Одновременно совершенствуются научно-методические навыки студентов старших курсов, выступающих в качестве "микроруководителей" или "микрошефов". Хорошей школой является также совместная работа студентов младших курсов и аспирантов.

К подготовительной части учебно-исследовательской работы студентов следует также отнести изучение ими специальных дисциплин типа "Основы научных исследований", теоретических и расчетных курсов специальных и профилирующих дисциплин, подготавливающих их к исследовательской деятельности.

Основная часть учебно-исследовательской работы выполняется студентами после соответствующей подготовки их на старших курсах. Здесь ставятся более серьезные задачи, связанные с решением отдельных заданий, посильных для студентов, с разработкой алгоритмов и программ расчета на персональном компьютере с анализом полученных данных, созданием отдельных конструкций, обладающих оптимальными характеристиками, и т.д. Наиболее подготовленные студенты могут разрабатывать отдельные части плана госбюджетных и хоздоговорных работ кафедры.

Тематика НИР студентов старших курсов разрабатывается профилирующей, как правило, выпускающей кафедрой вуза с участием профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников, аспирантов и инженеров кафедры. Темы группируются по отдельным направлениям работы кафедры с учетом уровня подготовки студентов. Темы должны быть теоретического, инженерного и экспериментального характера, связаны с научными интересами руководителя, содержание исследования должно быть посильным для выполнения его студентом старшего курса. Руководство научной работой студентов одна из основ-

ных обязанностей профессорско-преподавательского состава. Качество руководства, его уровень определяют успех выполнения работы. Опыт показывает, что один преподаватель может успешно руководить работой четырех-пяти студентов. При выполнении комплексный тем за ним может быть закреплено шесть-восемь студентов. Хорошие результаты дает закрепление студентов за ведущим преподавателем на длительный срок, особенно на старших курсах.

Важно согласовать содержание и методику студенческой научной работы с индивидуальными особенностями и уровнем подготовки студента, а также определить перспективы выполняемой работы. Это выявляется при личной беседе руководителя со студентом. В процесс е беседы руководитель выясняет степень подготовленности студента к исследовательской работе, информирует о месте данной темы в общем плане кафедры, истории ее развития, наиболее общих чертах намечает содержание научной работы и ее отдельных этапов, а также методику их выполнения и подробно освещает методику подготовки обзора по данной теме.

Очень важно правильно спланировать выполняемую работу, назначить реальные сроки подготовки ее отдельных этапов. Необходимо также учитывать сроки выполнения исследовательской работы и в соответствии с этим правильно определить общий объем исследований.

С первых дней участия студентов в исследовательской работе необходимо прививать им самостоятельность в работе и избегать излишней их опеки. Однако следует помнить, что систематический контроль - одно из важных условий активной и результативной научной работы студентов.

Подведение итогов НИР студентов является одной из форм ее контроля. Итоги подводятся на семинарах кафедры, конференциях факультета, вуза. Лучшие работы публикуются в научной печати, докладываются на научных и научно-практических конференциях, выдвигаются на конкурсы и премии.

2.3. Особенности научно-исследовательской работы студентов

Учебная научно-исследовательская работа студентов (УНИРС) представляет собой комплексную систему интенсификации учебного процесса посредством внедрения во все виды учебной работы студентов на протяжении всего периода их обучения элементов научной работы, направленных на повышение качества подготовки выпускаемых специалистов. Предполагая в первую очередь индивидуализированное воздействие, она включает в себя: воспитание стремления к самообразованию, творческой активности; повышение качества профессиональной подготовки; творческий подход при решении различных задач; овладение общими и частными методами исследования; воспитание дис-

циплинированности, ответственности, умения работать в коллективе и т. д. УНИР является обязательной формой, которая проводится по учебному расписанию для всех студентов.

К особенностям УНИР студентов относится то, что эта деятельность организуется педагогом и направлена на поиск объяснения и доказательства закономерных связей и отношений, экспериментально наблюдаемых или теоретически анализируемых фактов, явлений, процессов. УНИР помогает студентам активно овладевать методами научного исследования, при этом доминирующим является самостоятельное применение приемов научных методов познания. В результате выполнения учебных исследований обучаемые овладевают личностно значимыми знаниями и умениями, развивают свои творческие возможности.

Преимущество УНИРС заключается в том, что ее организация и проведение не требуют большого объема специального времени. Кроме того, учебно-исследовательская работа позволяет включать в творческий процесс всех студентов. Это дает возможность будущим специалистам за период обучения в вузе овладеть первоначальными навыками постановки, планирования и выполнения работ исследовательского характера, что является обязательным компонентом в структуре требований к подготовке современных специалистов, а также настоятельным требованием времени.

Результаты исследовательской деятельности студентов находят выражение в письменных учебно-исследовательских работах, к которым относятся рефераты, курсовые и квалификационные работы. Заинтересованность студентов в более глубоком исследовательском поиске возрастет при условии обеспечения им возможности участия в различных (международных, межрегиональных, межвузовских и т. д.) научных конференциях по рассматриваемой в рамках учебного процесса проблематике.

В процессе УНИР студенты совершенствуют навыки самостоятельной работы, связанные с поиском, изучением и анализом научной литературы. Выполнение письменных работ оказывает существенное влияние на развитие исследовательских умений применять методы научного познания, определять цели и задачи научного исследования, оформлять его результаты.

Тематика рефератов, курсовых и квалификационных работ связана с целым рядом учебных дисциплин, однако, заинтересованность проблемой, поиск оригинального решения, проявление творческой инициативы студентов будут выше, если тема исследования выбрана и сформулирована самостоятельно. Выполнение письменной исследовательской работы по какому-либо из учебных предметов, в процессе которой выявлена необычная информация, побудившая углубить и расширить знания по этому вопросу, может послужить

толчком к выполнению самостоятельного научного исследования по интересующей проблеме.

Индивидуальное выполнение УНИР как элемента учебного процесса в высшей школе создает возможность проектирования студентом своей собственной научной деятельности в сотрудничестве с преподавателем. Взгляд на учебно-исследовательскую деятельность с точки зрения индивидуальной интеракции позволяет говорить о том, что индивидуальный опыт, приобретенный в процессе самостоятельного выполнения УНИР, становится основой формирования и развития творческого потенциала студента и детерминирует его профессиональные возможности в будущем как молодого специалиста.

Учебно-исследовательская деятельность, как элемент индивидуализации обучения, способствует повышению активности студента как на уровне решения общественно значимых задач, так и на уровне личностного саморазвития, реализации творческого потенциала в условиях обучения в вузе и в период профессионального становления.

Исследовательское обучение как высший уровень проблемного обучения обеспечивает научную творческую активность, возникновение механизма, побуждающего студентов к поиску истины, развитие интереса к процессу восприятия новых научных знаний; позволяет реализовать и развивать творческие возможности. Учет личных интересов студентов оказывает существенное влияние на продуктивность (оригинальность, широту и глубину поиска) выполнения исследований.

В целом подробное рассмотрение УНИРС как элемента индивидуализации обучения, способствующего гармоничному развитию личности студента, обусловливает необходимость обращения к самим субъектам индивидуального процесса обучения, реальным участникам взаимодействия: студентам и преподавателям. В уточнении нуждаются их внутренние характеристики, превалирующие интересы, установки, настроения и доминирующие социальные практики. Особый исследовательский интерес вызывают также наличествующие объективные и субъективные условия, в рамках которых реализуется процесс гармоничного развития личности студента. Эти вопросы остаются открытыми и продуцируют возможность исследовательского поиска в рамках обозначенного направления.

Современное понятие "научно-исследовательская работа студентов" (НИРС) включает в себя два взаимосвязанных элемента:

1) обучение студентов элементам исследовательского труда, привитие им навыков этого труда;

2) собственно научные исследования, проводимые студентами под руководством профессоров и преподавателей.

Руководство НИРС является обязательным элементом деятельности профессоров и преподавателей вузов, аспирантов. В каждом вузе организуется совет по НИРС, возглавляемый ректором; на факультете — деканом; на кафедре — заведующим кафедрой. Главными задачами советов являются: оказание всесторонней помощи руководству вуза в создании условий для широкого участия студентов в научно-исследовательской, конструкторской и творческой работе; распространение положительного опыта организации научной работы студентов; методическое руководство работой нижестоящих советов; организация научно-технических конференций, выставок, конкурсов, смотров и др.

Формы и методы привлечения студентов к научному творчеству условно подразделяются на НИР, включенную в учебный процесс, а также НИР, выполняемую студентами во внеучебное время. УИРС выполняется в отведенное расписанием занятий учебное время по специальному заданию в обязательном порядке каждым студентом. Основной задачей УИРС является обучение студентов навыкам самостоятельной теоретической и экспериментальной работы, ознакомление с реальными условиями труда в лаборатории, в научном коллективе.

К таким занятиям относятся:

1) лекции по дисциплине "Основы научных исследований" (ОНИ);

2) практические и лабораторные занятия с элементами научных исследований по дисциплине (ОНИ, Автомобили и др.);

3) курсовое и дипломное проектирование с элементами научных исследований, наличия внедрения в виде изготовленных стендов, установок, датчиков; публикаций статей, тезисов докладов, изготовленных материалов на изобретения.

2.4. Организация прикладных исследований

Прикладные научные исследования- исследования, направленные преимущественно на применение новых знаний для достижения практических целей и решения конкретных задач. Прикладные исследования при решении производственных проблем составляют три этапа.

Первый этап исследований производственной проблемы — научная постановка задачи содержит выявление и описание фактов, формулировку проблемы, цели и гипотезы исследований. Постановка задачи является одним из наиболее ответственных этапов принятия решений. Точное решение, полученное при неправильной постановке задачи приводит только к появлению новых проблем. Очевидная, на первый взгляд, причина возникновения проблемы, может на самом деле быть только следствием более сложных и менее заметных процессов. По существу, постановка задачи сводится к изучению сложившейся ситуации, выявлению того, что именно и почему не устраивает менеджера и

описанию ситуации, которую необходимо достигнуть. Изучение ситуации с точки зрения цели организации, выявление факторов, обусловивших ее появление и существование, соизмерение разного рода затрат и результатов дают основание менеджеру отделить более важное от менее важного и сформулировать условия, определяющие допустимость решения и его качество.

Эффективность формулировки проблемы зависит от объекта исследований. В естественных и технических науках вследствие материального характера исследуемого объекта реальность фактов не вызывает трудностей с их объективным выявлением, а точность описания зависит от используемых приборов. Проблема как объект исследования операций носит идеальный характер и является противоречием между существующим и целью исследования -желаемым состоянием. При описании существующей ситуации в качестве фактов выступают внешние проявления проблемы, однако их соответствие ей далеко не так однозначно, как в случае описания фактов в естественных и технических науках.

Ещё более сложным оказывается вопрос объективного описания второй составляющей проблемы — желательной ситуации и, соответственно, следующих из неё определений цели и гипотезы исследований. Все это зависит от объективности описания существующей ситуации и лица, принимающего решение выявить цели систем, в которые входит исследуемый объект. Здесь методические ошибки могут привести к тому, что попытка решения одной проблемы приведет к появлению новых.

Второй этап исследования производственной проблемы — разработка математической модели. Объективность при этом должна обеспечиваться использованием научных принципов оценки ситуаций, а также методов и моделей принятия решений. Моделирование, особенно с использованием компьютеров, является основным теоретическим инструментом системных исследований прикладной ориентации в управлении сложными системами. Содержательная часть процесса моделирования (выбор показателей, факторов, зависимостей) включается в экономическую теорию, а техническая (под которой в 9 случаях из 10 понимается построение тех или иных статистических моделей). Таким образом, экономико-математическое моделирование оказывается, с одной стороны, разорванным, с другой — усечённым. И вопросы взаимосвязи всех этапов моделирования, корректности интерпретации результатов моделирования и, следовательно, ценности рекомендаций на основе моделей оказываются как бы висящими в воздухе.

Глубокая внутренняя связь моделирования и системного подхода прослеживается уже в способе полагания объекта, поскольку систему, представляющую объект, по которому принимается решение, можно рассматривать как модель послед-

него. Наряду с этим представление модели сложного объекта как системы оказывается во многих случаях эффективным приёмом его исследования.

Системное моделирование — это форма моделирования, для которой характерно представление объекта исследования в виде системы, многомодельность, итеративность построения системной модели, интерактивность. В этой плодотворности соединения системного подхода и моделирования заключается важный фактор, способствующий их взаимодействию и взаимопроникновению. Особо следует выделить принципиальную необходимость введения в системную модель неформализуемых элементов в соответствии с принципом внешнего дополнения Наличие последних обусловливает включение в модель субъекта, который призван осуществлять взаимодействие формализованных и неформализованных элементов системной модели. Эта особенность даёт возможность более тесно реализовать единство субъекта и объекта, ориентацию на целевые установки принимаемых решений. Именно итеративность и диалоговость системного моделирования дают возможность снять противоречия между формализованными и неформализованными элементами всей структуры моделирования, возникающими в процессе моделирования.

При моделировании, так же как и на первом этапе исследований, который можно считать построением концептуальной модели проблемы, происходит свёртка, ограничение полученной информации в форме, удобной в дальнейшем исследовании. Ограничение разнообразия необходимо для упорядочения количества информации, поступающей к объекту. Ограничение разнообразия исходной информации (здесь ею является уже концептуальная модель проблемы) при математическом моделировании происходит вследствие трёх ограничений, имманентных этому методу,— ограниченности математического языка, метода и собственно модели.

На третьем этапе исследования проблем после обоснования вида и структуры адекватность и, соответственно, эффективность управленческого решения, полученного с помощью математической модели, связаны с качеством исходной информации, на основании которой вычисляются, например, элементы матрицы условий задачи математического программирования или коэффициентов уравнения регрессии. Характер искажений здесь во многом зависит от метода моделирования. Для линейного программирования ошибки данного этапа уже мало связаны с исследуемым объектом и в основном возникают из-за невнимательности разработчика: неправильно взяты производительность или нормы расхода материала и т. д. Такого рода ошибки обычно обнаруживаются в работе с моделью и легко исправляются. Более сложная ситуация складывается при использовании регрессионного анализа, одинаково широко распространенного в естественных, технических и общественных науках. Отличие

этого метода по сравнению, допустим, с линейным программированием в том, что формирование коэффициентов регрессии определяется исходными данными, являющимися результатами процессов, происходящих в исследуемом объекте, рассматриваемом как "черный ящик", в котором механизм превращения "вход" в "выход" часто неизвестен. С увеличением количества исходной информации уровень ее разнообразия приближается к тому, который имманентен реальному объекту.

Таким образом, можно повышать адекватность регрессионной модели, что нельзя достичь в линейном программировании. Это достоинство регрессионного анализа достаточно эффективно может быть использовано в естественных науках вследствие сравнительно малого количества факторов и возможности управления последними. В исследованиях социально-экономических явлений эффективность использования регрессионных моделей снижается, так как резко возрастает количество факторов, многие из которых неизвестны и (или) неуправляемы. Все это требует не ограничиваться отдельной выборкой, а стремиться использовать данные в объеме, приближающемся к генеральной совокупности. В отличие от большинства процессов, изучаемых естественными и техническими науками, сложность тиражирования которых во многом определяется только затратами на эксперимент, проверить регрессионную модель социально-экономического объекта достаточно сложно вследствие уникальности протекающих в нём процессов, имеющих историческую природу.

В этой связи основным источником исходной информации в исследованиях социально-экономических объектов является наблюдение, "пассивный" эксперимент, исключающий повторность опытов и, соответственно, проверку адекватности регрессионной модели по статистическим критериям. Поэтому основные показатели адекватности, используемые при регрессионном анализе социально-экономических объектов является коэффициент множественной корреляции и ошибка аппроксимации. Однако высокое значение первого и низкое второго показателя не позволяет однозначно судить о качестве регрессионной модели. Объясняется это тем, что с увеличением числа членов полинома модели, а внешне это число ограничивается только числом опытов (наблюдений), вследствие количественного роста её разнообразия, точность аппроксимации исходных данных уравнением регрессии растёт.

Таким образом, изложенные в данной лекции материалы позволяют констатировать, что практически все ведущие страны мира имеют продуманную стратегию научно-технического развития, которая реализуется на практике и обеспечивается выделением значительных финансовых средств. Такие стратегии осуществляют США, Япония, Германия, Великобритания, Китай, Бразилия и Индия. Главный упор в этих программах делается на увеличении государ-

ственных инвестиций в НИОКР в приоритетных отраслях, стимулировании внутреннего спроса на высокотехнологичную продукцию, принятии комплексных мер по поощрению инновационной активности частного сектора, особенно малого и среднего бизнеса, а также подготовке квалифицированных научных и инженерно-технических кадров.

Все это позволяет сделать вывод о том, что выход России в число лидеров глобального научно-технического развития требует ускоренного осуществления государственной стратегии поддержки НИОКР и инноваций.

В формирующемся многополярном мире складываются 4 главных центра научного прогресса — США (35 % мировых расходов на НИОКР по паритету покупательной способности), Европейский Союз (24 %), Япония и Китай (примерно по 12 %). К сожалению, РФ в группу лидеров не входит — на её долю приходится менее 2 % мировых расходов на НИОКР по паритету покупательной способности и 1 % по обменному курсу. Таким образом, Россия отстает от США по расходам на НИОКР в 17 раз, от Европейского Союза — в 12 раз, от Китая — в 6,4 раза, от Индии — в 1,5 раза.

В настоящее время в России работает несколько сотен тысяч научных работников, большая часть (порядка полумиллиона) кандидаты и доктора наук. В России насчитывается около четырёх тысяч организаций, занимающихся исследованиями и разработками. Около 70 % этих организаций принадлежат государству.

Россия не сможет добиться ведущей роли на международной арене без развития научного потенциала страны. Мировой финансово-экономический кризис отбросил российскую экономику на пять лет назад. Стало ясно, что полученные в начале прошлого десятилетия огромные доходы от экспорта энергетических ресурсов не были использованы для диверсификации и модернизации российской экономики.

От судьбы российской науки зависит судьба России. Потеряв науку, Россия перестанет быть независимым государством, сохраняющим контроль над своей территорией и своими природными богатствами.

Тема №3. Выбор направления и обоснование темы научного исследования

3.1. Планирование научного исследования

Планирование в сфере науки — это процесс выбора целей, фундаментальных и приоритетных прикладных направлений научных исследований и разработок с учетом потребностей общества. Важнейшей целью планирования является также определение материальных, финансовых и кадровых ресурсов и возможностей для обеспечения развития инновационного процесса и эффективного функционирования науки.

В ходе экономической реформы в стране выработана принципиально новая концепция совершенствования экономики и управления научно-техническим прогрессом, которая основывается на следующих принципах:

1) переход от государственного централизованного планирования развитие науки и техники к государственно-общественному регулированию научно-технического прогресса;

2) участие и тесное взаимодействие законодательных органов, исполнительной власти и научно-технического сообщества в выработке и принятии важнейших решений на всех уровнях управления наукой и техникой; активное использование рыночных отношений в качестве эффективного инструмента организации и координации деятельности инновационного процесса «идея — исследование — техника — производство — реализация (освоение), маркетинг»;

3) формирование эффективного механизма анализа и выбора фундаментальных и приоритетных направлений развития науки и техники.

В период переходной экономики радикально реорганизуется научная деятельность. При планировании НИОКР необходимо учитывать эти качественные изменения. Ведь создание нормальных условий функционирования научного сообщества и повышения эффективности фундаментальных исследований при переходе к рыночной организации общественного производства предполагает расширение самостоятельности академических НИИ и НИУ с замещением административно-ведомственного контроля демократическими процедурами управления и переходом к конкурсно-контрактному принципу организации научных исследований и их финансирование главным образом через целевые программы. В этом случае объектом финансирования становится конкретный проект, а объектом финансирования — выдвинувший его ученый, коллектив или организация, в распоряжение которых направляются средства.

Следовательно, в новых социально-экономических условиях наряду с апробированными принципами планирования научных исследований: сочетание интересов государства, общества, научных учреждений и предприятий че-

рез целевые программы, выделение основного звена в общей цепи исследуемых проблем, комплексность исследований.

В целом система планирования науки совершенствуется, четко разграничиваются функции по видам и формам планирования и координации научных исследований. К ним следует отнести разработку основных направлений научно-технического прогресса, прогноз развития науки, выбор приоритетов, разработку федеральных и региональных программ, координационных планов и планов научных исследований в регионах и конкретных научных и образовательных учреждениях по выработке научной продукции и реализации ее потребителю.

Планирование имеет важное значение для организации рационального исследования. Научно-исследовательские организации и образовательные учреждения разрабатывают планы работы на основе целевых комплексных программ, долгосрочных научных и научно-технических программ, хозяйственных договоров и заявок на исследования, представленных заказчиками.

Научная работа кафедр учебных заведений организуется и проводится в соответствии с планами работы на учебный год. Профессора, преподаватели и аспиранты выполняют НИР по индивидуальным планам. Планируется и НИР студентов. Планы работы учебных заведений и кафедр могут содержать соответствующий раздел о НИРСе. По планам работают студенческие научные кружки и проблемные группы.

В научно-исследовательских и образовательных учреждениях по темам НИР составляются рабочие программы и планы-графики их выполнения.

При подготовке монографий, учебников, учебных пособий и лекций разрабатываются планы-проспекты этих работ. Рабочая программа — это изложение общей концепции исследования в соответствии с его целями и гипотезами. Она состоит, как правило, из двух разделов: методологического и процедурного.

Методологический раздел включает в себя:

1) формулировку проблемы или темы;

2) определение объекта и предмета исследования;

3) определение цели и задач исследования;

4) интерпретацию основных понятий;

5) формулировку рабочих гипотез.

Формулировка проблемы (темы) — это определение задачи, которая требует решения. Проблемы бывают социальные и научные.

Социальная проблема — это противоречие в развитии общественной системы или отдельных ее элементов.

Научная проблема — это противоречие между знаниями о потребностях общества и незнанием путей и средств их удовлетворения. Такие проблемы решаются путем создания теории, выработки практических рекомендаций.

Объект исследования — это то социальное явление (процесс), которое содержит противоречие и порождает проблемную ситуацию.

Предмет исследования — это те наиболее значимые с точки зрения практики и теории свойства, стороны, особенности объекта, которые подлежат изучению. Например, если тема научной работы посвящена кооперативному кредитованию, то объектом исследования является кредитная кооперация, а предметом — совокупность теоретических и практических проблем становления и развития кооперации.

Цель исследования — это общая его направленность на конечный результат.

Задачи исследования — это то, что требует решения в процессе исследования.

Научная цель — это разработка теоретико-методологических основ, например, кооперативного кредитования и совершенствование формирования и функционирования кредитной кооперации в России. Этим целям соответствуют задачи:

1) рассмотрение теоретические основы кредитной кооперации в новых условиях хозяйствования;

2) сравнительная оценка развития кредитной кооперации в зарубежных странах и в России;

3) разработка методологии формирования финансовых ресурсов кредитных кооперативов и др.

Интерпретация основных понятий — это истолкование, разъяснение значения основных понятий. Существуют теоретическая и эмпирическая интерпретация понятий.

Теоретическое истолкование представляет собой логический анализ существенных свойств и отношений интерпретируемых понятий путем раскрытия их связей с другими понятиями.

Эмпирическая интерпретация — это определение эмпирических значений основных теоретических понятий, перевод их на язык наблюдаемых фактов.

Эмпирически интерпретировать понятие — это значит найти такой показатель (индикатор), который отражал бы определенный важный признак содержания понятия и который можно было бы измерить.

Гипотеза как научное предположение, выдвигаемое для объяснения каких-то фактов, явлений и процессов, является важным инструментом успешного решения исследовательских задач.

Программа исследования может быть ориентирована на одну или несколько гипотез. Различают гипотезы: описательные, объяснительные и прогнозные, основные и неосновные, первичные и вторичные, гипотезы-основания и гипотезы-следствия.

Процедурный раздел рабочей программы включает в себя:

1) принципиальный план исследования;

2) изложение основных процедур сбора и анализа эмпирического материала.

Конкретное научное исследование осуществляется по принципиальному плану, который строится в зависимости от количества информации об объекте исследования. Планы бывают разведывательные, аналитические (описательные) и экспериментальные.

Разведывательный план применяется в случае, если об объекте и предмете исследования нет ясных представлений и трудно выдвинуть рабочую гипотезу. Цель составления такого плана — уточнение темы (проблемы) и формулировка гипотезы. Обычно он применяется тогда, когда по теме отсутствует литература или ее очень мало. Описательный план используется тогда, когда можно выделить объект и предмет исследования и сформулировать описательную гипотезу.

Цель плана — проверить эту гипотезу, описать факты, характеризующие объект исследования.

Экспериментальный план включает проведение социального (правового) эксперимента. Он применяется тогда, когда сформулированы научная проблема и объяснительная гипотеза.

В процедурном разделе программы обосновывается выбор методов исследования, показывается связь данных методов с целями, задачами и гипотезами исследования. При выборе того или иного метода следует учитывать, что он должен быть:

а) эффективным, т. е. обеспечивающим достижение поставленной цели и необходимую степень точности исследования;

б) экономичным, т. е. позволяющим сэкономить время, силы и средства исследователя;

в) простым, т. е. доступным исследователю соответствующей квалификации;

г) безопасным для здоровья и жизни людей;

д) допустимым с точки зрения морали и норм права;

е) научным, т. е. имеющим прочную научную основу.

Студенты вузов рабочие программы научных исследований не разрабатывают, но планы подготовки учебных работ они составлять обязаны. План магистерской диссертации, дипломной или курсовой работы должен содержать введение, основную часть, разбитую на главы и параграфы (вопросы), и заключение. Он может быть простым или сложным. Простой план содержит перечень основных вопросов. В сложном плане каждая глава разбивается на параграфы. Иногда составляют комбинированный план, где одни главы разбиваются на па-

раграфы, а другие оставляют без дополнительной рубрикации. При составлении плана следует стремиться, чтобы:

а) вопросы соответствовали выбранной теме и не выходили за ее пределы;

б) вопросы темы располагались в логической последовательности;

в) были включены вопросы темы, отражающие основные аспекты исследования.

План не является окончательным и в процессе исследования может меняться, так как могут быть найдены новые аспекты изучения объекта и решения научной задачи. Чтобы основные этапы научного исследования соответствовали плану (программе) исследования, календарным срокам и материальным затратам, составляется рабочий план (план-график) выполнения работ. Разработчик должен уметь так выстроить логическую очередность выполнения работ, чтобы она в установленные сроки привела к достижению поставленной цели и решению научной задачи.

В работе необходимо выделить главное, на чем следует сосредоточить внимание в данный момент, но вместе с тем нельзя упускать из поля зрения детали. Научиться не только смотреть, но и видеть, замечать важные частности, большое — в малом, не уклоняясь от намеченной главной линии исследования, — это очень важное качество ученого.

3.2. Прогнозирование научного исследования

Прогнозирование развития науки и производства — это определение путей повышения уровня обоснованности плановых и управленческих решений, снижения степени риска и допущения ошибок в управлении экономикой, что, в конечном счете, должно дать существенную экономию материальных, трудовых и финансовых ресурсов.

Благодаря прогнозированию можно обосновать необходимость разработки новых видов техники и технологии, оптимально распределять капитальные вложения, своевременно создавать или совершенствовать научные организации по наиболее перспективным направлениям.

Научно-техническое прогнозирование должно решать следующие задачи:

- устанавливать альтернативные цели научно-технического прогресса;

- находить оптимальные пути и средства их достижения;

- определять необходимые ресурсы и возможные сроки реализации поставленных целей;

- выявлять ограничения, влияющие на процесс научно-технического развития;

- характеризовать возможные социально-экономические последствия реализации вариантов научно-технического развития;

- определять взаимодействие целей, средств, ресурсов и выявлять по принятым критериям эффективность предпочтительных направлений развития науки и техники. Задачи прогнозирования имеют некоторые особенности для разных стадий НИОКР.

Основными задачами прогнозирования являются:

- ***для фундаментальных исследований*** — определять возможные области расширения знаний об изучаемых явлениях; оценивать приоритетность новых научных направлений и проблем; устанавливать абсолютные и относительные пределы развития изучаемых процессов и др.;

- ***для поисковых исследований*** — находить альтернативные способы решения проблем; разрабатывать критерии оценки исследований с точки зрения социально-экономических последствий; определять оптимальную стратегию развития науки и техники и др.;

- ***для прикладных исследований*** — оценивать возможности использования определенных принципов и законов при создании новых техники и технологии; формулировать научно- и организационно-технические проблемы, при решении которых будут созданы новые технология и техника;

- ***для ОКР*** — показывать социально-экономическую потребность в новой технике; определять предельные технические возможности создания новых изделий, формулировать технические требования к ним и технические задания; формировать параметрические ряды перспективных технических систем; оценивать эффективность вероятных проектных альтернатив.

Различают поисковое и нормативное прогнозирование.

Поисковое прогнозирование основано на принципе инертности развития объектов и процессов и ориентировано во времени — от настоящего к будущему. Поисковый прогноз представляет собой результаты исследования будущего, исходя из существующего состояния объекта, путем анализа исторических тенденций его развития.

Нормативное прогнозирование заключается в определении тенденций развития объектов прогноза. При этом прогнозы должны быть ориентированы во времени — от будущего к настоящему. Нормативный прогноз означает проектирование будущего посредством выявления условий и путей развития объекта для достижения намеченных целей.

Сочетание поискового и нормативного прогнозов — это интегральный подход к их разработке. К формам обоснования управленческих решений относятся такие прогнозы.

Целевой прогноз — определение целей будущего научно-технического развития с последующим выделением приоритетов и временных интервалов достижения поставленных целей. При этом ранжируются цели: нежелательно, менее желательно, более желательно, оптимально.

Программный прогноз — формирование возможных путей, мер и условий достижения поставленных целей. При его разработке выдвигается гипотеза о возможных взаимных влияниях различных факторов, координируются предполагаемые сроки, последовательность и очередность достижения промежуточных целей на пути к главной.

Проектный прогноз — отбор оптимальных вариантов перспективного прогнозирования, на основе которых затем начинают текущее проектирование.

Организационный прогноз — разработка текущих управленческих решений для достижения поставленных целей и реализации желаемого состояния объекта.

По временному признаку прогнозы подразделяют следующим образом.

Оперативные прогнозы содержат, как правило, детальные количественные оценки и ориентированы на тот отрезок времени, на протяжении которого не ожидается существенных изменений объекта исследования и внешней среды.

Краткосрочные прогнозы разрабатывают на тот период, в течение которого ожидаются только общие количественные изменения.

Среднесрочные прогнозы охватывают период упреждения, где количественные изменения преобладают над качественными.

Долгосрочные прогнозы характеризуют период упреждения с преобладанием качественных изменений над количественными. Дальнесрочные прогнозы ориентированы на перспективу, когда ожидаются значительные качественные изменения. В этом случае вырабатывают только общие качественные оценки. Такие прогнозы разрабатывают более чем на двадцатилетний период.

На основных этапах научно-технического прогнозирования формируется информационная база прогноза, разрабатывается модели объекта прогноза, создаются модели внешней среды и ее влияния на объект прогнозирования, разрабатывается прогноз на основе выбранного метода прогнозирования, делается оценка качества прогноза, принимаются решения на основе прогнозной информации.

По количеству принципов методы прогнозирования подразделяют на сингулярные, применяющие только один принцип работы, и комплексные, объединяющие два и более сингулярных метода.

Предельное количество комплексных методов равно числу возможных сочетаний сингулярных методов. Из известных комбинаций сингулярных методов наиболее простая (по процедуре организации и применяемым прогностическим приемам) — совместная обработка результатов информационного (стати-

стического, математического) и инициативного (эвристического) прогнозирования и получения комбинированных оценок.

Комплексные методы прогнозирования более сложные. Он представляют собой комплексные системы прогнозирование синтезирующие в определенной последовательности алгоритмы целого ряда сингулярных методов. Применяя комплексные системы, получают интегральный прогноз, построенный на основе синтеза поискового и нормативного прогнозирования. Область применения таких методов — это прогнозирование развития сложных технических и организационно-экономических систем, комплексных научно-технических и промышленных программ, затрагивающих большое количество смежных отраслей производства и областей знаний.

По степени формализации методы прогнозирования подразделяют на интуитивные (экспертные) и формализованные (фактографические).

Интуитивные методы подразделяют на две группы: индивидуальные и коллективные экспертные оценки, а формализованные — на три группы: экстраполяционные методы, основанные на построении и анализе эмпирических динамических рядов характеристик объекта; опережающие методы, базирующиеся на обработке информации, относящейся непосредственно ко времени упреждения; системно-структурные методы, предполагающие логический анализ модели развития объекта. Интуитивные методы прогнозирования основаны на обработке информации, полученной систематизированием опроса высококвалифицированных специалистов-экспертов.

Из экспертных интуитивных методов наиболее широко применяют индивидуальные экспертные оценки — в форме интервью, аналитических докладных записок, сценариев, а также методы коллективных экспертных оценок, основанные на выявлении коллективного мнения экспертов о перспективах развития объекта прогнозирования.

Наиболее распространен метод коллективных экспертных оценок с применением анкетных опросов. Но существует еще целый ряд более сложных (квалифицированных) методов коллективных оценок и их модификаций, таких как методы комиссий, мозговой атаки, деструктивной, отнесенной оценки и т. д. Группу системно-структурных методов составляют методы функционально-иерархического моделирования (например "дерево целей"), морфологического анализа, матричный, сетевого моделирования, структурной аналогии и др. Среди формализованных методов получили распространение группы статистических методов экстраполяции тенденций (прогнозная экстраполяция, интерполяция, экстраполяция по огибающим кривым, инверсная), а также методов математико-статистического и информационного моделирования — с использо-

ванием корреляционно-регрессионного и факторного анализа, вероятностного и экономического моделирования и др.

При прогнозировании фундаментальных и поисковых исследований наиболее широко применяют составление сценариев, построение «дерева целей», разнообразные экспертные методы (мозговая атака, коллективный и индивидуальный экспертные опросы и др.), прогнозные графики, матричные методы, казуальное моделирование, основанное на установлении причинно-следственных связей известных факторов, морфологический анализ, экстраполяцию тенденций.

При прогнозировании прикладных исследований и разработок, помимо перечисленных, часто используют патентные методы, имитационное, сетевое, игровое и операционное моделирование.

При поисковом и нормативном прогнозировании НИОКР преобладают интуитивные методы.

В рамках крупных исследовательских программ наиболее распространен метод построения и расчета «дерева целей». Его основу составляет концепция иерархии целей и задач, оценки их относительной важности. Прогнозное исследование методом «дерева целей» включает в себя три этапа.

На ***первом этапе*** высококвалифицированные специалисты-эксперты составляют описательный документ — сценарий, в котором без количественных оценок анализируют цели, направления и задачи развития объекта научно-технического прогноза, учитывая перспективы формирования фона на основе разнообразных данных о складывающихся тенденциях прогресса науки и техники.

По сценарию можно сформулировать генеральную цель и перечень подчиненных ей целей высшего уровня, определить число уровней и их наименования, вывести критерий для оценки элементов каждого из них.

На ***втором этапе*** иерархическое «корневое дерево» строят последовательно таким образом, чтобы задачи последующего уровня обеспечивали достижение целей предыдущего. При этом используют данные предварительного исследования, а также знания и опыт привлекаемых для работы экспертов. Состав элементов на каждом уровне «дерева целей» определяют в результате экспертного опроса.

На ***третьем этапе*** оценивают относительную важность элементов «дерева целей», используя экспертные методы, либо оценку делают по системе критериев. Последним методом устанавливают совокупность критериев оценки элементов n-го уровня. Для решения задач, связанных с разработкой научно-технических прогнозов, применяют также метод морфологического анализа. Чтобы установить вероятностные альтернативы развития, объект разделяют на элементы и компоненты. Затем проводят их комбинаторный анализ и синтез,

выявляя потенциально осуществимые решения и выбирая оптимальный вариант развития объекта.

Методом морфологического анализа можно прогнозировать результат фундаментальных исследований, определить прогностическую значимость изобретений, оказавшихся вне поля зрения специалистов, отыскать возможности, не рассматриваемые ранее.

Результатами научно-технических прогнозов должны быть: показатели отечественных и мировых достижений по научно-техническим направлениям, показатели экономической эффективности, показатели ожидаемого технического уровня производства, варианты распределения затрат между фундаментальными, прикладными исследованиями и опытно-конструкторскими работами для каждого научно-технического направления, оценка социальных последствий реализации научно-технической проблемы, оценка эффективности капитальных вложений в науку и технику, оценка возможных масштабов применения объекта прогнозирования, рекомендации по выбору оптимальных направлений ассигнований на развитие науки и техники.

Наиболее перспективная форма организации прогнозных исследований в научной организации — создание постоянно действующей комплексной системы прогнозирования. С помощью такой системы обеспечивают: плановую разработку значительного числа высококачественных прогнозов различной глубины упреждения и комплексности в соответствии с принципами рационализации и эффективности; систематическую корректировку и обновление ранее выполненных прогнозных разработок с учетом вновь поступившей информации; использование прогнозной информации в управлении и планировании путем включения прогнозов в перспективные и долгосрочные программы и планы.

Структура постоянно действующей комплексной системы прогнозирования включает в себя ряд функциональных и целевых подсистем, в которых разрабатывают комплексы задач, а также решают отдельные системные и частные задачи.

К функциональным относят следующие подсистемы: сбора и обработки информации; прогнозирования, включая блоки экспертных, экономико-математических и комбинированных прогнозов; оценки качества прогнозов; разработки перспектив развития.

К целевым относят подсистемы: кратко-, средне-, долгосрочного прогнозирования; подсистему оперативной информационно-справочной службы. Службы прогнозирования обеспечивают руководящие и плановые органы достоверной информацией о тенденциях и перспективах научно-технического прогресса, главных направлениях развития науки, техники и производства в отрасли, при которых можно добиться наилучших результатов в новых условиях хозяйствования.

3.3. Выбор темы научного исследования

Тема научного исследования может относиться к научному направлению или к научной проблеме. Под научным направлением понимается наука, комплекс наук или научных проблем, в области которых ведутся исследования. Например, научные исследования, выполняемые экономистами, охватываются общим направлением "экономика" (экономические науки). Внутри него можно выделить конкретные направления, основой которых являются специальные экономические науки: статистика, бухгалтерский учет, анализ хозяйственной деятельности, финансы, кредит, денежное обращение, ценообразование, экономика труда и т. д.

Научная проблема — это совокупность сложных теоретических и (или) практических задач. Проблема может быть отраслевой, межотраслевой, глобальной. К примеру, проблема охраны ОС является не только межотраслевой, но и глобальной, поскольку затрагивает интересы мирового сообщества.

Тема научного исследования является составной частью проблемы. В результате исследований по теме получают ответы на круг вопросов, охватывающих часть проблемы.

Под научными вопросами обычно понимаются мелкие научные задачи, относящиеся к конкретной теме научного исследования.

Выбор направления, проблемы, темы научного исследования и постановка новых вопросов является чрезвычайно ответственной задачей. Актуальные направления и комплексные проблемы исследования формулируются в директивных документах правительства нашей страны.

Направление исследования часто предопределяется спецификой научного учреждения, отраслью науки, в которых работает исследователь. Поэтому выбор научного направления для каждого отдельного исследователя часто сводится к выбору отрасли науки, в которой он желает работать. Конкретизация же направления исследования является результатом изучения состояния производственных запросов, общественных потребностей и состояния исследований в том или ином направлении на данном отрезке времени.

В процессе изучения состояния и результатов уже проведенных исследований могут формулироваться идеи комплексного использования нескольких научных направлений для решения производственных задач. Следует при этом отметить, что наиболее благоприятные условия для выполнения комплексных исследований имеются в высшей школе, в ее университетах и политехнических институтах, в связи с наличием в них научных школ, сложившихся в различных областях науки и техники.

Выбранное направление исследований часто в дальнейшем становится стратегией научного работника или научного коллектива, иногда на длительный период. При выборе проблемы и тем научного исследования (на основе анализа противоречий исследуемого направления) формулируется сама проблема, и определяются в общих чертах ожидаемые результаты, затем разрабатывается структура проблемы, выделяются темы, вопросы, устанавливается их актуальность. При этом важно уметь отличать псевдопроблемы (ложные, мнимые) от научных проблем. Наибольшее количество псевдопроблем связано с недостаточной информированностью научных работников, поэтому иногда возникают проблемы, целью которых оказываются ранее полученные результаты. Это приводит к напрасным затратам труда ученых и средств.

Вместе с тем следует отметить, что иногда при разработке особо актуальной проблемы приходится идти на ее дублирование с целью привлечения к ее решению различные научные коллективы в порядке конкурса.

После обоснования проблемы и установления ее структуры определяются темы научного исследования, каждая из которых должна быть актуальной (важной, требующей скорейшего разрешения), иметь научную новизну, т. е. должна вносить вклад в науку, быть экономически эффективной для народного хозяйства. Поэтому выбор темы должен базироваться на специальном технико-экономическом расчете.

При разработке теоретических исследований требование экономичности иногда заменяется требованием значимости, определяющим престиж отечественной науки. Каждый научный коллектив (вуз, НИИ, отдел, кафедра) по сложившимся традициям имеет свой научный профиль, квалификацию, компетентность, что способствует накоплению опыта исследований, повышению теоретического уровня разработок, качества и экономической эффективности, сокращению срока выполнения исследования. Вместе с тем нельзя допускать монополию в науке, так как это исключает соревнование идей и может снизить эффективность научных исследовании.

Важной характеристикой темы является возможность быстрого внедрения полученных результатов в производство. Особо важно обеспечить широкое внедрение результатов в масштабах, например, отрасли, а не только на предприятии заказчика. При задержке внедрения или при внедрении на одном предприятии эффективность таких результатов существенно снижается.

Выбору темы должно предшествовать тщательное ознакомление с отечественными и зарубежными литературными источниками данной и смежных специальностей. Существенно упрощается методика выбора тем в научном коллективе, имеющем научные традиции (свой профиль) и разрабатывающем комплексную проблему. При коллективной разработке научных исследований

большую роль приобретают критика, дискуссии, обсуждение проблем и тем. В процессе дискуссии выявляются новые, еще не Решенные актуальные задачи разной степени важности и объема. Это создает благоприятные условия для участия в научном исследовании аспирантов (студентов) различных курсов.

На первом этапе преподавателям целесообразно поручить студентам подготовку по теме одного-двух рефератов, провести с ними консультации, определить конкретные задачи.

Большое значение для выбора прикладных тем имеет четкая формулировка задач заказчиком (министерством, объединением и т. д.). При этом необходимо иметь в виду, что в процессе научных разработок возможны и некоторые изменения в тематике по требованию заказчика, в зависимости от складывающейся производственной обстановки.

Приведенные требования (критерии), предъявляемые к выбору тем, позволяют всесторонне оценить и установить пригодность их для данной научно-исследовательской организации. Однако в ряде случаев при планировании тем возникает потребность в выборе наиболее перспективных, экономически обоснованных тем. В этом случае оценку народнохозяйственной необходимости разработки тем необходимо определять численными критериями, простейшим из которых является критерий экономической эффективности kЭ = Эп/Зи, где Эп — предполагаемый экономический эффект от внедрения; Зи — затраты на научное исследование. Чем больше значение kЭ, тем эффективное тема и выше ее народнохозяйственная эффективность. Величина kЭ в нашей стране колеблется от 1,5-2 до 10 руб. на рубль затрат.

Однако критерий kЭ не учитывает объем внедряемой продукции и период внедрения, поэтому более объективным является критерий, вычисляемый по формуле kЭ = =Сг $\sqrt{Т/ЗО}$. Здесь Сг — стоимость продукции за год после освоения научного исследования и внедрения в производство; Т — продолжительность производственного внедрения в годах; Зо — общие затраты на выполнение научного исследования, опытное и промышленное освоение продукции и годовые затраты на ее изготовление по новой технологии.

Экономичность — важнейший критерий перспективности темы. Однако при оценке крупных тем этого критерия оказывается недостаточно и требуется более общая оценка, учитывающая и другие показатели. В этом случае часто используется экспертная оценка, которая выполняется специально подобранным составом высококвалифицированных экспертов (обычно от 7 до 15 человек). С их помощью и в зависимости от специфики тематики, ее направления или комплексности устанавливаются оценочные показатели тем. Тема, получившая максимальную поддержку экспертов, считается наиболее перспективной.

3.4. Технико-экономическое обоснование темы научного исследования

Научное исследование выполняется в определенной последовательности. Вначале формулируется сама тема в результате общего ознакомления с проблемой, в рамках которой предстоит выполнить исследование и разрабатывается основной исходный предплановый документ - технико-экономическое обоснование (ТЭО) темы. Только при наличии такого обоснования возможно дальнейшее планирование и финансирование темы заказчиком. В первом разделе ТЭО темы указываются причины разработки (ее обоснование), приводится краткий литературный обзор, в котором описываются уже достигнутый уровень исследования и ранее полученные результаты.

Особое внимание уделяется еще не решенным вопросам, обоснованию, актуальности и значимости исследования для отрасли экономики страны. Такой обзор позволяет наметить методы решения, задачи и стадии исследования, определить конечную

Цель выполнения темы. Сюда входят патентная проработка темы и определение целесообразности закупки лицензии. На стадии разработки ТЭО устанавливается область использования ожидаемых результатов НИР, возможность их практической реализации в данной отрасли, определяется предполагаемый (потенциальный) экономический эффект за период применения новой техники.

Кроме экономического эффекта в ТЭО указываются предполагаемые социальные результаты (рост производительности труда, качества продукции, повышение уровня безопасности и производственной санитарии, обеспечение охраны природы и окружающей среды).

В результате составления ТЭО делается вывод о целесообразности и необходимости выполнения НИР. ТЭО утверждается отраслевым министерством или ведомством. После утверждения ТЭО конкретизируются цели и задачи исследования. Составляется библиографический список отечественной и зарубежной литературы, научно-технических отчетов по теме различных организаций соответствующего профиля, составляются аннотации литературных источников и в случае необходимости рефераты по теме, уясняются явления, процессы, предметы, которые должны охватить конкретное исследование, а также методы исследования (экспериментальные, теоретические и т. д.).

Целью теоретических исследований является изучение физической сущности предмета. В результате обосновывается физическая модель, разрабатываются математические модели и анализируются полученные таким образом предварительные результаты.

Перед организацией экспериментальных исследований разрабатываются задачи, выбираются методика и программы эксперимента. Его эффективность

существенно зависит от выбора средств измерений. При решении этих задач необходимо руководствоваться инструкциями и ГОСТами. Принимаемые методические решения формулируются в виде методических указаний на проведение эксперимента.

После разработки методик исследования составляется рабочий план, в котором указываются объем экспериментальных работ, методы, техника, трудоемкость и сроки.

После завершения теоретических и экспериментальных исследований проводится общий анализ полученных результатов, сопоставляются гипотезы с результатами эксперимента. В результате анализа расхождений уточняются теоретические модели. В случае необходимости проводятся дополнительные эксперименты. Затем формулируются научные и производственные выводы, составляется научно-технический отчет.

Следующей стадией разработки темы является внедрение результатов исследований в производство и определение их действительной экономической эффективности. Внедрение фундаментальных и прикладных научных исследований в производство осуществляется через разработки, проводимые, как правило, в опытно-конструкторских бюро, проектных организациях, опытных заводах и мастерских. Разработки оформляются в виде опытно-технологических или ОКР, включающих формулировки темы, цели и задачи разработки; изучение литературы, подготовку к техническому проектированию экспериментального образца, техническое проектирование (разработку вариантов технического проекта с расчетами и разработкой чертежей); изготовление отдельных блоков, их объединение в систему, согласование технического проекта и его технико-экономическое обоснование.

Затем выполняется рабочее проектирование (детальная проработка проекта): изготовляется опытный образец, производятся его опробование, доводка, регулировка, стендовые и производственные испытания. После этого осуществляется доработка опытного образца (анализ производственных испытаний, переделка и замена отдельных узлов). Успешное выполнение перечисленных стадий работы дает возможность представить образец к государственным испытаниям, в результате которых образец запускается в серийное производство. Разработчики при этом осуществляют контроль и дают консультации.

Внедрение завершается оформлением акта экономической эффективности результатов исследования.

Тема №4. Планирование эксперимента

4.1. История возникновения понятия планирование эксперимента

Планирование эксперимента - комплекс мероприятий, направленных на эффективную постановку опытов. Основная цель планирования эксперимента — достижение максимальной точности измерений при минимальном количестве проведенных опытов и сохранении статистической достоверности результатов.

Планирование эксперимента применяется при поиске оптимальных условий, построении интерполяционных формул, выборе значимых факторов, оценке и уточнении констант теоретических моделей и др.

Планирование эксперимента возникло в 50-х годах XX века из потребности устранить или хотя бы уменьшить систематические ошибки в исследованиях путем случайных условий проведения эксперимента. Процедура планирования оказалась направленной не только на уменьшение дисперсии оцениваемых параметров, но также и на рандомизацию относительно сопутствующих, спонтанно изменяющихся и неконтролируемых переменных. В результате удалось избавиться от смещения в оценках.

С 1918 г. Р. Фишер начал свою известную серию работ на Рочемстедской агробиологической станции в Англии. В 1935 году появилась его монография, давшая название всему направлению. В 1942 году А. Кишен рассмотрел планирование эксперимента по латинским кубам, которое явилось дальнейшим развитием теории латинских квадратов. Затем Р. Фишер независимо опубликовал сведения об ортогональных гипер-греко-латинских кубах и гипер-кубах. Вскоре после этого в 1946 г. Р. Рао рассмотрел их комбинаторные свойства. Дальнейшему развитию теории латинских квадратов посвящены работы Х. Манна (1947–1950 гг.).

Первое глубокое математическое исследование блок-схемы выполнено Р. Боузом в 1939 г. Вначале была разработана теория сбалансированных неполноблочных планов (BIB-схемы). Затем Р. Бо́зе, К. Нер и Р. Рао обобщили эти планы и разработали теорию частично сбалансированных неполноблочных планов (PBIB-схемы). С тех пор изучению блок-схем уделяется большое внимание как со стороны специалистов по планированию эксперимента (Ф. Йетс, Г. Кокс, В. Кокран, В. Федерер, К. Гульден, О. Кемптгорн и другие), так и со стороны специалистов по комбинаторному анализу (Р. Бо́зе, Ф. Шимамото, В. Клатсворси, С. Шрикханде, А. Гофман и др.).

Исследования Р. Фишера знаменуют начало первого этапа развития методов планирования эксперимента. Фишер разработал метод факторного планирования.

Йетс предложил для этого метода простую вычислительную схему. Факторное планирование получило широкое распространение. Особенностью факторного эксперимента является необходимость ставить сразу большое число опытов.

В 1945 г. Д. Финни ввел дробные реплики от факторного эксперимента. Это позволило сократить число опытов и открыло дорогу техническим приложениям планирования. Другая возможность сокращения необходимого числа опытов была показана в 1946 г. Р. Плакеттом и Д. Берманом, которые ввели насыщенные факторные планы.

Г. Хотеллинг в 1941 г. предложил находить экстремум по экспериментальным данным с использованием степенных разложений и градиента. Следующим важным этапом было введение принципа последовательного шагового экспериментирования. Этот принцип, высказанный в 1947 г. М. Фридманом и Л. Сэвиджем, позволил распространить на экспериментальное определение экстремума — итерацию.

Чтобы построить современную теорию планирования эксперимента, не хватало одного звена — формализации объекта исследования. Это звено появилось в 1947 г. после создания Н. Винером теории кибернетики. Кибернетическое понятие «черный ящик», играет в планировании важную роль.

В 1951 г. работой американских ученых Дж. Бокса и К. Уилсона начался новый этап развития планирования эксперимента. В ней сформулирована и доведена до практических рекомендаций идея последовательного экспериментального определения оптимальных условий проведения процессов с использованием оценки коэффициентов степенных разложений методом наименьших квадратов, движение по градиенту и отыскание интерполяционного полинома в области экстремума функции отклика (почти стационарной области).

В 1954–1955 гг. Дж. Бокс, а затем П. Юл показали, что планирование эксперимента можно использовать при исследовании физико-химических процессов, если априори высказаны одна или несколько возможных гипотез. Направление получило развитие в работах Н. П. Клепикова, С. Н. Соколова и В. В. Федорова в ядерной физике.

Третий этап развития теории планирования эксперимента начался в 1957 г., когда Бокс применил свой метод в промышленности. Этот метод стал называться «эволюционным планированием». В 1958 г. Г. Шеффе предложил новый метод планирования эксперимента для изучения физико-химических диаграмм состав — свойство под названием «симплексной решетки».

Развитие теории планирование эксперимента в СССР отражено в работах В. В. Налимова, Ю. П. Адлера, Ю. В. Грановского, Е. В. Марковой, В. Б. Тихомирова.

4.2. Этапы планирования эксперимента

Методы планирования эксперимента позволяют минимизировать число необходимых испытаний, установить рациональный порядок и условия проведения исследований в зависимости от их вида и требуемой точности результатов. Если же по каким-либо причинам число испытаний уже ограничено, то методы дают оценку точности, с которой в этом случае будут получены результаты. Методы учитывают случайный характер рассеяния свойств испытываемых объектов и характеристик используемого оборудования. Они базируются на методах теории вероятности и математической статистики.

Планирование эксперимента включает следующие этапы:

1. Установление цели эксперимента (определение характеристик, свойств и т. п.) и его вида (определительные, контрольные, сравнительные, исследовательские).

2. Уточнение условий проведения эксперимента(имеющееся или доступное оборудование, сроки работ, финансовые ресурсы, численность и кадровый состав работников и т. п.). Выбор вида испытаний (нормальные, ускоренные, сокращенные в условиях лаборатории, на стенде, полигонные, натурные или эксплуатационные).

3. Выявление и выбор входных и выходных параметров на основе сбора и анализа предварительной (априорной) информации. Входные параметры (факторы) могут быть детерминированными, то есть регистрируемыми и управляемыми (зависимыми от наблюдателя), и случайными, то есть регистрируемыми, но неуправляемыми. Наряду с ними на состояние исследуемого объекта могут оказывать влияние нерегистрируемые и неуправляемые параметры, которые вносят систематическую или случайную погрешность в результаты измерений. Это — ошибки измерительного оборудования, изменение свойств исследуемого объекта в период эксперимента, например, из-за старения материала или его износа, воздействие персонала и т. д.

4. Установление потребной точности результатов измерений (выходных параметров), области возможного изменения входных параметров, уточнение видов воздействий. Выбирается вид образцов или исследуемых объектов, учитывая степень их соответствия реальному изделию по состоянию, устройству, форме, размерам и другим характеристикам. На назначение степени точности влияют условия изготовления и эксплуатации объекта, при создании которого будут использоваться эти экспериментальные данные. Условия изготовления, то есть возможности производства, ограничивают наивысшую реально достижимую точность. Условия эксплуатации, то есть условия обеспечения нормальной работы объекта, определяют минимальные требования к точности.

Точность экспериментальных данных также существенно зависит от объёма (числа) испытаний — чем испытаний больше, тем (при тех же условиях) выше достоверность результатов. Для ряда случаев (при небольшом числе факторов и известном законе их распределения) можно заранее рассчитать минимально необходимое число испытаний, проведение которых позволит получить результаты с требуемой точностью.

5. Составление плана и проведение эксперимента — количество и порядок испытаний, способ сбора, хранения и документирования данных. Порядок проведения испытаний важен, если входные параметры (факторы) при исследовании одного и того же объекта в течение одного опыта принимают разные значения. Например, при испытании на усталость при ступенчатом изменении уровня нагрузки предел выносливости зависит от последовательности нагружения, так как по-разному идет накопление повреждений, и, следовательно, будет разная величина предела выносливости. В ряде случаев, когда систематически действующие параметры сложно учесть и проконтролировать, их преобразуют в случайные, специально предусматривая случайный порядок проведения испытаний (рандомизация эксперимента). Это позволяет применять к анализу результатов методы математической теории статистики. Порядок испытаний также важен в процессе поисковых исследований: в зависимости от выбранной последовательности действий при экспериментальном поиске оптимального соотношения параметров объекта или какого-то процесса может потребоваться больше или меньше опытов. Эти экспериментальные задачи подобны математическим задачам численного поиска оптимальных решений. Наиболее хорошо разработаны методы одномерного поиска (однофакторные однокритериальные задачи), такие как метод Фибоначчи, метод золотого сечения.

6. Статистическая обработка результатов эксперимента, построение математической модели поведения исследуемых характеристик. Необходимость обработки вызвана тем, что выборочный анализ отдельных данных, вне связи с остальными результатами, или же некорректная их обработка могут не только снизить ценность практических рекомендаций, но и привести к ошибочным выводам.

Обработка результатов включает:

- определение доверительного интервала среднего значения и дисперсии (или среднего квадратичного отклонения) величин выходных параметров (экспериментальных данных) для заданной статистической надежности;

- проверка на отсутствие ошибочных значений (выбросов), с целью исключения сомнительных результатов из дальнейшего анализа. Проводится на соответствие одному из специальных критериев, выбор которого зависит от закона распределения случайной величины и вида выброса;

- проверка соответствия опытных данных ранее априорно введенному закону распределения. В зависимости от этого подтверждаются выбранный план эксперимента и методы обработки результатов, уточняется выбор математической модели.

Построение математической модели выполняется в случаях, когда должны быть получены количественные характеристики взаимосвязанных входных и выходных исследуемых параметров. Это — задачи аппроксимации, то есть выбора математической зависимости, наилучшим образом соответствующей экспериментальным данным. Для этих целей применяют регрессионные модели, которые основаны на разложении искомой функции в ряд с удержанием одного (линейная зависимость, линия регрессии) или нескольких (нелинейные зависимости) членов разложения (ряды Фурье, Тейлора). Одним из методов подбора линии регрессии является широко распространенный метод наименьших квадратов.

Для оценки степени взаимосвязанности факторов или выходных параметров проводят корреляционный анализ результатов испытаний. В качестве меры взаимосвязанности используют коэффициент корреляции: для независимых или нелинейно зависимых случайных величин он равен или близок к нулю, а его близость к единице свидетельствует о полной взаимосвязанности величин и наличии между ними линейной зависимости.

При обработке или использовании экспериментальных данных, представленных в табличном виде, возникает потребность получения промежуточных значений. Для этого применяют методы линейной и нелинейной (полиномиальной) интерполяции (определение промежуточных значений) и экстраполяции (определение значений, лежащих вне интервала изменения данных).

7. Объяснение полученных результатов и формулирование рекомендаций по их использованию, уточнению методики проведения эксперимента.

Снижение трудоемкости и сокращение сроков испытаний достигается применением автоматизированных экспериментальных комплексов. Такой комплекс включает испытательные стенды с автоматизированной установкой режимов (позволяет имитировать реальные режимы работы), автоматически обрабатывает результаты, ведет статистический анализ и документирует исследования. Но велика и ответственность инженера в этих исследованиях: четкое поставленные цели испытаний и правильно принятое решение позволяют точно найти слабое место изделия, сократить затраты на доводку и итерационность процесса проектирования.

Тема №5. Методы научных исследований

5.1. Понятие метода научного исследования и его содержания

Метод — это способ достижения цели, который объединяет субъективные и объективные моменты познания. Метод объективен, так как в разрабатываемой теории позволяет отражать действительность и ее взаимосвязи. Таким образом, метод является программой построения и практического применения теории. Одновременно метод субъективен, так как является орудием мышления исследователя и в качестве такового включает в себя его субъективные особенности.

Методы можно разделить на: общенаучные (т.е. для всех наук); частные (т.е. для определенных наук); специальные или специфические (для данной науки). Такое разделение методов всегда условно, так как по мере развития познания один научный метод может переходить из одной категории в другую.

К общенаучным методам относятся: наблюдение, сравнение, счет, измерение, эксперимент, обобщение, абстрагирование, формализация, анализ и синтез, индукция и дедукция, аналогия, моделирование, идеализация, ранжирование, а также аксиоматический, гипотетический, исторический и системные методы.

Наблюдение — это способ познаний объективного мира, основанный на непосредственном восприятии предметов и явлений при помощи органов чувств без вмешательства в процесс со стороны исследователя.

Сравнение — это установление различия между объектами материального мира или нахождение в них общего, осуществляемое как при помощи органов чувств, так и при помощи специальных устройств.

Счет — это нахождение числа, определяющего количественное соотношение однотипных объектов или их параметров, характеризующих те или иные свойства.

Измерение — это физический процесс определения численного значения некоторой величины путем сравнения ее с эталоном.

Эксперимент — одна из сфер человеческой практики, в которой подвергается проверке истинность выдвигаемых гипотез или выявляются закономерности объективного мира. В процессе эксперимента исследователь вмешивается в изучаемый процесс с целью познания, при этом одни условия опыта изолируются, другие исключаются, третьи усиливаются или ослабляются. Экспериментальное изучение объекта или явления имеет определенные преимущества по сравнению с наблюдением, так как позволяет изучать явления в «чистом виде» при помощи устранения побочных факторов.

Обобщение — определение общего понятия, в котором находит отражение главное, основное, характеризующее объекты данного класса. Это средство

для образования новых научных понятий, формулирования законов и теорий.

Абстрагирование — это мысленное отвлечение от несущественных свойств, связей, отношений предметов и выделение нескольких сторон, интересующих исследователя. Оно, как правило, осуществляется в два этапа. На первом этапе определяются несущественные свойства, связи и т.д. На втором - исследуемый объект заменяют другим, более простым, представляющим собой упрощенную модель, сохраняющую главное в сложном.

Формализация — отображение объекта или явления в знаковой форме какого-либо искусственного языка (математики, химии и т.д) и обеспечение возможности исследования реальных объектов и их свойств через формальное исследование соответствующих знаков.

Аксиоматический метод — способ построения научной теории, при котором некоторые утверждения (аксиомы) принимаются без доказательств и затем используются для получения остальных знаний по определенным логическим правилам.

Анализ — метод познания при помощи расчленения или разложения предметов исследования (объектов, свойств и т.д.) на составные части. В связи с этим анализ составляет основу аналитического метода исследований.

Синтез — соединение отдельных сторон предмета в единое целое.

Анализ и синтез взаимосвязаны, они представляют собой единство противоположностей.

Различают следующие виды анализа и синтеза:

- прямой или эмпирический метод (используют для выделения отдельных частей объекта, обнаружения его свойств, простейших измерений и т.п.);
- возвратный или элементарно-теоретический метод (базирующийся на представлениях о причинно-следственных связях различных явлений);
- структурно-генетический метод (включающий вычленение в сложном явлении таких элементов, которые оказывают решающее влияние на все остальные стороны объекта).

Важными понятиями в теории познания являются: индукция — умозаключение от фактов к некоторой гипотезе (общему утверждению) и ***дедукция*** — умозаключение, в котором вывод о некотором элементе множества делается на основании знания общих свойств всего множества.

Таким образом, дедукция и индукция — взаимообратные методы познания, широко использующие частные методы формальной логики.

Одним из методов научного познания является аналогия, посредством которой достигается знание о предметах и явлениях на основании того, что они имеют сходство с другими. Аналогия тесно связана с моделированием или модельным экспериментом.

Гипотетический метод познания предполагает разработку научной гипотезы на основе изучения физической, химической и т.п. сущности исследуемого явления с помощью описанных выше способов познания и затем формулирование гипотезы, составление расчетной схемы алгоритма (модели), ее изучение, анализ, разработка теоретических положений.

При гипотетическом методе познания исследователь нередко прибегает к ***идеализации*** — это мысленное конструирование объектов, которые практически неосуществимы (например, идеальный газ, абсолютно твердое тело). В результате идеализации реальные объекты лишаются некоторых присущих им свойств и наделяются гипотетическими свойствами.

При исследованиях сложных систем с многообразными связями, характеризуемыми как непрерывностью и детерминированностью, так и дискретностью и случайностью, используются ***системные методы*** (исследование операций, теория массового обслуживания, теория управления, теория множеств и др.).

В настоящее время такие методы получили широкое распространение в значительной степени в связи с развитием ЭВМ.

5.2. Уровни методов научного познания

Разнообразные методы научного познания условно подразделяются на ряд уровней: эмпирический, экспериментально-теоретический, теоретический и метатеоретический уровни.

Методы эмпирического уровня: наблюдение, сравнение, счет, измерение, анкетный опрос, собеседование, тесты, метод проб и ошибок и т.д.

Методы этой группы конкретно связаны с изучаемыми явлениями и используются на этапе формирования научной гипотезы.

Методы экспериментально-теоретического уровня: эксперимент, анализ и синтез, индукция и дедукция, моделирование, гипотетический, исторический и логические методы.

Эти методы помогают исследователю обнаружить те или иные достоверные факты, объективные проявления в протекании исследуемых процессов. С помощью этих методов производится накопление фактов, их перекрестная проверка.

Методы теоретического уровня: абстрагирование, идеализация, формализация, анализ и синтез, индукция и дедукция, аксиоматика, обобщение и т.д.

На теоретическом уровне производятся логическое исследование собранных фактов, выработка понятий, суждений, делаются умозаключения.

На теоретическом уровне научное мышление освобождается от эмпирической описательности, создает теоретические обобщения. Таким образом, новое теоретическое содержание знаний надстраивается над эмпирическими знаниями.

К методам метатеоретического уровня относят диалектический метод и метод системного анализа.

С помощью этих методов исследуются сами теории и разрабатываются пути их построения, изучается система положений и понятий данной теории, устанавливаются границы ее применения, способы введения новых понятий, обосновываются пути синтезирования нескольких теорий.

При изучении сложных, взаимосвязанных друг с другом проблем используется системный анализ, получивший широкое применение в различных сферах научной деятельности человека, и в частности в логике, математике, общей теории систем и т.д.

5.3. Сущность и содержание системного анализа

В основе системного анализа лежит понятие системы, под которой понимается множество объектов (компонентов), обладающих заранее определенными свойствами с фиксированными между ними отношениями. На базе этого понятия производится учет связей, используются количественные сравнения всех альтернатив для того, чтобы сознательно выбрать наилучшее решение, оцениваемое каким-либо критерием, например измеримостью, эффективностью, надежностью и т.п.

Системный анализ используется для исследования таких сложных систем, как экономика отдельной отрасли, промышленного предприятия, объединения, при планировании и организации технологии комплексных строительных процессов, выполняемых несколькими строительными организациями, и др.

Системный анализ складывается из основных четырех этапов:

1. Первый заключается в постановке задачи — определяют объект, цели и задачи исследования, а также критерии для изучения и управления объектом. Неправильная или неполная постановка целей может свести на нет результаты всего последующего анализа;

2. Во время второго этапа очерчиваются границы изучаемой системы и определяется ее структура. Объекты и процессы, имеющие отношение к поставленной цели, разбиваются на собственно изучаемую систему и внешнюю среду;

3. Третий, важнейший этап системного анализа заключается в составлении математической модели исследуемой системы. Вначале производят параметризацию системы, описывают выделенные элементы системы и их взаимодействие. В зависимости от особенностей процессов используют тот или иной математический аппарат для анализа системы в целом.

Если исследуются сложные системы, именуемые как обобщенные динамические системы, характеризуемые большим количеством параметров раз-

личной природы, то в целях упрощения математического описания их расчленяют на подсистемы, выделяют типовые подсистемы, производят стандартизацию связей для различных уровней иерархии однотипных систем.

В результате третьего этапа системного анализа формируются законченные математические модели системы, описанные на формальном, например алгоритмическом, языке.

4. Четвертый этап — анализ полученной математической модели, определение ее экстремальных условий с целью оптимизации и формулирование выводов.

Оптимизация заключается в нахождении оптимума рассматриваемой функции (математической модели исследуемой системы, процесса) и соответственно нахождения оптимальных условий поведения данной системы или протекания данного процесса. Оценку оптимизации производят по критериям, принимающим в таких случаях экстремальные значения.

Тема №6. Качественные и количественные методы исследований

6.1. Качественные методы исследований

Качественное исследование — это метод исследования, широко используемый учеными и исследователями, изучающими человеческое поведение и привычки. Качественный метод исследования полезен для разработчиков продуктов, которые хотят сделать свои изделия востребованными. К примеру, разработчик, производящий ряд идей для нового продукта, мог бы изучить привычки и предпочтения людей, чтобы быть уверенным в том, что продукт станет коммерчески рентабельным. Для оценки же популярности законченного продукта используется другой метод исследования — количественный.

Качественное исследование часто расценивается как предшественник количественного метода, в котором оно часто используется для генерации возможных выводов и идей, которые могут использоваться для формулирования реалистической и тестируемой гипотезы. Затем данная гипотеза может быть всесторонне проверена и математически проанализирована с помощью стандартных количественных методов исследования. Именно поэтому качественные методы часто сопряжены с интервью, опросами и исследованиями конкретного случая для укрепления и оценки результатов в более широком диапазоне.

Исследование, завершенное до проведения эксперимента, может показать прогноз популярности конкретных брендов из множества. Затем разработанный с учетом результатов количественный эксперимент поможет сэкономить время, деньги и ресурсы.

Качественный метод является, вероятно, наиболее древним из всех научных методов: еще древнегреческие философы вели качественное наблюдение мира вокруг и пытались дать ответы, которые были бы способны объяснить увиденное.

Метод качественного исследования является наиболее гибким из множества экспериментальных методов, охватывающим множество принятых методов и структур. Данный метод исследования, от исследования конкретного случая до обширного интервью, нуждается в тщательном построении и разработке, однако он не имеет стандартной структуры.

Социологические исследования, интервью и опросы — вот наиболее часто используемые методы. Плюсы качественного метода исследования.

Качественный метод чрезвычайно полезен, когда тема слишком сложна, чтобы получить на основной вопрос ответ «да» или „нет“. Такие методы намного легче планировать и выполнять. Они полезны, когда во внимание необходимо принимать бюджетные решения.

Более широкая область покрытия качественного метода гарантирует, что в любом случае генерируются полезные данные, тогда как недоказанная гипотеза в количественном эксперименте может означать, что время было потрачено зря. Качественные методы исследования настолько же не зависят от размеров выборки, что и количественные методы: социологическое исследование, к примеру, может получить значимый результат даже с небольшой группой выборки.

Минусы качественного метода исследования. Хотя время и потребление ресурсов, как в количественном исследовании, для качественного метода большого значения не имеют, он все равно требует осторожного подхода и планирования, чтобы гарантировать, что полученные результаты точны с максимальной возможностью.

Качественные данные нельзя проанализировать математически тем же всесторонним способом, что и количественные результаты, а можно лишь дать информацию об общих тенденциях. Оно намного более открыто для личного мнения и суждения, а потому дает скорее наблюдения, чем результаты. Любой качественный метод исследования обычно уникален и не может быть воспроизведен в точности, а это значит, что такие эксперименты практически невозможно копировать.

6.2. Количественные методы исследований

Количественное исследование отвечает на вопросы «кто?» и «сколько?». Данный тип исследований, в отличие от качественного, позволяет получить выраженную количественно информацию по ограниченному кругу проблем, но от большого числа людей, что позволяет обрабатывать ее статистическими методами и распространять результаты на всех потребителей. Количественные исследования помогают оценить уровень известности фирмы или марки, выявить основные группы потребителей, объемы рынка и т. п.

Основные методы количественных исследований — это различные виды опросов и аудит розничной торговли. Опрос предполагает выяснение мнения респондента по определенному кругу включенных в анкету вопросов путем личного либо опосредованного контакта интервьюера с респондентом.

Аудит розничной торговли включает в себя анализ ассортимента, цен, дистрибуции, рекламных материалов в розничных точках по исследуемой товарной группе.

Технология опроса заключается в сборе первичной информации путем прямого задавания людям вопросов относительно уровня их знаний, отношений к продукту, предпочтений и покупательского поведения.

Как правило, проведение опроса состоит из следующих этапов:

- разработки, проверки и тиражирования анкеты;
- формирования выборки;
- инструктажа интервьюеров;
- проведения опроса и контроля качества данных;
- обработки и анализа полученной информации;
- составления итогового отчета.

Опросы могут различаться:

- по способу контакта с респондентом: лично, по телефону, по почте (в том числе по электронной) и через Интернет;
- типу респондентов: опрос физических лиц, опрос юридических лиц, опрос экспертов;
- месту проведения опроса: дома, в офисе, в местах продаж, в виртуальных пространствах;
- типу выборки: опрос репрезентативной либо целевой выборки.

Как правило, чаще опросы различают по способу контакта с респондентом.

Достоинства и недостатки опросов. Почтовый опрос имеет относительно низкие затраты и прост в организации, доступен для малой группы исследователей, при заполнении анкеты отсутствует влияние на респондента со стороны интервьюера. В то же время респондент не может уточнить у интервьюера вопросы, поэтому встречается низкое качество ответов, особенно на открытые вопросы.

Телефонное интервью также отличает невысокая стоимость. Опрос может быть проведен достаточно быстро, пригоден для сбора, как фактических данных, так и данных, характеризующих отношения. При телефонном опросе возможен централизованный контроль за ходом исследования.

К недостаткам телефонного опроса можно отнести следующее: он охватывает только людей, имеющих телефон, им не могут быть показаны вопросник и иллюстрации, по телефону трудно поддерживать интерес более 15–20 минут, трудно задавать сложные вопросы.

Он-лайн опросы позволяют с небольшими затратами охватить самую широкую географию респондентов. Результаты можно получать в режиме реального времени, имеется возможность пояснять вопросы.

В то же время ряд ограничений сдерживает проведение он-лайн опросов, особенно на территории РФ:

- низкий уровень распространения Интернета в РФ;
- невысокий уровень компьютерной культуры населения;
- плохое качество телефонных сетей;
- высокая стоимость телефонной связи;
- правовая незащищенность информации о респонденте и т. п.

Личное интервью также имеет достоинства и недостатки:

- есть возможность продемонстрировать продукт;
- сравнительно легко удерживать внимание респондента в течение долгого времени;
- появляется возможность слушать живую речь респондента;
- легко задавать сложные вопросы;
- высокая стоимость;
- присутствует влияние интервьюера на респондентов;
- требуется большая команда квалифицированных интервьюеров;
- низкий уровень контроля за работой интервьюера.

Личное интервью. Опрос в форме личной беседы между интервьюером и респондентом. Личное интервью незаменимо в том случае, когда респонденту в ходе опроса необходимо предъявить значительный объем наглядной информации.

В зависимости от места проведения личного интервью различается подготовительный этап. Если интервью намечается в офисе или дома у респондента, требуется предварительная договоренность с ним. Личный контакт с респондентом предполагает особые требования к интервьюеру, его внешнему виду, коммуникационным способностям, психологической подготовке. Он должен уметь легко входить в контакт, подстраиваться под психотип респондента (например, скорость речи, манера общения и пр.).

Телефонный опрос. Это один из самых оперативных и недорогих опросных методов, который позволяет узнать мнения различных групп населения практически по любым вопросам. Особенностью телефонных опросов является то, что, не видя собеседника, респондент составляет о нем представление по вокальным и вербальным компонентам. На первых секундах общения значение вокальной компоненты (тембр, темп, интонация) составляет 70 %, а вербальной компоненты (слова, фразы, грамотность построения предложений) всего 30 %, т. е. собеседник сначала слушает голос, а только потом начинает вникать в суть разговора. Это обстоятельство предъявляет свои требования к интервьюеру, его коммуникативным способностям.

Почтовый опрос. Метод заключается в рассылке анкет и получении на них ответов по почте. Почтовый опрос не требует большого штата интервьюеров, но предполагает профессиональный подход к созданию выборки. При проведении почтового опроса основное внимание уделяется профессиональному составлению анкеты.

Респондент должен хорошо понимать вопрос, на который нужно отвечать.

Респондент должен иметь возможность ответить на вопрос, т. е. обладать компетентностью в проблеме исследования.

Респондент должен иметь желание давать откровенные и правдивые ответы.

Сформулированные вопросы должны отвечать целям и задачам исследования.

При формировании анкеты нужно помнить о создании максимального удобства для ответов респондента.

Онлайновые опросы. Сравнивая онлайновые опросы с традиционными методами, уже сегодня можно найти определенные преимущества.

Сегодня существуют три важнейших тематических направления, охватываемых онлайновыми опросам.

Во-первых, это изучение сетевого поведения и отношения пользователей Интернета к технологическим и социокультурным аспектам развития электронной паутины. Например, оценка дизайна сайта и качества провайдерских услуг, предпочтение сайтов, время, затрачиваемое на их просмотр, регулярность и продолжительность выходов в сеть и т. д.

Туристским компаниям, имеющим собственные сайты или намеревающимся использовать Интернет в качестве средства рекламы и других коммуникаций, просто необходимы данные о сетевом поведении пользователей и об отношении к сайту компании и другим сайтам.

Второе направление включает в себя исследование потребительских установок и поведения на различных рынках товаров и услуг. Пожалуй, опросы этой тематической ориентации образуют основной массив онлайновых опросов. Прежде всего, можно говорить о выявлении потребительских установок общего вида: отношение к различным видам обслуживания, представления о том, что в товарах привлекает потенциальных потребителей, восприятие рекламы, предпочтительность брендов и т. д.

Еще большее количество опросов этого тематического направления ориентировано на изменение отношения к новым видам товаров и услуг массового потребления, которые в ближайшее время будут предложены рынку или только что появились на нем. Это может быть новая форма страхования, новая телефонная справочная линия, оборудование для стрижки травы, система дополнительного сервиса для туристов и др.

На голосование ставится все: внешний вид изделия, его упаковка и цена, качество обслуживания (время ожидания, вежливость менеджеров или продавцов, возможность получения необходимой информации, загрузка паркинга) в той или иной системе магазинов, банков, туристских компаний, сервисных предприятий.

И третье направление — изучение социальных и политических установок, в том числе электоральных предпочтений, отношения к региональным проблемам, международной политике и прочее.

Аудит розничной торговли — это исследование, включающее анализ ассортимента, цен, дистрибуции, рекламных материалов в розничных точках по исследуемой товарной группе.

Технология метода. Анализ результатов аудита розничной торговли дает наиболее полную и адекватную характеристику как состояния и движения рынка в целом, так и тенденций по его отдельным позициям – структурным и географическим сегментам рынка, торговым маркам и т. д.

Исследование по методу аудит розничной торговли включает в себя:

- разработку анкет;
- формирование выборки торговых точек;
- подготовку интервьюеров;
- непосредственно само исследование;
- обработку и анализ данных.

Применение метода. Аудит розничной торговли позволяет получить информацию о том, какие марки продукта представлены в продаже, насколько они доступны (т. е. во всех ли магазинах представлены), по какой цене и в каких объемах продаются. При помощи этих данных можно:

- определить объем и доли рынка;
- провести сравнительный анализ различных товаров и различных участников рынка;
- выявить незанятые ниши и разработать новые продукты;
- скорректировать позиционирование существующей и разработать основу позиционирования новой продукции.

Достоинства и недостатки метода. Среди недостатков метода можно упомянуть сложность получения данных (административные препятствия). К его преимуществам можно отнести относительную простоту и точность получаемых данных.

Тема №7. Теоретические методы исследования

7.1. Содержание метода теоретического исследования

К методам теоретического исследования ученые относят метод восхождения от абстрактного к конкретному, формализацию, идеализацию, аксиоматический метод. Для теоретического исследования используются, конечно же, и другие методы, являющиеся общими и для эмпирического, и для теоретического исследования.

Метод восхождения от абстрактного к конкретному. Прежде чем перейти к характеристике существа этого метода, следует осмыслить основные его понятия: «абстрактное», «абстрагирование», «абстракция», «конкретное».

Термин «абстрактное» употребляется для характеристики человеческого знания. Содержанием абстрактного являются отдельные стороны, отдельные свойства и связи вещей. Поэтому некоторые ученые отмечают, что под абстрактным понимается одностороннее, неполное знание, которое не раскрывает сущности предмета в целом. В связи с этим вспомним, что абстрагирование - это выделение, вычленение и извлечение одной какой-либо существенной стороны, свойства, признака явления или предмета и отвлечение от всех остальных сторон, свойств.

Результат абстрагирования называется абстракцией. Абстракция считается высшей ступенью в процессе развития человеческого знания. Абстракция может выступать в форме чувственно-наглядного образа (например, модель атома), идеализированного объекта (например, «абсолютно черное тело»), суждения («этот предмет белый»), абстрактного понятия, категории (наиболее широкого понятия той или иной науки или философии, например, «материя», «качество», «количество», «мера» и т.д.), в форме закона (закон исключенного третьего, закон тождества) и т.п. В зависимости от этого, условно выделяются четыре ступени абстракции, получаемой ученым или усваиваемой обучаемым информации: феноменологическая (описательная ступень), аналитико-синтетическая, прогностическая и аксиоматическая.

Ступени абстракции - эта мера научности информации. Они зависят от продвинутости той или иной отрасли знаний в описании предметов, явлений, способов деятельности, а также в объяснении их свойств, признаков, механизмов их взаимодействия.

Термин «конкретное» обычно используется в двух основных смыслах: во-первых, под конкретным понимается сама действительность, различные объекты, взятые во всем многообразии их свойств, связей и отношений; во-

вторых, термин «конкретное» употребляется для обозначения многогранного, всестороннего, детализированного систематического знания об объекте.

Итак, восхождение от абстрактного к конкретному представляет собой всеобщую форму движения научного познания, закон отображения действительности в мышлении. Согласно этому методу, процесс познания как бы разбивается на два относительно самостоятельных этапа. В связи с первым этапом вспомним о гносеологии (теории познания), о которой мы подробно уже говорили, рассматривая вопрос о методологических основах научного исследования и образования.

Гносеологическое положение о путях познания истины гласит, что диалектический путь познания идет от живого созерцания к абстрактному мышлению и от него к практике. Это означает, что ***на первом этапе*** восхождения от абстрактного к конкретному происходит переход от чувственно-конкретного, то есть от живого созерцания, от созерцания конкретного в действительности к его абстрактным определениям (понятиям, суждениям, умозаключениям). Другими словами, единый объект, целое расчленяется, описывается при помощи понятий, суждений. Он как бы «испаряется», превращаясь в совокупность зафиксированных мышлением абстракций, односторонних определений.

Суть второго этапа (он же собственно и есть восхождение от абстрактного к конкретному) состоит в движении мысли от абстрактных определений объекта, понятий, то есть от абстрактного в познании к конкретному в познании, от целого к частям.

Другими словами, гносеологическая формула «от живого созерцания к абстрактному мышлению» идет как бы в обратном направлении - от абстрактного мышления к живому созерцанию, к чувственно-конкретному. На этом этапе как бы восстанавливается исходная целостность объекта, он воспроизводится во всей многогранности - но уже в мышлении.

Восхождение от абстрактного к конкретному невозможно без предварительного, как говорит Кузин, «анатомирования» объекта мыслью, без восхождения от конкретного в действительности к абстрактным его определениям. Можно сказать, что рассматриваемый метод представляет собой процесс познания, согласно которому мышление восходит сначала от конкретного в действительности к абстрактному в мышлении и от абстрактного в мышлении - к конкретному в мышлении.

7.2. Метод формализации

Формализация — это представление самых разнообразных объектов путем отображения и изображения их содержания и структуры в знаковой форме,

при помощи самых разнообразных «искусственных» языков, к числу которых относится язык математики, математической логики, химии и других наук. Использование специальной символики в этих науках является одним из необходимых методов отражения действительности человеком.

Понятие «формализация» находится в тесной связи с понятием «абстрагирование». Мы уже знаем, что абстрагирование представляет собой процесс мысленного отвлечения от свойств исследуемых предметов их существенных признаков.

Явления бесконечно многообразны, их систематизация становится возможной благодаря тому, что мышление выделяет какой-то один признак и абстрагируется от остальных. Получаемое таким образом абстрактное знание становится эмпирическим понятием. Абстрагирование характерно и для эмпирического мышления, с его помощью выводятся эмпирические понятия. Теоретическое мышление также абстрагируется от качественных характеристик объекта исследования. Но специфика теоретического абстрагирования в том, что этот процесс доводится до логического завершения — до полного формализма, до получения предельной абстракции, в которой ученый отвлекается не только от того или иного качества предмета, но и от его качественности как таковой.

Формализация как метод исследования имеет, по мнению ученых, ряд достоинств:

1) обеспечивает полноту обозрения определенной области проблем, обобщенность подхода к их решению;

2) базируется на использовании специальной символики, которая обеспечивает краткость и четкость фиксации знания;

3) связана с приписыванием отдельным символам или их системам определенных значений, что позволяет избежать многозначности терминов, свойственной обычным языкам;

4) позволяет формировать знаковые модели объектов, а изучение реальных вещей и процессов заменять изучением этих моделей.

Этим достигается упрощение объекта непосредственного исследования, что облегчает решение познавательных задач. Формализация является неотъемлемой частью формальной логики.

Примером осуществления формализации в эвклидовой геометрии может служить тот факт, что здесь имеется небольшое число вводимых независимо понятий и символов, таких как число, прямая, точка и фундаментальные правила комбинирования этих понятий. Вместе они образуют основу для построения или определения всех упорядоченных утверждений и других понятий.

По предположению А.Я. Данилюка, первым среди отечественных педагогов, последовательно применившим процедуру формализации, был А.М. Сохор,

который избирает объектом формализации учебный материал, т.е. все содержание, тем или иным образом включенное в процесс обучения. Формальными единицами выступают при этом понятия, которые определяются автором в качестве элементов логической структуры учебного материала. «Понятие» в таком представлении — чистейшая абстракция, знак, полученный путем абстрагирования от множества других составляющих учебного материала (знаний, научных понятий, текстов и т.д.). Затем автор устанавливает предельно общие правила оперирования формальными единицами, т.е. как бы отвечая на вопрос, какие связи и отношения между этими понятиями. Эти связи и отношения он определяет категориями «умозаключения», «обоснования», «решения». И более высокую ступень организации элементов логической структуры учебного материала автор представляет в виде последовательности познавательных задач.

Таким образом, процесс обучения в его содержательной части замещается однородным множеством понятий, а затем устанавливаются формы связи и отношений между ними.

Возникает вопрос, почему эмпирическое мышление (стало быть, и эмпирическое исследование) не обладает потребностью в формализации?

Эмпирическое мышление и исследование ориентированы на реальный предмет, и они работают с информацией, получаемой от него непосредственно. Предмет исследования предстает как событие, как действие, участвуя в нем. Исследователь может видеть и слышать, и, когда ученый, к примеру, педагог, называет свой предмет, другие педагоги совершенно определенно представляют себе, о чем идет речь. Другими словами, эмпирическое мышление отталкивается в данном случае от реалий образования. Теоретическое же мышление лишено такой возможности. Логически оно надстраивается над эмпирическим мышлением, воссоздавая предмет теоретическими (знаково-символическими) средствами так, чтобы он имел всецело объективный характер, не зависел от субъективных представлений исследователя и был полностью доступен как предмет теоретического исследования для других ученых.

Таким образом, задача объективной теоретической реконструкции предмета, т.е. его формализации в теоретическом исследовании решается посредством введения дополнительного научного языка — искусственного языка. Однако такая предельно абстрактная высота научного обозрения имеет и обратную сторону: формализация приводит, по мнению ученых (А.Я. Данилюк), к содержательной бедности самого научного мышления. Поэтому сама по себе процедура формализации, к примеру, в педагогических исследованиях, в образовании имеет смысл только как подготовка к следующему этапу теоретического исследования — созданию идеального объекта, в котором множество знаков

и символов приводятся в некоторую логическую систему, определенным образом воссоздающую исследуемый объект в его качественном своеобразии.

По своей сущности формализация близка к идеализации. Идеализация как метод теоретического исследования. Чтобы осмыслить, что такое идеализация, необходимо уяснить понятие «идеальный объект».

Термин «идеальный» или «идеализированный» объект был введен в отечественную методологию научного познания И.В. Кузнецовым, автором трудов по методологии физики. Он выявил особый элемент структуры теории, названный им идеализированным объектом, т.е. абстрактной моделью, наделенной небольшим числом весьма общих свойств и простой структурой.

Идеальный объект, по определению Данилюка А.Я., представляет собой определенный текст, составленный на основе искусственного языка науки, в котором воссоздается предмет теоретического исследования.

Вот некоторые примеры простых и известных идеальных объектов:

- химическая формула воспроизводит в знаковой системе молекулярную структуру вещества, т.е. предмет исследования — молекулярная структура воссоздается в химической формуле;

- механика, исследуя движение тел, отвлекается от качественных характеристических тел и представляет их в виде материальных точек.

В результате возникает ***теоретическая модель*** — изолированная система, состоящая из ограниченного числа материальных точек, которая служит основанием дальнейших теоретических построений в физике.

В качестве классического примера по педагогике Данилюк А.Я. приводит всемирно известный труд Коменского «Великую дидактику»: Я.А. Коменский создает для каждой педагогической ситуации особого рода теоретические модели — «основоположения». Он получает их путем абстрагирования от разнообразных видов человеческой деятельности и действий природы.

Идеальные объекты не существуют в действительности. Ученые приводят такие примеры: абсолютно твердое тело, твердое тело, абсолютно черное тело, черное тело, электрический заряд, линия, точка и т.п.; они лишь мысленно конструируются.

Мысленное конструирование объектов такого рода называется идеализацией. Идеализация включает в себя момент абстрагирования, что позволяет рассматривать идеализацию как вид абстрагирующей деятельности. Например, говоря об абсолютно черном теле, исследователь абстрагируется от того факта, что все реальные тела в той или иной мере обладают способностью отражать падающий на них свет.

Идеальные объекты имеют ряд достоинств и полученные в результате сложной мыслительной деятельности, они играют в науке большую роль:

1) они позволяют значительно упростить сложные системы;

2) с помощью идеализации исключаются свойства и отношения объектов, которые, как отмечает Кузин, затемняют сущность изучаемого процесса;

3) сложный процесс представляется как бы в «чистом» виде, что значительно облегчает обнаружение существенных связей, формулирование законов.

Создание идеализированного объекта, его характера, типа, является, с точки зрения И.В. Кузнецова, труднейшей теоретической проблемой, при решении которой часто остаются бесплодными усилия множества ученых.

Идеализированный объект, как подчеркивает Кузнецов И.В., по своему назначению в высокоорганизованной теоретической системе фактически играет роль фундаментальной идеи, на которую опирается все здание теории.

Таким образом, идеальный объект представляет собой идею, выраженную в системе знаков искусственного научного языка и лежащую в основании научной теории (Данилюк А.Я.). В идеальном объекте содержание теории свернуто в абстрактной простоте и для того, чтобы сделать его явным, представить как развернутую теоретическую систему, необходимо произвести с идеальным объектом определенные действия, т.е. осуществить серию мысленных экспериментов.

7.3. Мысленный эксперимент как метод исследования

Мысленный эксперимент с идеализированными объектами является, по мнению ученых (В.С. Швырев), одним из важнейших методов теоретического исследования. Мысленный эксперимент — это система последовательных логических операций с целью раскрытия его содержания, определения соотношений между элементами и выявления закономерностей его движения (А.Я. Данилюк). Он означает развертывание, объяснение, актуализацию знаний, свернутых внутри идеального объекта, процессов взаимодействия его элементов, мысленное изменение некоего элемента, входящего в целостную систему идеального объекта, мысленное отслеживание процессов изменения и, наконец, приведение полученных знаний к некой разумной системности, согласующейся с данными практики.

Другими словами, мысленный эксперимент (как и реальный) призван давать ответ на вопрос: «что будет с объектом, если мы совершим с ним такие-то преобразования, поставим его в такие-то и такие-то условия?»

Заслуживает внимания модель мысленного эксперимента, предлагаемая В.С. Библером:

1) предмет исследования мысленно перемещается в такие условия, в которых его сущность раскрывается с особой определенностью;

2) этот предмет становится объектом последующих мысленных трансформаций;

3) в этом же эксперименте мысленно формируется та среда, та система связей, в которую помещается этот предмет; если построение мысленного предмета еще и можно представить как простое «абстрагирование» свойств реального предмета, то этот третий момент по сути дела является продуктивным добавлением к мысленному предмету — лишь в этой особой среде и находит свое раскрытие его содержание.

Система последовательных действий с идеальным объектом для получения системных научных знаний называется генетически-конструктивным методом.

7.4. Аксиоматический метод научного познания

Аксиоматический метод является одним из наиболее распространенных способов научного познания. Особенно широко он применяется в математических науках. В нематематических науках он играет прикладную или, как пишет Кузин Ф.А., подсобную роль.

Под аксиоматическим методом построения научной теории понимается такая ее организация, когда ряд утверждений принимается без доказательств, а все остальное знание выводится из них по определенным логическим правилам. Принимаемые без доказательства положения называются аксиомами, а остальное, т.е. выводное знание, фиксируется в выделим (вспомогательная теорема, необходимая для доказательства другой теоремы), теорем, законов и т.п.

Для понимания сущности аксиоматического метода следует обратить внимание на то обстоятельство, что в достаточно развитой научной теории всегда есть группа понятий, которая используется для определения других понятий этой теории. Это так называемые фундаментальные или первичные понятия данной теории, значение которых считается известным и в данной теории не требующим определения. Например, в механике Ньютона таким понятием будет «сила», в геометрии Эвклида — понятия «точка», «прямая», «плоскость».

При аксиоматическом методе естественно складывающаяся зависимость одних понятий и утверждений от других понятий и утверждений получает свое развитие и становится принципом построения теории. Аксиомы и первичные понятия образуют базис теории.

Аксиоматизация научных теорий имеет большую познавательную ценность. Она позволяет эффективно и на строго логической основе решать проблему истинности положений теории как проблему их доказуемости. При соблюдении всех правил доказательств из истинных аксиом, т.е. проверенных практикой, ученый получает в качестве следствий новые истинные положения теории.

Система аксиом, определения и правила вывода аксиоматизированной системы должны удовлетворять ряду методологических условий (или требований):

- строгость, однозначность и достаточность формулировки;

- аксиоматическая система должна быть непротиворечивой, полной, независимой. Что это значит? Система аксиом какой-нибудь теории является непротиворечивой, если из нее нельзя вывести двух утверждений, одно из которых было бы отрицанием другого. Полнота системы аксиом означает, что при данных правилах принятых аксиом достаточно, чтобы на их основе доказать или опровергнуть любое выражение, которое можно сформулировать на языке теории, к которой принадлежит эта система аксиом.

Независимость аксиом заключается в том, что аксиомы должны подбираться так, чтобы ни одна из них не была следствием из какого-либо числа других аксиом. В противном случае, такая аксиома является теоремой и подлежит устранению из аксиоматического списка. К примеру, одна из арифметических аксиом гласит, что от перестановки слагаемых сумма не меняется; или методологические постулаты педагогики: образование не только бесполезно, но и вредно, если оно не служит нравственности; человек часть природы, и его воспитание должно быть природ сообразным.

По мнению А.Я. Данилюка, дедуктивно-аксиоматический метод неоправданно относят к числу научно-теоретических исследований, ибо он не требует введения дополнительного научного языка. Процедура теоретической реконструкции предмета исследования им не предусмотрена. Этот метод является, по его мнению, скорее, общенаучным методом, применение которого возможно как в эмпирических, так и в теоретических исследованиях.

Тема №8. Экспериментальные исследования

8.1. Классификация, типы и задачи эксперимента

Важнейшей составной частью научных исследований является ***эксперимент***, основой которого является научно поставленный опыт с точно учитываемыми и управляемыми условиями. Само слово эксперимент происходит от лат. ***experimentum*** — проба, опыт.

В научном языке и исследовательской работе термин «эксперимент» обычно используется в значении, общем для целого ряда сопряженных понятий: опыт, целенаправленное наблюдение, воспроизведение объекта познания, организация особых условий его существования, проверка предсказания.

В это понятие вкладывается научная постановка опытов и наблюдение исследуемого явления в точно учитываемых условиях, позволяющих следить за ходом явлений и воссоздавать его каждый раз при повторении этих условий. Само по себе понятие «эксперимент» означает действие, направленное на создание условий в целях осуществления того или иного явления и по возможности наиболее частого, т.е. не осложняемого другими явлениями.

Основной целью эксперимента являются выявление свойств исследуемых объектов, проверка справедливости гипотез и на этой основе широкое и глубокое изучение темы научного исследования.

Постановка и организация эксперимента определяются его назначением. Они различаются по:

- способу формирования условий (естественных и искусственных);
- целям исследования (преобразующие, констатирующие, контролирующие, поисковые, решающие);
- организации проведения (лабораторные, натурные, полевые, производственные и т.п.);
- структуре изучаемых объектов и явлений (простые, сложные);
- характеру внешних воздействий на объект исследования (вещественные, энергетические, информационные);
- характеру взаимодействия средства экспериментального исследования с объектом исследования (обычный и модельный);
- типу моделей, исследуемых в эксперименте (материальный и мысленный);
- контролируемым величинам (пассивный и активный);
- числу варьируемых факторов (однофакторный и многофакторный);
- характеру изучаемых объектов или явлений (технологические, социометрические) и т.п.

Для классификации экспериментов могут быть использованы и другие признаки.

Естественный эксперимент предполагает проведение опытов в естественных условиях существования объекта исследования (чаще всего используется в биологических, социальных, педагогических и психологических науках).

Искусственный эксперимент предполагает формирование искусственных условий (широко применяется в естественных и технических науках).

Преобразующий (созидательный) эксперимент включает активное изменение структуры и функций объекта исследования в соответствии с выдвинутой гипотезой, формирование новых связей и отношений между компонентами объекта или между исследуемым объектом и другими объектами. Исследователь в соответствии со вскрытыми тенденциями развития объекта исследования преднамеренно создает условия, которые должны способствовать формированию новых свойств и качеств объекта.

Констатирующий эксперимент используется для проверки определенных предположений. В процессе этого эксперимента констатируется наличие определенной связи между воздействием на объект исследования и результатом, выявляется наличие определенных фактов.

Контролирующий эксперимент сводится к контролю за результатами внешних воздействий на объект исследования с учетом его состояния, характера воздействия и ожидаемого эффекта.

Поисковый эксперимент проводится в том случае, если затруднена классификация факторов, влияющих на изучаемое явление вследствие отсутствия достаточных предварительных (априорных) данных. По результатам поискового эксперимента устанавливается значимость факторов, осуществляется отсеивание незначимых.

Решающий эксперимент ставится для проверки справедливости основных положений фундаментальных теорий в том случае, когда две или несколько гипотез одинаково согласуются со многими явлениями. Это согласие приводит к затруднению, какую именно из гипотез считать правильной.

Решающий эксперимент дает такие факты, которые согласуются с одной из гипотез и противоречат другой.

Примером решающего эксперимента служат опыты по проверке справедливости ньютоновской теории истечения света и волнообразной теории Гюйгенса. Эти опыты были поставлены французским ученым Фуко (1819–1868). Они касались вопроса о скорости распространения света внутри прозрачных тел. Согласно гипотезе истечения, скорость света внутри таких тел должна быть больше, чем в пустоте. Но Фуко своими опытами доказал обратное, т.е. что в менее плотной среде скорость света большая. Этот опыт Фуко и был тем решающим опытом, кото-

рый решил спор между двумя гипотезами (в настоящее время гипотеза Гюйгенса заменена электромагнитной гипотезой Максвелла).

Другим примером решающего эксперимента может служить спор между Птолемеем и Коперником о движении Земли. Решающий опыт Фуко с маятником окончательно решил спор в пользу теории Коперника.

Лабораторный эксперимент проводится в лабораторных условиях с применением типовых приборов, специальных моделирующих установок, стендов, оборудования и т.д. Чаще всего в лабораторном эксперименте изучается не сам объект, а его образец. Этот эксперимент позволяет доброкачественно, с требуемой повторностью изучить влияние одних характеристик при варьировании других, получить хорошую научную информацию с минимальными затратами времени и ресурсов. Однако такой эксперимент не всегда полностью моделирует реальный ход изучаемого процесса, поэтому возникает потребность в проведении натурного эксперимента.

Натурный эксперимент проводится в естественных условиях и на реальных объектах. Этот вид эксперимента часто используется в процессе натурных испытаний изготовленных систем. В зависимости от места проведения испытаний натурные эксперименты подразделяются на ***производственные, полевые, полигонные, полунатурные и т.п***.

Практически во всех случаях основная научная проблема натурного эксперимента — обеспечить достаточное соответствие (адекватность) условий эксперимента реальной ситуации, в которой будет работать впоследствии создаваемый объект.

Центральными задачами натурного эксперимента являются:

- изучение характеристик воздействия среды на испытуемый объект;
- идентификация статистических и динамических параметров объекта;
- оценка эффективности функционирования объекта и проверка его на соответствие заданным требованиям.

Эксперименты могут быть открытыми и закрытыми, они широко распространены в психологии, социологии, педагогике. В открытом эксперименте его задачи открыто объясняются испытуемым, в закрытом — в целях получения объективных данных эти задачи скрываются от испытуемого.

Простой эксперимент используется для изучения объектов, не имеющих разветвленной структуры, с небольшим количеством взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, выполняющих простейшие функции.

В сложном эксперименте изучаются явления или объекты с разветвленной структурой (можно выделить иерархические уровни) и большим количеством взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, выполняющих сложные функции. Высокая степень связности элементов приводит к тому, что из-

менение состояния какого-либо элемента или связи влечет за собой изменение состояния многих других элементов системы. В сложных объектах исследования возможно наличие нескольких разных структур, нескольких разных целей.

Информационный эксперимент используется для изучения воздействия определенной (различной по форме и содержанию) информации на объект исследования (чаще всего информационный эксперимент используется в биологии, психологии, социологии, кибернетике и т.п.). С помощью этого эксперимента изучается изменение состояния объекта исследования под влиянием сообщаемой ему информации.

Вещественный эксперимент предполагает изучение влияния различных вещественных факторов на состояние объекта исследования. Например, влияние различных добавок на качество стали и т.п.

Энергетический эксперимент используется для изучения воздействия различных видов энергии (электромагнитной, механической, тепловой и т.д.) на объект исследования. Этот тип эксперимента широко распространен в естественных науках.

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. Они являются посредниками между экспериментатором и объектом исследования.

Модельный эксперимент в отличие от обычного 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,

Модельный эксперимент при расширении возможностей экспериментального исследования одновременно имеет и ряд недостатков, связанных с тем, что различие между моделью и реальным объектом может стать источником ошибок и, кроме того, экстраполяция результатов изучения поведения модели на моделируемый объект требует дополнительных затрат времени и теоретического обоснования правомочности такой экстраполяции.

Различие между орудиями эксперимента при моделировании позволяет выделить мысленный и материальный эксперимент.

Орудиями мысленного (умственного) эксперимента являются мысленные модели исследуемых объектов или явлений (чувственные образы, образно-знаковые модели, знаковые модели). Для обозначения мысленного эксперимента иногда пользуются терминами: идеализированный или воображаемый эксперимент.

Мысленный эксперимент является одной из форм умственной деятельности познающего субъекта, в процессе которой воспроизводится в воображении структура реального эксперимента.

Структура мысленного эксперимента включает: построение мысленной модели объекта исследования, идеализированных условий эксперимента и воздействий на объект; сознательное и планомерное изменение, комбинирование условий эксперимента и воздействий на объект; сознательное и точное применение на всех стадиях эксперимента объективных законов науки, благодаря чему исключается абсолютный произвол. В результате такого эксперимента формируются выводы.

Материальный эксперимент имеет аналогичную структуру. Однако в материальном эксперименте используются материальные, а не идеальные объекты исследования. Основное отличие материального эксперимента от мысленного в том, что реальный эксперимент представляет собой форму объективной материальной связи сознания с внешним миром, между тем как мысленный эксперимент является специфической формой теоретической деятельности субъекта.

Пассивный эксперимент предусматривает измерение только выбранных показателей (параметров, переменных) в результате наблюдения за объектом без искусственного вмешательства в его функционирование.

Примерами пассивного эксперимента является наблюдение за:

- интенсивностью, составом, скоростями движения транспортных потоков;
- числом заболеваний вообще или какой-либо определенной болезнью;
- работоспособностью определенной группы лиц;
- показателями, изменяющимися с возрастом;
- числом дорожно-транспортных происшествий и т.п.

Пассивный эксперимент, по существу, является наблюдением, которое сопровождается инструментальным измерением выбранных показателей состояния объекта исследования.

Активный эксперимент связан с выбором специальных входных сигналов (факторов) и контролирует вход и выход исследуемой системы.

Однофакторный эксперимент предполагает:

- выделение нужных факторов;
- стабилизацию мешающих факторов;
- поочередное варьирование интересующих исследователя факторов.

Стратегия многофакторного эксперимента состоит в том, что варьируются все переменные сразу и каждый эффект оценивается по результатам всех опытов, проведенных в данной серии экспериментов.

Технологический эксперимент направлен на изучение элементов технологического процесса (продукции, оборудования, деятельности работников и т.п.) или процесса в целом.

Социометрический эксперимент используется для измерения существующих межличностных, социально-психологических отношений в малых группах с целью их последующего изменения.

Для проведения эксперимента любого типа необходимо:

- разработать гипотезу, подлежащую проверке;
- создать программы экспериментальных работ;
- определить способы и приемы вмешательства в объект исследования;
- обеспечить условия для осуществления процедуры экспериментальных работ;
- разработать пути и приемы фиксирования хода и результатов эксперимента;
- подготовить средства эксперимента (приборы, установки, модели и т.п.);
- обеспечить эксперимент необходимым обслуживающим персоналом.

Особое значение имеет правильная разработка методик эксперимента.

Методика — это совокупное и. мыслительных и физических операций, размещенных в определенной последовательности, в соответствии с которой достигается цель исследования.

При разработке методик проведения эксперимента необходимо предусматривать:

- проведение предварительного целенаправленного наблюдения над изучаемым объектом или явлением с целью определения исходных данных (гипотез, выбора варьирующих факторов);
- создание условий, в которых возможно экспериментирование (подбор объектов для экспериментального воздействия, устранение влияния случайных факторов);
- определение пределов измерений; систематическое наблюдение за ходом развития изучаемого явления и точные описания фактов;
- проведение систематической регистрации измерений и оценок фактов различными средствами и способами;
- создание повторяющихся ситуаций, изменение характера условий и перекрестные воздействия, создание усложненных ситуаций с целью подтверждения или опровержения ранее полученных данных;
- переход от эмпирического изучения к логическим обобщениям, к анализу и теоретической обработке полученного фактического материала.

Перед каждым экспериментом составляется его план (программа), который включает:

1. Цель и задачи эксперимента;
2. Выбор варьирующих факторов;

3. Обоснование объема эксперимента, числа опытов;

4. Порядок реализации опытов, определение последовательности изменения факторов;

5. Выбор шага изменения факторов, задание интервалов между будущими экспериментальными точками;

6. Обоснование средств измерений;

7. Описание проведения эксперимента;

8. Обоснование способов обработки и анализа результатов эксперимента.

Результаты экспериментов должны отвечать трем статистическим требованиям:

- требование эффективности оценок, т.е. минимальность дисперсии отклонения относительно неизвестного параметра;

- требование состоятельности оценок, т.е. при увеличении числа наблюдений оценка параметра должна стремиться к его истинному значению;

требование несмещенности оценок — отсутствие систематических ошибок в процессе вычисления параметров.

Важнейшей проблемой при проведении и обработке эксперимента является совместимость этих трех требований.

План-программу рассматривает научный руководитель, обсуждают в научном коллективе и утверждают в установленном порядке.

При разработке плана-программы эксперимента всегда необходимо стремиться к его упрощению, наглядности без потери точности и достоверности. Это достигается предварительным анализом и сопоставлением результатов измерений одного и того же параметра различными техническими средствами, а также методов обработки полученных результатов. В условиях интенсификации проведения научных исследований важнейшее место в процессе подготовки эксперимента должно отводиться его автоматизации с вводом экспериментальных данных непосредственно в ЭВМ, с расчетом результирующих показателей, с автоматическим управлением хода эксперимента (последовательности к повторимости замеров, определение средних значений, построение и т.д.).

8.2. Элементы теории планирования эксперимента

Математическая теория эксперимента определяет условия оптимального проведения исследования, в том числе и при неполном знании физической сущности явления. Для этого используются математические методы при подготовке и проведении опытов, что позволяет исследовать и оптимизировать сложные системы и процессы, обеспечивать высокую эффективность эксперимента и точность определения исследуемых факторов.

Эксперименты обычно ставятся небольшими сериями по заранее согласованному алгоритму. После каждой небольшой серии опытов производится обработка результатов наблюдений и принимается строго обоснованное решение о том, что делать дальше.

При использовании методов математического планирования эксперимента возможно:

- решать различные вопросы, связанные с изучением сложных процессов и явлений;

- проводить эксперимент с целью адаптации технологического процесса к изменяющимся оптимальным условиям его протекания и обеспечивать таким образом высокую эффективность его осуществления и др.

Теория математического эксперимента содержит ряд концепций, которые обеспечивают успешную реализацию задач исследования:

- концепция рандомизации (процедура случайного выбора элементов статистической совокупности при проведении выборочного исследования);

- концепция последовательного эксперимента;

- концепция математического моделирования;

- концепция оптимального использования факторного пространства и ряд других.

Принцип рандомизации заключается в том, что в план эксперимента вводят элемент случайности. Для этого план эксперимента составляется таким образом, чтобы те систематические факторы, которые трудно поддаются контролю, учитывались статистически и затем исключались в исследованиях как систематические ошибки.

При последовательном проведении эксперимент выполняется не одновременно, а поэтапно, с тем, чтобы результаты каждого этапа анализировать и принимать решение о целесообразности проведения дальнейших исследований (рис.8.1). В результате эксперимента получают уравнение регрессии, которое часто называют моделью процесса.

Для конкретных случаев ***математическая модель*** создается исходя из целевой направленности процесса и задач исследования, с учетом требуемой точности решения и достоверности исходных данных.

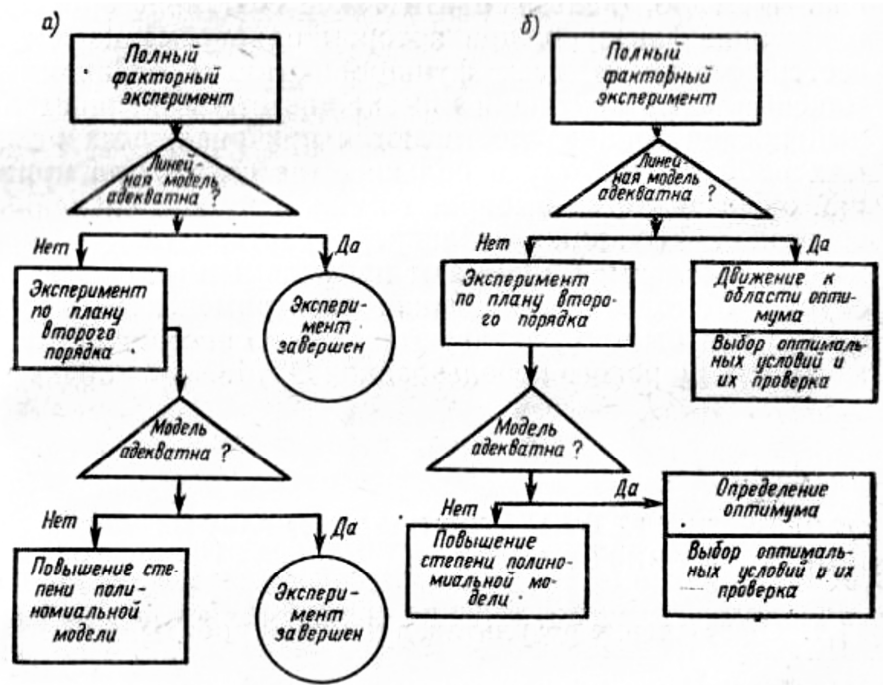

Рисунок8.1. Структурная схема эксперимента:
а) — с целью математического описания исследуемого процесса;
б) — с целью оптимизации исследуемого процесса

В настоящее время изданы каталоги планов эксперимента, в которых приводятся сравнительная оценка планов и рекомендации по их выбору применительно к конкретным условиям эксперимента.

Важное место в теории планирования эксперимента занимают ***вопросы оптимизации*** исследуемых процессов, свойств многокомпонентных систем или других объектов.

Как правило, нельзя найти такое сочетание значений влияющих факторов, при котором одновременно достигается экстремум всех функций отклика. Поэтому в большинстве случаев за критерий оптимальности выбирают лишь одну из переменных состояния функцию отклика, характеризующую процесс, а остальные принимают приемлемыми для данного случая.

Методы планирования эксперимента в настоящее время быстро развиваются, чему способствует возможность широкого использования ЭВМ.

Вычислительным экспериментом называется методология и технология исследований, основанные на применении прикладной математики и электронно-вычислительных машин как технической базы при использовании математических моделей.

В целом, вычислительный эксперимент основывается на создании математических моделей изучаемых объектов, которые формируются с помощью некоторой особой математической структуры, способной отражать свойства объекта, проявляемые им в различных экспериментальных условиях.

Однако эти математические структуры превращаются в модели лишь тогда, когда элементам структуры дается физическая интерпретация, когда устанавливается соотношение между параметрами математической структуры и экспериментально определенными свойствами объекта, когда характеристики элементов модели и самой модели в целом находят соответствие свойствам объекта.

Таким образом, математические структуры вместе с описанием соответствия экспериментально обнаруженным свойствам объекта и являются моделью изучаемого объекта, отражая в математической, символической (знаковой) форме объективно существующие в природе зависимости, связи и законы.

Каждый вычислительный эксперимент основывается как на математической модели, так и на приемах вычислительной математики. Современная вычислительная математика состоит из многих разделов развивающихся вместе с развитием электронно-вычислительной техники.

На основе математического моделирования и методов вычислительной математики создались теория и практика вычислительного эксперимента, технологический цикл которого принято разделять на следующие этапы.

1. Для исследуемого объекта строится модель, обычно сначала физическая, фиксирующая разделение всех действующих и рассматриваемом явлении факторов на главные и второстепенные, которые на данном этапе исследования отбрасываются.

Одновременно формулируются допущения и условия применимости модели, границы, в которых будут справедливы полученные результаты. Модель записывается в математических терминах, как правило, в виде дифференциальных или интегродиф-ференциальных уравнений.

2. Разрабатывается метод расчета сформулированной математической задачи. Эта задача представляется в виде совокупности алгебраических формул, по которым должны вестись вычисления и условия, показывающие последовательность применения этих формул; набор этих формул и условий носит название вычислительного алгоритма.

Вычислительный эксперимент имеет многовариантный характер, так как решения поставленных задач часто зависят от многочисленных входных параметров. Тем не менее, каждый конкретный расчет в вычислительном эксперименте проводится при фиксированных значениях всех параметров.

Между тем в результате такого эксперимента часто ставится задача определения оптимального набора параметров. Поэтому при создании оптимальной установки приходится проводить большое число расчетов однотипных вариантов задачи, отличающихся значением некоторых параметров. В связи с этим при организации вычислительного эксперимента можно использовать эффективные численные методы.

3. Разрабатываются алгоритм и программа решения задачи на ЭВМ. Программирование решений определяется теперь не только искусством и опытом исполнителя, а перерастает в самостоятельную науку со своими принципиальными подходами.

4. Проведение расчетов на ЭВМ. Результат получается в виде некоторой цифровой информации, которую далее необходимо будет расшифровать. Точность информации определяется при вычислительном эксперименте достоверностью модели, положенной в основу эксперимента, правильностью алгоритмов и программ (проводятся предварительные «тестовые» испытания).

5. Обработка результатов расчетов, их анализ и выводы. На этом этапе могут возникнуть необходимость уточнения математической модели (усложнения или, наоборот, упрощения), предложения по созданию упрощенных инженерных способов решения и формул, дающих возможности получить необходимую информацию более простым способом.

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

В науке и технике известно немало областей, в которых вычислительный эксперимент оказывается единственно возможным при исследовании сложных систем.

8.3. Метрологическое обеспечение экспериментальных исследований

Важное место в экспериментальных исследованиях занимают измерения.

Измерение — это нахождение физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.

Суть измерения составляет сравнение измеряемой величины с известной величиной, принятой за единицу (эталон).

Теорией и практикой измерения занимается метрология — наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

К основным проблемам метрологии относятся:

- общая теория измерений;
- единицы физических величин (величины, которым по определению присвоено числовое значение, равное единице) и их системы (совокупность основных и производных единиц, образованная в соответствии с некоторыми принципами, например, Международная система единиц — СИ);
- методы и средства измерений (к методам относят совокупность приемов использования принципов и технических средств, применяемых при измерениях и имеющих нормирование метрологических свойств);

- методы определения точности измерений;

- основы обеспечения единства измерений, при которых результаты измерения выражены в узаконенных единицах, а погрешности измерений известны с заданной вероятностью, что возможно при единообразии средств измерения (средства измерения должны быть проградуированы в узаконенных единицах и их метрологические свойства соответствуют нормам).

Важнейшие значения в метрологии отводятся эталонам и образцовым средствам измерений.

К эталонам относятся средства измерений (или комплекс средств измерений), обеспечивающих воспроизведение и хранение единицы с целью передачи ее размера нижестоящим средствам измерения.

Эталоны выполнены по особой спецификации. Эталонная база содержит более 120 государственных эталонов, в том числе, например, единицы длины, массы и др.

Образцовые средства измерений служат для проверки по ним рабочих (технических) средств измерения, постоянно используемых непосредственно в исследованиях.

Передача размеров единиц от эталонов или образцовых средств измерений рабочим средствам осуществляется государственными и ведомственными метрологическими органами, составляющими метрологическую службу, их деятельность обеспечивает единство измерений и единообразие средств измерений в стране.

Метрологическая служба связана со всей системой стандартизации в стране, поскольку метрология сама является по существу стандартизацией измерений и одной из основ стандартизации, так как обеспечивает достоверность, сопоставимость показателей качества, закладываемых в стандарты, дает методы определения и контроля таких показателей.

Основоположником метрологии как науки в нашей стране был великий русский ученый Д. И. Менделеев, создавший в 1893 г. Главную Палату мер и весов.

Методы измерения можно подразделить на прямые и косвенные.

При прямых измерениях искомую величину устанавливают непосредственно из опыта.

При косвенных — искомую величину определяют функционально от других величин, определенных прямыми измерениями, например $b = f(a)$, где b — величина, найденная с помощью косвенных измерений.

Различают также абсолютные и относительные измерения.

Абсолютные - это прямые измерения в единицах измеряемой величины.

Относительные измерения представляют собой отношение измеряемой

величины к одноименной величине, играющей роль единицы или измерения этой величины по отношению к одноименной, принимаемой за исходную. Например, влажность воздуха принимается в относительных единицах (процентах) по отношению к полному его водонасыщению.

В исследованиях применяются совокупные и совместные измерения.

При совокупных измерениях одновременно измеряются несколько одноименных величин, а искомую величину при этом находят путем решения системы уравнений.

При совместных измерениях — одновременно проводят измерения одноименных величин для нахождения зависимости между ними.

Выделяется несколько основных методов измерения.

Метод непосредственной оценки соответствует определению значения величины непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора прямого действия (например, измерение массы на циферблатных весах).

При использовании метода сравнения с мерой измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой (например, измерение массы на рычажных весах с уравновешиванием гирями).

При методе противопоставления осуществляется сравнение с мерой (измеряемая величина и величина, воспроизводимая мерой, одновременно воздействуют на прибор, с помощью которого устанавливается соотношение между этими величинами, как, например, при измерении массы на равноплечных весах с помещением измеряемой массы и гирь на двух противоположных чашках весов).

При дифференциальном методе на измерительный прибор воздействует разность измеряемой и известной величины, воспроизводимой мерой (например, измерения, выполняемые при проверке мер длины сравнением с образцовой мерой на компараторе).

При нулевом методе результирующий эффект воздействия величины на прибор доводят до нуля (например, измерение электрического сопротивления мостом с полным его уравновешиванием).

При методе замещения измеренную величину замещают известной величиной, воспроизводимой мерой (например, взвешивание с поочередным помещением измеряемой массы и гири на одну и ту же чашку весов).

При методе совпадений разность между измеряемой величиной и величиной воспроизводимой мерой измеряется с использованием совпадения отметок шкал или периодических сигналов.

Неотъемлемой частью экспериментальных исследований являются ***средства измерений***, т.е. совокупность технических средств, имеющих нормированные погрешности, которые дают необходимую информацию для экспериментатора.

К средствам измерений относят меры, измерительные приборы, установки и системы.

Простейшим средством измерения является мера, предназначенная для воспроизведения физической величины заданного размера (например, гиря — мера массы).

Измерительным прибором называют средство измерения, предназначенное для получения определенной информации об изучаемой величине в удобной для экспериментатора форме. В этих приборах измеряемая величина преобразуется в показание или сигнал. Они состоят из двух основных узлов: воспринимающего сигнал и преобразующего в показание.

Приборы классифицируют, например, по способу отсчета значения измеряемой величины на показывающие и регистрирующие. Приборы также классифицируют по точности измерений, стабильности показаний, чувствительности, пределам измерения и др.

Измерительная установка (стенд) представляет собой систему, состоящую из основных и вспомогательных средств измерений, предназначенных для измерения одной или нескольких величин. Установки включают в себя различные средства измерений и преобразователи, предназначенные для одно- или многоступенчатого преобразования сигнала до такого уровня, чтобы можно было зафиксировать его измерительным механизмом.

Измерительные установки могут вырабатывать также сигналы, удобные для автоматической обработки результатов измерений.

Измерительные приборы (отсчетные устройства) характеризуются:

- величиной погрешности;
- точностью;
- стабильностью измерений;
- чувствительностью.

Погрешности приборов бывают абсолютными и относительными.

Под абсолютной погрешностью измерительного прибора принимается величина

$$b = \pm\left(x_{И} - x_{Д}\right),$$

где $x_{И}$ — показания прибора (номинальное значение измеряемой величины);

$x_{Д}$ — действительное значение измеренной величины, полученное более точным методом.

Погрешность средства измерения — одна из важнейших его характеристик. Она возникает вследствие недоброкачественных материалов, комплектующих изделий, применяемых для приготовления приборов; плохого качества изготовления приборов; неудовлетворительной эксплуатации и др.

Существенное влияние оказывают градуировка шкалы и периодическая поверка приборов. Кроме этих систематических погрешностей возникают случайные, обусловленные сочетаниями случайных факторов - ошибками отсчета, параллаксом, вариацией и т.д.

Таким образом, необходимо рассматривать не какие-либо отдельные, а суммарные погрешности приборов.

Относительная погрешность определяется отношением

$$b_{ОТН} = \pm \frac{\left(x_И - x_Д\right)}{x_Д} \cdot 100\% .$$

Суммарные погрешности, установленные при нормальных условиях ($t_В = 20^\circ$; влажность воздуха 80%; $p = 1.01325 \cdot 10^5 \ Н/м^2$), называют ***основными погрешностями прибора***.

Диапазоном измерений называют ту часть диапазона показаний прибора, для которой установлены погрешности прибора (если известны погрешности прибора, то диапазон измерений и показаний прибора совпадает).

Размахом называют разность между максимальным и минимальным показаниями прибора. Если эта величина непостоянная, т.е. если при обратном ходе имеется увеличение или уменьшение хода, то эту разность называют вариацией показаний W.

Величина W — это простейшая характеристика погрешности прибора.

Другой характеристикой прибора является его ***чувствительность***, т.е. способность отсчитывающего устройства реагировать на изменения измеряемой величины.

Под порогом чувствительности прибора понимают наименьшее значение измеренной величины, вызывающее изменение показания прибора, которое можно зафиксировать.

Основной характеристикой прибора является его ***точность***. Она характеризуется суммарной погрешностью.

Средства измерения делятся на классы точности.

Класс точности — это обобщенная характеристика, определяемая пределами основной и дополнительных допускаемых погрешностей, влияющих на точность.

Стабильность (воспроизводимость прибора) — это свойство отсчетного устройства обеспечивать постоянство показаний одной и той же величины. Со временем в результате старения материалов стабильность показаний приборов нарушается.

Стабильность прибора определяется вариацией показания. Поэтому при установлении стабильности нормируют величину допускаемой вариации $W_Д$. Поскольку вариация принимается с одним знаком, а допускаемая погрешность имеет положительные или отрицательные значения, то

$$W_Д = 0.5 \cdot b_Д ,$$

где $b_Д$ — допустимая относительная погрешность прибора.

Все средства измерения (приборы, используемые для измерения в научных исследованиях) проходят ***периодическую поверку на точность***. Такая поверка предусматривает определение и по возможности уменьшение погрешностей приборов.

Поверка позволяет установить соответствие данного прибора регламентированной степени точности и определяет возможность его применения для данных измерений, т.е. определяются погрешности и устанавливается, не выходят ли они за пределы допускаемых значений.

Поверку средств измерений производят на различных уровнях - от специальных государственных организаций до низовых звеньев. Государственные метрологические институты и лаборатории по надзору за стандартами и измерительной техникой производят государственный контроль за обеспечением в стране единства мер.

На высокоточные измерительные средства государственные метрологические организации выдают специальное свидетельство, в котором после поверки указывают номинальные значения измеряемой величины, класс точности, предельную допускаемую погрешность, результаты поверки погрешности прибора в виде таблиц, вариации измерений. Для приборов меньшей ответственности свидетельство может не выдаваться и заменяться лишь указанием о том, что прибор удовлетворяет требованиям стандарта или инструкции. Вместо инструкции прибор (или футляр) снабжают клеймом поверки.

Таким образом, метрологическое обеспечение научных исследований и особенно обеспечение единства измерений и однообразия средств измерения является важнейшим фактором успешного проведения научных исследований. Без успешного развития метрологии невозможен прогресс в развитии пауки и, наоборот, без успешного развития науки невозможен прогресс в метрологии.

Тема №9. Методы обработки результатов измерений и оценки погрешностей

9.1. Этапы проведения измерений

Известно, что целью любого измерения является получение количественной информации о величине исследуемого объекта, под которым понимаются реально существующие объекты (детали, процессы, поля, явления и т.д.), а также взаимодействия между ними.

Измерение может производиться как в познавательных (изучение элементарных частиц, организма человека и т.д.), так и в прикладных (управление конкретным технологическим процессом, контроль качества продукции) задачах. Существует тесная взаимосвязь между научно-техническим прогрессом и достижениями в области измерений и измерительной техники. Важной составной частью большинства научно-исследовательских работ являются измерения, позволяющие установить количественные соотношения и закономерности изучаемых явлений.

Прогресс в области измерений способствовал и способствует многим новым открытиям, а достижения науки, в свою очередь — совершенствованию методов и средств измерений (например, благодаря использованию лазеров, микроэлектроники и т.п.)

Любое современное производство должно быть оснащено измерительными средствами, позволяющими осуществлять точный и объективный контроль технологического процесса. От этого зависят уровень качества продукции и производительность. В автоматизированном производстве своевременное получение необходимой достоверной измерительной информации является одним из важнейших условий качественного управления объектом регулирования. С другой стороны, развитие и совершенствование технологических процессов в области получения новых материалов и элементов создают возможности для совершенствования и создания принципиально новых средств измерительной техники.

Первым прорабатывается вопрос о ***предварительной модели объекта.*** При этом должна привлекаться вся имеющаяся в распоряжении информация. Должна использоваться имеющаяся информация о статистических характеристиках объекта измерения. В случае, если возникает сомнение в адекватности выбранной модели, то следует провести предварительно дополнительные измерения и уточнить модель либо выбрать средство измерения, не реагирующее на отклонения одного или нескольких неинформативных параметров объекта измерения. При определении модели объекта возможны варианты. Выбор того или другого из них определяется целью, задачами и условиями измерений.

Правильный выбор модели позволит адекватно оценить результаты измерений и получить необходимую точность.

Следующий этап подготовки — ***обоснование необходимой точности эксперимента.*** Проработка этого вопроса должна вестись с учетом поставленной цели измерений при ряде ограничений, связанных с техническими возможностями, материальными и временными затратами и пр. Точность измерений должна соответствовать их основной цели. Избыточность по точности ведет к необоснованному усложнению и удорожанию эксперимента. Точность эксперимента во многом определяется выбором метода, средств и условиями измерений. Задача решается перебором возможных вариантов состава и степени влияния, составляющих суммарной погрешности, которая должна не превышать заданного значения. Принимается вариант, в наибольшей степени удовлетворяющий требованиям удобства, простоты при соблюдении необходимой точности.

Важным этапом подготовки из мерительного эксперимента является ***разработка методики проведения эксперимента,*** под которой понимается совокупность действий с использованием различных способов и средств, обеспечивающих измерения с необходимой точностью. В число средств, используемых согласно методике, входят средства измерений, вычислительные и различные вспомогательные средства. Особое место при разработке методики занимает выбор вида измерений: прямых, косвенных, совместных или совокупных, а также метода измерений: непосредственной оценки, сравнения с мерой и т.д. Решается также вопрос, производится ли одно — или многократные измерения. В результате данного этапа подготовки разрабатывается схема измерений, план проведения эксперимента, подготавливается методика обработки результатов наблюдений и оценки влияния условия измерений на их результаты.

Необходимым этапом подготовки измерительного эксперимента является ***выбор средств измерений***. Используемые в эксперименте средства измерений должны соответствовать принятым моделям, измеряемым величинам, целям и условиям проведения эксперимента. Возможны варианты, связанные с необходимостью автоматической регистрации результатов наблюдений, представления результатов в аналоговой или цифровой форме, ввода полученной измерительной информации в ЭВМ и пр. Однако каждый из вариантов должен прорабатываться на соответствие метрологических характеристик используемого средства измерений установленным требованиями по точности и их влиянию на результаты измерений.

Одним из основных разделов методики проведения измерительного эксперимента должен быть раздел, посвященный ***обработке результатов измерений***(наблюдений) с целью установления значений измеряемой величины и оценки погрешности полученного результата измерения.

9.2. Классификация погрешностей

Опыт показывает, что вследствие неточности измерительных приборов, несовершенства органов чувств, неполноты наших знаний, трудности учета всех побочных явлений, при многократном повторении одного и того же измерения получаются разные числовые значения изучаемой физической величины. Так бывает, даже если измерения производить в совершенно одинаковых условиях (равноточные измерения). При практическом использовании результатов тех или иных измерений возникает вопрос об истинном значении изучаемой физической величины, о точности измерения.

Термин «точность измерения», т.е. степень приближения результатов измерения к некоторому действительному значению, используется для качественного сравнения измерительных операций. Для количественной оценки используется понятие «погрешность (ошибка) измерений». Эти термины тесно связаны друг с другом: чем меньше погрешность, тем выше точность. Оценка погрешности измерений - одно из важных мероприятий по обеспечению достоверности измерений.

Количество факторов, влияющих на точность измерений, достаточно велико, и любая классификация погрешностей измерений в известной мере условна.

Погрешность измерения — это отклонение результата измерений *x* от истинного *x0* (действительного) значения измеряемой величины. В зависимости от формы представления различают абсолютную, относительную и приведенную погрешности измерений.

Абсолютная погрешность измерения определяется как разностьмежду истинным и измеренным значениями физической величины. Абсолютная погрешность может быть положительной или отрицательной в зависимости от того уменьшен или увеличен результат измерения по отношению к истинному значению.

Относительная погрешность — отношение абсолютной погрешности к истинному значению или к результату измерения. Относительная погрешность чаще всего выражается в процентах.

Приведенная погрешность — отношение абсолютной погрешности к нормированному значению, выраженное в процентах. В качестве нормированного значения может быть взято максимальное или минимальное значение измеряемой величины.

В зависимости от характера проявления, причин возникновения и возможностей устранения различают систематическую и случайную составляющую погрешности измерения, а также грубые погрешности (промахи).

Систематические погрешности (ошибки) — это погрешности, которые сохраняют величину и знак от опыта к опыту, при равноточных измерениях.

Типичными источниками систематических погрешностей бывают:

- несовершенство используемой измерительной аппаратуры;
- несовершенство используемого метода измерений;
- плохая настройка измерительной аппаратуры;
- недостаточное постоянство условий опыта;
- влияние окружающей среды;
- постоянные ошибки экспериментатора;
- неучтенные влияния других параметров.

Систематические погрешности считаются потенциально устранимыми. Чтобы избежать или уменьшить систематические погрешности необходимо критически относиться к методам исследования, совершенствуя их, применяя более точные приборы, следя за их исправностью и т.д.

Случайные погрешности (ошибки) — это погрешности, изменяющие свою величину или знак от опыта к опыту, при измерениях, выполненных одинаковым образом и при одинаковых условиях. Случайные погрешности обуславливаются большим числом случайных причин, действующих в каждом отдельном измерении различным, неизвестным образом. К числу таких причин относятся случайные вибрации отдельных частей прибора, различные изменения в среде (температурные, оптические, электрические, магнитные воздействия, изменение влажности, колебание воздуха), трение, физиологическое изменение органов чувств (например, утомление) и множество других причин, которые практически невозможно исключить. Предсказать величину случайной погрешности для одного измерения в принципе невозможно. Поэтому приходится повторять измерения до определенного разумного предела, а полученную совокупность результатов обрабатывать с помощью методов теории вероятностей и математической статистики.

Промахи или грубые погрешности (ошибки) — это ошибочные измерения или наблюдения, возникающие в результате небрежности при отсчете по прибору или неразборчивой записи показаний, при неправильном включении прибора, или при нарушении условий, в которых должен проводиться опыт (изменение напряжения, загрязнение материала и т.д.). Такие ошибочные данные следует отбросить или сделать повторные (контрольные) измерения.

9.3. Обработка результатов измерений

Различают прямые и косвенные измерения. ***При прямых измерениях*** искомое значение величины находят непосредственно путем наблюдений (например, измерение длины линейкой, силы тока — амперметром, массы — пружинными весами). ***При косвенных измерениях*** искомое значение величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, определенными в прямых измерениях (например: определение площади прямоугольника по длине его сторон, силы тока — по напряжению и сопротивлению электрической цепи и т. п.).

Обычно измерения проводят многократно, путем нескольких наблюдений. Проводя многократные измерения, всегда получают совокупность результатов отдельных наблюдений *xi*. Математическая обработка результатов измерений позволяет определить интервал значений, а также вероятность P, с которой величина оказывается в этом интервале. Область значений называется [a, b] доверительным интервалом, а соответствующее ему значение P — доверительной вероятностью б. Для большинства технических измерений, а также при физических измерениях погрешностей производят для доверительной вероятности б=0,95.

9.3.1. Обработка результатов прямых измерений

На практике принят следующий порядок обработки результатов измерений:

1. В результате прямых многократных измерений получаем n значений измеряемой величины: x1, x2,x3,…, xn;

2. Находим среднее (наиболее вероятное) значение искомой величины по формуле;

3. Определяем оценку среднеквадратического отклонения результата из n измерений по формуле;

4. В зависимости от числа проведенных измерений n и для доверительной вероятности находим коэффициент Стьюдента;

5. По паспорту измерительного прибора определяем инструментальную погрешность Дхи. Величина этой погрешности определяется классом точности или указывается в паспорте прибора как предельная погрешность, т. е. для доверительной вероятности б=0,9971. Поэтому при принятом значении б=0,95 инструментальную погрешность результата измерений следует учитывать с коэффициентом 2/3;

6. Находим абсолютную погрешность по формуле;

7. Находим относительную погрешность по формуле;

8. Округляем абсолютную и относительную погрешности до двух значащих цифр (если первая из них меньше или равна 3) или до одной значащей цифры (если первая из них больше 3);

9. Округляем результат измерения. Число значащих цифр результата измерений должно быть ограничено порядком величины абсолютной погрешности;

10. Записываем результат измерений с указанием единиц
X=(…)ед.; …%; =0,95.

9.3.2 Обработка результатов косвенных измерений

При косвенных измерениях физическая величина определяется функциональной зависимостью z = *f*(x1, x2, x3, …, xn), где x1, x2, x3, xn - непосредственно измеряемые величины или же величины.

Обработка результатов косвенных измерений проводится в следующей последовательности:

1. Находим средние значения и погрешности (абсолютную и относительную) каждой из непосредственно измеренных величин: x1, x2, x3,…, xn. Погрешности и определяются из прямых измерений или же, как инструментальная погрешность прибора при доверительной вероятности б=0,95;

2. Находится значение $z_{ср}$ искомой величины при средних арифметических значениях параметров;

3. Определение погрешности величины $z_{ср}$ можно выполнить одним из двух способов, имея в виду, что абсолютная погрешность Δ равна разности между результатом измерения и истинным значением измеряемой величины: $\Delta=X-X_{и}$. Относительная погрешность δ представляет собой отношение абсолютной погрешности измерения к истинному значению измеряемой величины, выраженное в процентах: $\delta = \frac{\Delta}{X} \cdot 100\%$.

Способ 1. Вначале определяется абсолютная погрешность. Затем определяется относительная погрешность.

Способ 2. Вначале определяется относительная погрешность. Затем определяется абсолютная погрешность по формуле

4. Округляем погрешности;

5. Округляем результат косвенных измерений и записываем с указанием единиц по следующей форме: z = (…)ед.; …%; = 0,95.

9.3.3 Обработка результатов совокупных измерений

Совокупными называются проводимые одновременно измерения нескольких одноименных величин, при которых их искомые значения находят решением системы уравнений, получаемых при прямых измерениях различных сочетаний этих величин. ***Совместными*** называются проводимые одновременно измерения двух или нескольких не одноименных величин для установления зависимости между ними. Как видно из приведенных определений, эти два вида измерений весьма близки друг к другу. В обоих случаях искомые значения находятся в результате решения системы уравнений, коэффициенты в которых получены путем прямых измерений. Отличие состоит в том, что при совместных измерениях одновременно определяются несколько одноименных величин, а при совокупных - разноименных.

Косвенные, совместные и совокупные измерения объединяются одним принципиально важным общим свойством: их результаты определяются расчетом по известным функциональным зависимостям между измеряемыми величинами и величинами, подвергаемыми прямым измерениям. Различие между этими видами измерений заключается только в виде функциональной зависимости, используемой при расчетах. При косвенных измерениях она выражается одним уравнением в явном виде, при совместных и совокупных системой неявных уравнений.

Таким образом, в основе любого измерительного процесса, независимо от объекта измерения, измеряемой физической величины, принципа измерения, способа обработки информации, лежат одни и те же закономерности. Точное описание измерительный процедур опирается на определение цели и особенностей измерений. Это выражается в алгоритмизации измерений, когда содержательное описание процедур и результатов заменяется формализованным.

Любое современное производство должно быть оснащено измерительными средствами, позволяющими осуществлять точный и объективный контроль технологического процесса. От этого зависят уровень качества продукции и производительность. В автоматизированном производстве своевременное получение необходимой достоверной измерительной информации является одним из важнейших условий качественного управления оборудованием. С другой стороны, развитие и совершенствование технологических процессов в области получения новых материалов и элементов создают возможности для совершенствования и создания принципиально новых средств измерительной техники.

Тема №10. Основы теории случайных ошибок при измерениях

10.1. Основа теории случайных ошибок при измерениях

Анализ случайных погрешностей основывается на теории случайных ошибок, дающей возможность с определенной гарантией вычислить действительное значение измеренной величины и оценить возможные ошибки.

Основу теории случайных ошибок составляют следующие предположения:

- при большом числе измерений случайные погрешности одинаковой величины, но разного знака встречаются одинаково часто;

- большие погрешности встречаются реже, чем малые (вероятность появления погрешности уменьшается с ростом ее величины);

- при бесконечно большом числе измерении истинное значение измеряемой величины равно среднеарифметическому значению всех результатов измерений;

- появление того или иного результата измерения как случайного события описывается нормальным законом распределения.

На практике различают генеральную и выборочную совокупность измерений.

Под генеральной совокупностью подразумевают все множество возможных значений измерений x_i или возможных значений погрешностей Δx_i.

Для выборочной совокупности число измерений n ограничено, и в каждом конкретном случае строго определяется. Считают, что, если $n > 30$, то среднее значение данной совокупности измерений $\bar{x}$ достаточно приближается к его истинному значению.

10.2. Интервальная оценка с помощью доверительной вероятности

Для большой выборки и нормального закона распределения общей оценочной характеристикой измерения являются дисперсия D и коэффициент вариации k_B:

$$D = \sigma^2 = \sum_{i=1}^{n} \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1};\ k_B = \sigma / \bar{x}. \qquad (10.1)$$

Дисперсия характеризует однородность измерения. Чем выше D, тем больше разброс измерений.

Коэффициент вариации характеризует изменчивость. Чем выше k_B, тем больше изменчивость измерений относительно средних значений.

Для оценки достоверности результатов измерений вводятся в рассмотрение понятия доверительного интервала и доверительной вероятности.

Доверительным называется интервал значений x_i, в который попадает истинное значение $x_Д$ измеряемой величины с заданной вероятностью.

Доверительной вероятностью (достоверностью) измерения называется вероятность того, что истинное значение измеряемой величины попадает в данный доверительный интервал, т.е. в зону $a \le x_Д \le b$. Эта величина определяется в долях единицы или в процентах

$$P_Д = P\left[a \le x_Д \le b\right] = 0.5\left[\frac{\varphi\left(b-\bar{x}\right)}{\sigma} - \frac{\varphi\left(a-\bar{x}\right)}{\sigma}\right],$$

где $\varphi(t)$ — интегральная функция Лапласа (табл.10.1)

Интегральная функция Лапласа определяется следующим выражением:

$$\varphi(t) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}}\int_0^{t_i} e^{-\frac{t^2}{2}}dt\,.$$

Аргументом этой функции является ***гарантийный коэффициент***:

$$t = \frac{\mu}{\sigma}, \quad где \quad \mu = \left(b-\bar{x}\right); \quad \mu = -(a-\bar{x})\,. \qquad (10.2)$$

Таблица 10.1

Интегральная функция Лапласа

t	$P_д$	t	$P_д$	t	$P_д$
0,00	0,0000	0,75	0,5467	1,50	0,8664
0,05	0,0399	0,80	0,5763	1,55	0,8789
0,10	0,0797	0,85	0,6047	1,60	0,8904
0,15	0,1192	0,90	0,6319	1,65	0,9011
0,20	0,1585	0,95	0,6579	1,70	0,9109
0,25	0,1974	1,00	0,6827	1,75	0,9199
0,30	0,2357	1,05	0,7063	1,80	0,9281
0,35	0,2737	1,10	0,7287	1,85	0,9357
0,40	0,3108	1,15	0,7419	1,90	0,9426
0,45	0,3473	1,20	0,7699	1,95	0,9488
0,50	0,3829	1,25	0,7887	2,00	0,9545
0,55	0,4177	1,30	0,8064	2,25	0,9756
0,60	0,4515	1,35	0,8230	2,50	0,9876
0,65	0,4843	1,40	0,8385	3,00	0,9973
0,70	0,5161	1,45	0,8529	4,00	0,9999

Если же на основе определенных данных установлена доверительная вероятность $P_Д$ (часто ее принимают равной $0.90; 0.95; 0.9973$), то устанавливается ***точность измерений*** (***доверительный интервал*** 2μ) на основе соотношения

$$P_Д = \varphi(\mu/\sigma).$$

Половина доверительного интервала равна

$$\mu = \sigma \arg\varphi(P_Д) = t\sigma, \qquad (10.3)$$

где $\arg\varphi(P_Д)$ — аргумент функции Лапласа, если $n \geq 30$ (табл. 10.1);

$\arg\varphi(P_Д)$ — функции Стьюдента, если $n < 30$ (табл.10.2).

Таким образом, доверительный интервал характеризует точность измерения данной выборки, а доверительная вероятность — достоверность измерения.

Пример. Выполнено 30 измерений прочности дорожного покрытия участка автомобильной дороги при среднем модуле упругости $E = 170\ МПа$ и вычисленном значении среднеквадратического отклонения $\sigma = 3.1\ МПа$.

Необходимо определить требуемую точность измерений для разных уровней доверительной вероятности $0.90; 0.95; 0.9973$, приняв значения t по табл.10.1. В этом случае соответственно:

$\mu = \pm 3.1 \cdot 1.65 = 5.1; \quad \pm 3.1 \cdot 2.0 = 6.2; \quad \pm 3.1 \cdot 3.0 = 9.3\ МПа$.

Следовательно, для данного средства и метода измерений доверительный интервал возрастает примерно в 2 раза, если увеличить $P_Д$ только на 10%.

Таблица 10.2

Коэффициент Стьюдента $\alpha_{СТ}$

n	$P_д$					
	0,80	0,90	0,95	0,99	0,995	0,999
2	3,080	6,31	12,71	63,70	127,30	637,20
3	1,886	2,92	4,30	9,92	14,30	31,60
4	1,638	2,35	3,188	5,84	7,50	12,94
5	1,533	2,13	2,77	4,60	5,60	8,61
6	1,476	2,02	2,57	4,03	4,77	6,86
7	1,440	1,94	2,45	3,71	4,32	9,95
8	1,415	1,90	2,36	3,50	4,03	5,40
9	1,397	1,86	2,31	3,36	3,83	5,04
10	1,383	1,83	2,26	3,25	3,69	4,78
12	1,363	1,80	2,20	3,11	3,50	4,49
14	1,350	1,77	2,16	3,01	3,37	4,22
16	1,341	1,75	2,13	2,95	3,29	4,07
18	1,333	1,74	2,11	2,90	3,22	3,96
20	1,328	1,73	2,09	2,86	3,17	3,88
30	1,316	1,70	2,04	2,75	3,20	3,65
40	1,306	1,68	2,02	2,70	3,12	3,55
50	1,298	1,68	2,01	2,68	3,09	3,50
60	1,290	1,67	2,00	2,66	3,06	3,46
∞	1,282	1,64	1,96	2,58	2,81	3,29

Пример. Определить достоверность измерений для установленного доверительного интервала $\mu = \pm 7\ МПа$.

По формуле (10.2) имеем: $t = \frac{\mu}{\sigma} = \frac{7}{3.1} = 2.26$.

По табл.10.1для $t = 2.26$ определяем $P_Д = 0.97$.

Это означает, что в заданный доверительный интервал из 100 измерений не попадают только 3.

Значение $(1 - P_Д)$ ***называют уровнем значимости***. Из него следует, что при нормальном законе распределения погрешность, превышающая доверительный интервал, будет встречаться один раз из $n_И$ измерений, где

$$n_И = \frac{P_Д}{1 - P_Д}. \qquad (10.4)$$

Это означает, что приходится браковать одно из $n_И$ измерений.

По данным приведенных выше примеров можно вычислить количество измерений, из которых одно измерение превышает доверительный интервал.

Если $P_Д = 0.9$, то по формуле (10.4) определяется $n_И = 0.9/(1-0.9) = 9$ измерений.

Если $P_Д$ равна 0.95 и 0.9973, соответственно 19 и 367 измерений.

10.3. Определение минимального количества измерений

Для проведения опытов с заданной точностью и достоверностью необходимо знать то количество измерений, при котором экспериментатор уверен в положительном исходе.

В связи с этим одной из первоочередных задач при статистических методах оценки является установление минимального, но достаточного числа измерении для данных условий.

Задача сводится к установлению минимального объема выборки (числа измерении) $N_{\min}$ при заданных значениях доверительного интервала 2μ и доверительной вероятности $P_Д$.

При выполнении измерений необходимо знать их точность:

$$\Delta = \frac{\sigma_0}{\bar{x}}; \quad \sigma_0 = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \qquad (10.5)$$

где σ_0 — среднеарифметическое значение среднеквадратического отклонения σ.

Значение σ_0 часто называют ***средней ошибкой***.

Доверительный интервал ошибки измерения Δ определяется выражением

$$\mu = t\sigma_0 .$$

С помощью t легко определить доверительную вероятность ошибки измерений по табл.10.1.

В исследованиях часто по заданной точности Δ и доверительной вероятности измерения определяют минимальное количество измерений, гарантирующих требуемые значения Δ и $P_Д$.

При $N_{\min} = n$ получаем:

$$N_{\min} = \frac{\sigma^2 t^2}{\Delta^2}. \qquad (10.6)$$

Для определения $N_{\min}$ может быть принята такая последовательность вычислений:

1. Проводится предварительный эксперимент с количеством измерений n, которое составляет в зависимости от трудоемкости опыта от 20 до 50;

2. Вычисляется среднеквадратическое отклонение σ по формуле (10.1);

3. В соответствии с поставленными задачами эксперимента устанавливается требуемая точность измерений Δ, которая не должна превышать точности прибора;

4. Устанавливается нормированное отклонение t, значение которого обычно задается (зависит также от точности метода);

5. По формуле (10.6) определяют $N_{\min}$ и в дальнейшем в процессе эксперимента число измерений не должно быть меньше $N_{\min}$.

Пример. При приемке сооружений комиссия в качестве одного из параметров замеряет их ширину. Согласно инструкции требуется выполнять 25 измерений. Допускаемое отклонение параметра $\Delta = \pm 0.1\ м$. Если предварительно вычисленное значение $\sigma = 0.4\ м$, то можно определить, с какой достоверностью комиссия оценивает данный параметр.

Из формулы (10.6) можно записать:

$$t = \sqrt{n} \cdot \Delta / \sigma = \sqrt{25} \cdot 0.1 / 0.4 = 1.25.$$

В соответствии с табл.10.1 доверительная вероятность для $t = 1.25 P_Д = 0.79$.

Это низкая вероятность.

Погрешность, превышающая доверительный интервал $2\mu = 0.2\ м$, согласно выражению (10.4) будет встречаться один раз из $0.79/(1-0.79) = 3.37$, т.е. из четырех измерений. Это недопустимо.

В связи с этим необходимо вычислить минимальное количество измерений с доверительной вероятностью $P_Д$, равной 0.9 и 0.95.

По формуле (10.6) имеем $N_{\min} = 0.4^2 \cdot 1.65^2 / 0.1^2 = 43$ измерения при $P_Д = 0.90$ и 64 измерения при $P_Д = 0.95$, что значительно превышает установленные 25 измерений.

Для нахождения границы доверительного интервала при малых значениях ($n < 30$) применяют метод, предложенный в 1908 г. английским математиком Госсетом В.С. (псевдоним Стьюдент).

Кривые распределения Стьюдента в случае $n \to \infty$ (практически при $n > 20$) переходят в кривые нормального распределения (рис.10.1).

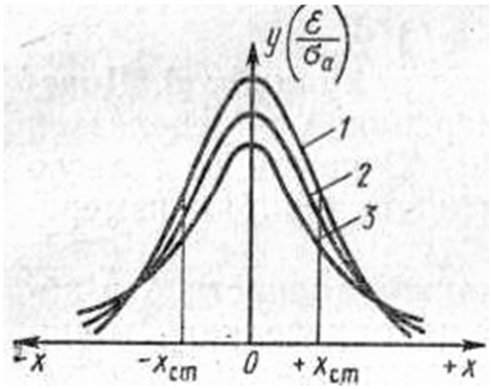

Рисунок 10.1. Кривые распределения Стьюдента для различных значений: *1* - при $n \to \infty$; *2* - при $n = 10$; *3* - при $n = 2$

Для малой выборки доверительный интервал

$$\mu_{CT} = \sigma_0 \alpha_{CT}, \qquad (10.7)$$

где α_{CT} — коэффициент Стьюдента, принимаемый по табл.10.2 в зависимости от значения доверительной вероятности $P_Д$.

Зная μ_{CT}, можно вычислить действительное значение изучаемой величины для малой выборки

$$x_Д = \bar{x} \pm \mu_{CT}. \qquad (10.8)$$

Возможна и иная постановка задачи.

По n — известных измерений малой выборки необходимо определить доверительную вероятность $P_Д$ при условии, что погрешность среднего значения не выйдет за пределы $\pm \mu_{CT}$.

Задачу решают в такой последовательности:

1. Вначале вычисляется среднее значение $\bar{x}, \sigma_0$ и $\alpha_{CT} = \mu_{CT} / \sigma_0$.

2. С помощью величины α_{CT}, известного n и табл.10.2 определяют доверительную вероятность.

В процессе обработки экспериментальных данных следует исключить грубые ошибки ряда. Появление этих ошибок вполне вероятно, а наличие их ощутимо влияет на результат измерений. Однако прежде чем исключить то или иное измерение, необходимо убедиться, что это действительно грубая ошибка, а не отклонение вследствие статистического разброса.

Известно несколько методов определения грубых ошибок статистического ряда. Наиболее простым способом исключения из ряда резко выделяющегося измерения является правило "трех сигм": разброс случайных величин от среднего значения не должен превышать

$$x_{\max,\min} = \bar{x} \pm 3\sigma. \qquad (10.9)$$

Более достоверными являются методы, базируемые на использовании доверительного интервала.

Пусть имеется статистический ряд малой выборки, подчиняющийся закону нормального распределения. При наличии грубых ошибок критерии их появления вычисляются по формулам

$$\beta_1 = \frac{x_{\max} - \bar{x}}{\sigma\sqrt{\frac{n-1}{n}}}; \quad \beta_2 = \frac{\bar{x} - x_{\min}}{\sigma\sqrt{\frac{n-1}{n}}}, \qquad (10.10)$$

где $x_{\max}$, $x_{\min}$ — наибольшее и наименьшее значения из n измерений.

В табл. 10.3 приведены максимальные значения $\beta_{\max}$, возникающие вследствие статистического разброса, в зависимости от доверительной вероятности.

Если $\beta_1 > \beta_{\max}$, то значение $x_{\max}$ необходимо исключить из статистического ряда как грубую погрешность.

Если $\beta_2 < \beta_{\max}$ исключается величина $x_{\min}$.

После исключения грубых ошибок определяют новые значения $\bar{x}$ и σ из $(n-1)$ или $(n-2)$ измерений.

Таблица 10.3

Критерий появления грубых ошибок

n	B_{max} при $p_д$			n	B_{max} при $p_д$		
	0,90	0,95	0,99		0,90	0,95	0,99
3	1,41	1,41	1,41	15	2,33	2,49	2,80
4	1,64	1,69	1,72	16	2,35	2,52	2,84
5	1,79	1,87	1,96	17	2,38	2,55	2,87
6	1,89	2,00	2,13	18	2,40	2,58	2,90
7	1,97	2,09	2,26	19	2,43	2,60	2,93
8	2,04	2,17	2,37	20	2,45	2,62	2,96
9	2,10	2,24	2,46	25	2,54	2,72	3,07
10	2,15	2,29	2,54	30	2,61	2,79	3,16
11	2,19	2,34	2,61	35	2,67	2,85	3,22
12	2,23	2,39	2,66	40	2,72	2,90	3,28
13	2,26	2,43	2,71	45	2,76	2,9	3,33
14	2,30	2,46	2,76	50	2,80	2,99	3,37

Второй метод установления грубых ошибок основан на использовании критерия Романовского В.И. и применим также для малой выборки.

Методика выявления грубых ошибок сводится к следующему.

1. Задаются доверительной вероятностью $P_Д$ и по табл.10.4 в зависимости от n находится коэффициент q.

2. Вычисляют предельно допустимую абсолютную ошибку отдельного измерения

$$\varepsilon_{ПР} = \sigma_q . \qquad (10.11)$$

Если $\bar{x} - x_{max} > \varepsilon_{ПР}$, то измерение x_{max} исключают из ряда наблюдений.

В случае более глубокого анализа экспериментальных данных рекомендуется такая последовательность:

1. После получения экспериментальных данных в виде статистического ряда его анализируют и исключают систематические ошибки.

2. Анализируют ряд в целях обнаружения грубых ошибок и промахов:

- устанавливают подозрительные значения x_{max} или x_{min};

- определяют среднеквадратичное отклонение σ;

- вычисляют по (10.10) критерии β_1, β_2 и сопоставляют с β_{max}, β_{min}, исключают при необходимости из статистического ряда x_{max} или x_{min} и получают новый ряд из новых членов.

3. Вычисляют среднеарифметическое $\bar{x}$, погрешности отдельных измерений $(\bar{x} - x_i)$ и среднеквадратичное очищенного ряда σ.

4. Находят среднеквадратичное σ_0 серии измерений, коэффициент вариации k_B.

5. При большой выборке задаются доверительной вероятностью $P_Д = \varphi(t)$ или уравнением значимости $(1 - P_Д)$ и по табл.10.1 определяют t.

6. При малой выборке ($n \le 30$) в зависимости от принятой доверительной вероятности $P_Д$ и числа членов ряда n принимают коэффициент Стьюдента α_{CT}; с помощью формулы (10.2) для большой выборки или (10.7) для малой выборки определяют доверительный интервал.

Таблица 10.4

n	Значение □ при $P_д$				x_t	$x_t - \bar{x}$	$x_t - \bar{x}'$	$(x_t - \bar{x}')^z$
	0,05	0,08	0,99	0,585				
	15,56	38,97	77,96	779,7	67	-8	-7,83	64
2	4,97	8,04	11,46	36,5	67	-8	-7,83	64
3	3,56	5,08	6,58	14,46	68	-7	-6,83	49
4					69	-7	-5,83	49
	3,04	4,10	5,04	9,43	70	-6	-4,83	36
5	2,78	3,64	4,36	7,41	71	-5	-3,83	25
6	2,62	3,36	3,96	6,37	73	-4	-1,83	16
7					74	-2	-0,83	4
	2,51	3,18	3,71	5,73	75	-1	+0,17	1
8	2,43	3,05	3,54	5,31	76	0	+1,17	0
9	2,37	2,96	3,41	5,01	77	+1	+2,17	1
10					78	+2	+3,17	4
	2,29	2,83	3,23	4,62	79	+3	+4,17	9
12	2,24	2,74	3,12	4,37	80	+4	+5,17	16
14	2,20	2,68	3,04	4,20	81	+5	+6,17	25
16					82	+6	+7,17	36
	2,17	2,64	3,00	4,07	92	+7	+17,27	49
18	2,15	2,60	2,93	3,98	$\bar{x}$ =	+17	Проверка	289
20	1,96	2,33	2,58	3,29	=74,83	∑=	-46,5	∑-
						= -3	+46,5	=737

7. Устанавливают по (10.8) действительное значение исследуемой величины.

8. Оценивают относительную погрешность (%) результатов серии измерений при заданной доверительной вероятности $P_Д$:

$$\delta = \frac{\delta_0 \alpha_{CT}}{\bar{x}} \cdot 100\% . \qquad (10.12)$$

Если погрешность серии измерений соизмерима с погрешностью прибора $B_{ПР}$, то границы доверительного интервала

$$\mu_{CT} = \sqrt{\sigma_0^2 \alpha_{CT}^2 + \left[\frac{\alpha_{CT}(\infty)}{3}\right]^2}\,. \qquad (10.13)$$

Формулой (10.13) следует пользоваться при $\alpha_{CT}\sigma_0 \le 3B_{ПР}$.

Если же $\alpha_{CT}\sigma_0 > 3B_{ПР}$, то доверительный интервал вычисляют с помощью (10.1) или (10.7).

Пример. Пусть имеется 18 измерений (табл.10.4). Анализ средств и результатов измерений показал, что систематических ошибок в эксперименте не обнаружено. Необходимо выяснить, не содержат ли измерения грубых ошибок.

Если воспользоваться ***первым методом (критерий $\beta_{\max}$)***, то надо вычислить среднеарифметическое $\bar{x}$ и отклонение σ.

При этом удобно пользоваться формулой

$$\bar{x} = \bar{x'} + \frac{x_i - \bar{x'}}{n},$$

где $\bar{x'}$ — среднее произвольное число.

Если принять $\bar{x'} = 75$ то $x = 75 - 3/18 = 74.83$.

В формуле (10.1) значение $\left(\bar{x} - x_i\right)^2$ можно найти упрощенным методом:

$$\left(\bar{x} - x_i\right)^2 = \sum\left(x_i - \bar{x'}\right) - \frac{\left(x_i - \bar{x'}\right)^2}{n} = \left(\bar{x} - x_i\right)^2 = 737 - \frac{3^2}{18} = 736.5\,.$$

Используя (10.1), получим

$$\sigma = \frac{736.5}{18-1} = 6.58\,; \qquad k_B = \frac{6.58}{74.83}\cdot 100\% = 8.8\%\,.$$

Следовательно

$$\beta_1 = \frac{(92 - 74.83)}{6.58\cdot\sqrt{\frac{18-1}{18}}} = 2.68\,.$$

Как видно из табл.10.1, при доверительной вероятности $P_Д = 0.99$ и $n = 18$ $\beta_{\max} = 2.90$.

Поскольку $2.68 < \beta_{\max}$ измерение 92 не является грубым промахом.

Если $P_Д = 0.95$, $\beta_{\max} = 2.58$ то значение 92 следует исключить.

Если применить правило 3σ, то $x_{\max,\min} = 74.83 \pm 3\cdot 6.58 = 94.6...55.09$ т.е. измерение 92 следует оставить.

В случае, когда измерение 92 исключается, $\bar{x} = 73.8; \quad \sigma = 5.15$;

Среднеквадратичное отклонение для всей серии измерений

$$\sigma_0 = \frac{6.58}{18} = 1.55 \quad \text{при} \quad n = 18.$$

При очищенном ряде $\sigma_0 = \frac{5.15}{17} = 1.25$.

Поскольку $n < 30$, ряд следует отнести к малой выборке, и доверительный интервал вычисляется с применением коэффициента Стьюдента α_{CT}.

По табл.10.2 принимается доверительная вероятность 0.95 и тогда

$$\alpha_{CT} = 2.11 \quad \text{при} \quad n = 18;$$
$$\alpha_{CT} = 2.12 \quad \text{при} \quad n = 17.$$

Доверительный интервал

$$\mu_{CT} = \pm 1.55 \cdot 2.11 = 3.2 \quad \text{при} \quad n = 18;$$
$$\mu_{CT} = \pm 1.25 \cdot 2.12 = 2.7 \quad \text{при} \quad n = 17.$$

Действительное значение измеряемой величины:

$$x_Д = 74.8 \pm 3.2 \quad \text{при} \quad n = 18;$$
$$x_Д = 73.8 \pm 2.7 \quad \text{при} \quad n = 17.$$

Относительная погрешность результатов серии измерений:

$$\delta = \frac{3.2}{74.8} \cdot 100\% = 4.3\% \quad \text{при} \quad n = 18;$$
$$\delta = \frac{2.7}{73.8} \cdot 100\% = 3.7\% \quad \text{при} \quad n = 17.$$

Таким образом, если принять $x_i = 92$ за грубый промах, то погрешность измерения уменьшается с 4.3% до 3.7% т.е. на 14%.

Если необходимо вычислить минимальное количество измерений при заданной точности, проводят серию опытов, вычисляют σ, затем с помощью формулы (10.6) определяют $N_{\min}$.

В рассмотренном случае $\sigma = 6.58; \quad k_B = 8.91\%$.

Пусть задана точность $\Delta = 5\%$ и $\Delta = 3\%$ при доверительной вероятности $P_Д = 95\%$ и $\alpha_{CT} = 2.11$.

Тогда

$$N_{\min} = \frac{8.91^2 \cdot 2.11^2}{5^2} = 14 \quad \text{при} \quad \Delta = 5\%;$$
$$N_{\min} = \frac{8.91^2 \cdot 2.11^2}{3^2} = 40 \quad \text{при} \quad \Delta = 3\%.$$

Таким образом, требование повышения точности измерения (но не выше точности прибора) приводит к значительному увеличению повторяемости опытов.

Выше были рассмотрены общие методы проверки экспериментальных измерений на точность и достоверность.

Ответственные эксперименты должны быть проверены и на воспроизводимость результатов, т.е. на их повторяемость в определенных пределах измерений с заданной доверительной достоверностью.

Суть такой проверки сводится к следующему.

1. Для каждой серии вычисляется среднеарифметическое значение x_i (n - число измерений одной серии, принимаемое обычно равным 3...4).

2. Далее вычисляют дисперсию D_i.

3. Чтобы оценить воспроизводимость, рассчитывают критерий Кохрена (расчетный):

$$k_{KP} = \frac{\max D_i}{\sum_1^m D_i}, \qquad 2 \le m \le 4 \tag{10.14}$$

где $\max D_i$ — наибольшее значение дисперсий из числа рассматриваемых параллельных серий m;

$\sum_1^m D_i$ — сумма дисперсий m серий.

Опыты считаются воспроизводимыми при

$$k_{KP} \le k_{KT}, \tag{10.15}$$

где k_{KT} — табличное значение критерия Кохрена (табл.10.5).

Таблица 10.5

Критерий Кохрена k_{KT} ***при*** $P_Д = 0.95$

m	q=n-1									
	1	2	3	4	5	6	8	10	16	36
2	0,99	0,97	0,93	0,90	0,87	0,85	0,81	0,78	0,73	0,66
3	0,97	0,93	0,79	0,74	0,70	0,76	0,63	0,60	0,54	0,47
4	0,90	0,76	0,68	0,62	0,59	0,56	0,51	0,48	0,43	0,36
5	0,84	0,68	0,60	0,54	0,50	0,48	0,44	0,41	0,36	0,26
6	0,78	0,61	0,53	0,48	0,44	0,42	0,38	0,35	0,31	0,25
7	0,72	0,56	0,48	0,43	0,39	0,37	0,34	0,31	0,27	0,23
8	0,68	0,51	0,43	0,39	0,36	0,33	0,30	0,28	0,24	0,20
9	0,64	0,47	0,40	0,35	0,33	0,30	0,28	0,25	0,22	0,18
10	0,60	0,44	0,37	0,33	0,30	0,28	0,25	0,23	0,20	0,16
12	0,57	0,39	0,32	0,29	0,26	0,24	0,22	0,20	0,17	0,14
15	0,47	0,33	0,27	0,24	0,22	0,20	0,18	0,17	0,14	0,11
20	0,39	0,27	0,22	0,19	0,17	0,16	0,14	0,13	0,11	0,08
24	0,34	0,29	0,19	0,16	0,15	0,14	0,12	0,11	0,09	0,0
30	0,29	0,20	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,07	0,06
40	0,24	0,16	0,12	0,10	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06	0,04
60	0,17	0,11	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04	0,02
120	0,09	0,06	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01

Здесь: m — число серий опытов; n — число измерений в серии; q — число степеней свободы.

Пример. Пусть проведено три серии опытов по измерению прочности грунта (табл.10.6). В каждой серии выполнялось по пять измерений (повторностей).

Таблица 10.6

Результаты измерений прочности грунта

Серии опытов	Измерение величины и повторности					Вычисленные	
	1	2	3	4	5	$\bar{x}_i$	D_i
1	7	9	6	8	4	6,8	2,96
2	9	7	8	6	5	7,0	2,0
3	8	8	7	9	8	8,0	0,4

Тогда по формуле (10.15)

$$k_{KP} = \frac{2.96}{2.96 + 2.0 + 0.4} = 0.55.$$

Вычислим число степеней свободы $q = n - 1 = 5 - 1 = 4$.

Для $m = 3$ и $q = 4$ согласно табл.10.5значение критерия Кохрена $k_{KT} = 0.74$.

Так как $k_{KP} < k_{KT}$, то измерения в эксперименте следует считать воспроизводимыми. Если бы оказалось наоборот, т.е. $k_{KP} > k_{KT}$, то необходимо было бы увеличить число серий m или число измерений n.

Тема №11. Технико-экономический анализ в научных исследованиях

11.1. Сущность и содержание технико-экономического анализа

Любой анализ представляет собой разбор, разложение на составляющие части. Как одна из разновидностей, технико-экономический анализ (ТЭА) — это систематизированная совокупность методов, способов, приемов, используемых для получения выводов и рекомендаций экономического характера в отношении некоторого субъекта хозяйствования. Процедура проведения анализа состоит в том, чтобы разбить проблему на составляющие части, более доступные для изучения, используя специальные методы, способы, прием, решить отдельные задачи и, объединив их, получить общее решение проблемы. Такова диалектика познания, которая базируется на единстве анализа и синтеза как научных методов изучения реальности.

Высокий технический уровень проектной разработки объекта (изделия, технологического процесса, материала и др.) не обеспечивает в полной мере целесообразность ее внедрения в производство, так как затраты на создание, капитальные вложения, себестоимость могут оказаться чрезмерно большими с точки зрения потенциального потребителя.

Для принятия в производство новой разработки необходим тщательный ТЭА, т.е. исследование взаимосвязей технических, организационных и экономических параметров и показателей, позволяющее найти наилучшее проектное решение при выбранном критерии.

ТЭА предусматривает комплексное сравнение по проектным вариантам и с конкурирующими объектами основных технических параметров и экономических показателей, формирующих заданный критерий, для выбора наилучшего вари анта по максимуму (или минимуму) целевой функции.

Теоретические положения ТЭА базируются на работах выдающихся ученых:

Д.Б. Кларка (1847–1938) — теория предельной полезности;

А. Маршалла (1842–1924) — теория издержек производства;

В. Леонтьева (1906–1994) — теория соотношения затрат и выпуска;

Л. Канторовича (1912–1986) — теория и методы оптимизации проектных решений и др.

Какие же основные проблемы и задачи приходится решать при организации проведения ТЭА проектных решений в системе создания и освоения новой техники (СОНТ)?

Во–первых, своевременность ТЭА с целью исключения потерь, возникающих при его проведении postfactum. Анализ должен пронизывать весь процесс СОНТ — от маркетинговых исследований до освоения производства. Пе-

реход от предыдущего к последующему этапу создания техники возможен только при удовлетворении требований заказчика, реализуемых на данном этапе, и при полной уверенности в эффективности принятых решений.

Во–вторых, важна надежность ТЭА, его объективность. Анализ должен основываться на тщательных маркетинговых исследованиях; научно обоснованной методике; независимой вневедомственной экспертизе.

В–третьих, необходимо применять принципы моделирования для обеспечения прямой и обратной связи. Экономико-математические модели должны «встраиваться» в процесс проектирования и приводить к получению оптимальных технико-экономических решений. Это позволит перейти от систем автоматизированного проектирования (САПР) к системам автоматизированного технико-экономического проектирования (САТЭП).

В–четвертых, надо учитывать вероятностный характер рас четов, основанных в большинстве на маркетинговых исследованиях, статистических данных, а также экспертных оценках. В оптимизируемых технических параметрах необходимо предусматривать определенный допуск на неточность расчетов.

В–пятых, учитывать несоответствие между информационной базой, основывающейся, как правило, на статистике и опыте прошлых лет, и прогнозным характером расчетов.

Качество проектных решений определяет конкурентоспособность изделия, эффективность его производства и эксплуатации и в значительной степени — конкурентоспособность производителя или пользователя.

Проектные решения — решения, касающиеся конструкции объекта (изделия машино- или приборостроения) и технологии его изготовления (этим определением не охватывается весь спектр проектных решений, так как в широком понимании к ним относятся, например, и управленческие решения, которые в данном пособии не рассматриваются). Проектные решения могут приниматься на различных этапах жизненного цикла изделия.

Жизненный цикл — период времени от начала работ по созданию изделия до его утилизации; он включает такие этапы, как предпроектное исследование и проектно-конструкторская и технологическая разработка;

В ходе ТЭА изделия (процесса) или его отдельной части детальному изучению подвергается в первую очередь не их стоимость, а их реальная или функциональная ценность. В первую очередь изучается функциональное назначение детали, узла, процесса и соответствие конструктивно-технологического решения этому назначению. В ходе анализа делается попытка получить ответы на следующие основные вопросы. Какие функции выполняет данный элемент? Насколько важен он в сравнении с другими элементами? Можно ли переложить выполнение этих функций на другой элемент? Можно ли данный элемент объ-

единить с другим? Можно ли для данного элемента применить другой материал или метод технологии с целью снижения его стоимости и повышения функциональной ценности и качества?

На основе анализа стремятся найти дешевый, легкий и эффективный способ выполнения функции элементом, выбрать удачную конструкцию, технологию и материал. Учитываются возможности получения деталей от специализированных смежников и возможности унификации.

Для квалифицированного выполнения ТЭА создаются специальные фирмы или отделы в них. Эти организации направляют своих специалистов для проведения ТЭА на коммерческих началах. Инженер, выполняющий анализ, работает в тесном контакте с работниками пригласившей его фирмы. Он одновременно обучает работников приемам и правилам ТЭА, консультирует и прививает им необходимые навыки для самостоятельной работы.

Например, для проведения анализа фирма «Велью Энджиниринг» в Лондоне организовала «цех ТЭА», который оказывает услуги английским и другим европейским фирмам. Эта фирма организует семинары для работников одной или нескольких фирм (обычно трехдневные в нерабочее время). При проведении семинаров соблюдается главный принцип: «показать, рассказать, сделать». Участники семинара под руководством специалистов проводят конкретный анализ своих изделий, получая навыки в области ТЭА. Экономия от проведения такого анализа обычно составляет от 1500 до 20 000 фунтов стерлингов.

Характерно, что многие фирмы США и других стран разработали и осуществляют программы ТЭА на длительное время. Так, флот США с момента введения программы ТЭА рассмотрел более 2300 проектов. В результате этого полная экономия в течение первого года составила 35 млн. долларов.

11.2. Технико-экономическое обоснование на проведение научно исследовательской работы

11.2.1. Методы обоснования тем научных исследований

В НИР различают научные направления, проблемы и темы. Научное направление — сфера научных исследований научного коллектива, посвященных решению каких-либо крупных, фундаментальных теоретико-экспериментальных задач в определенной отрасли науки.

Структурными единицами направления являются комплексные программы и проблемы, темы и вопросы.

Под проблемой понимают сложную научную задачу, которая охватывает значительную область исследований и имеет перспективное значение. Полез-

ность научных проблем и их экономический эффект часто можно определить только ориентировочно.

Проблема состоит из ряда тем. ***Тема*** — это научная задача, охватывающая определенную область научного исследования. Она базируется на многочисленных исследовательских вопросах.

Научные вопросы — это более мелкие научные задачи, относящиеся к конкретной области научного исследования.

Результаты решения этих задач имеют не только теоретическое, но главным образом практическое значение, поскольку можно сравнительно точно оценить ожидаемый экономический эффект.

Выбор проблем или тем является трудной, ответственной задачей, от решения которой зависит успех НИР. Этот выбор включает несколько этапов.

Формулирование проблем. На основе анализа противоречий исследуемого направления формулируют основной вопрос-проблему и определяют в общих чертах ожидаемый результат.

Разработка структуры проблемы. Выделяют темы, подтемы, вопросы. Композиция этих компонентов должна составить дерево проблемы. По каждой теме выявляют ориентировочную область исследования. На этом этапе устанавливают актуальность проблемы, т.е. ценность ее на данном этапе для науки и техники. Для этого по каждой теме выставляют несколько возражений и на основе анализа методом последовательного приближения исключают возражения в пользу реальности данной темы. После такой «чистки» окончательно составляют структуру проблемы и обозначают условным кодом темы, подтемы, вопросы.

Основная сложность — огромные объемы научной информации и, следовательно, в том, как гарантировать, что выбранная проблема не повторяет уже решаемую или уже решенную проблему. Более 50 % направляемых заявок на изобретение в той или иной мере дублируют уже решенные вопросы. В науке около 60 % повторений в исследованиях приходится на одиночек, которые допускают ошибки при выборе тем. Значительно меньше ошибок в выборе направлений, проблем и тем наблюдается в хорошо организованных коллективах. В этом случае планируемая к исследованию проблема или тема проходит этапы коллективного обсуждения, публичной защиты на научно-технических советах и т.д.

После обоснования проблемы и установления ее структуры научный работник или коллектив, как правило, самостоятельно приступают к выбору темы научного исследования, что зачастую более сложно, чем провести само исследование.

Рассмотрим это, например, применительно не только к НИР, но и к теме диссертации на соискание степени кандидата технических наук по любой из специальностей.

Для каждой темы НИР (диссертации) характерно:

1. Тема должна быть актуальной, т.е. важной, требующей скорейшего разрешения в настоящее время. Это — одно из основных требований. Четкого требования для установления степени актуальности пока не существует. Так, при сравнении двух тем теоретических исследований степень актуальности может оценить крупный ученый или научный коллектив;

2. Тема должна иметь научную новизну, вносить вклад в науку. Это значит, что тема в такой постановке никогда не разрабатывалась и в настоящее время не разрабатывается, т.е. дублирование исключено. Дублирование тем НИР возможно лишь в отдельных случаях, когда по заданию организации-заказчика одинаковые темы разрабатывают два конкурирующих коллектива в целях разрешения важнейших проблем в кратчайшие сроки.
С каждым годом грань между научными и инженерными исследованиями стирается. Однако при выборе тем НИР и диссертаций новизна должна быть не инженерной, а научной, т.е. принципиально новой. Если решается пусть даже новая задача, но на основе уже открытого закона, то это область инженерных, а не научных разработок. Критерий здесь один: все то, что уже известно, не может быть предметом научного исследования;

3. Тема должна соответствовать профилю научного коллектива. Каждый научный коллектив (вуз, НИИ, отдел, кафедра) по сложившимся традициями-имеет свой профиль, квалификацию, компетентность;

4. Важной характеристикой темы является возможность быстрого внедрения результатов НИР в производство, науку, учебный процесс;

5. Тема должна быть экономически эффективной и иметь значимость. Любая тема прикладных исследований должна давать экономический эффект в народном хозяйстве, поэтому, выбор темы НИР должен базироваться на специальном технико-экономическом расчете.

При разработке теоретических исследований иногда требование экономичности может уступать требованию значимости. Значимость, как главный критерий темы, имеет место при разработке исследований, определяющих престиж отечественной науки или составляющих фундамент для прикладных исследований и др.

Объективным показателем актуальности, новизны, значимости, достоверности и т.д. является количество публикаций по теме НИР в серьезных реферируемых научных журналах. На стадии формулирования темы — публикаций руководителя и исполнителей в данной области исследований. При оценке перспективности крупных тем иногда критериев экономичности и/или значимости недостаточно. Требуется более общая оценка, учитывающая и другие показатели. В этом случае наиболее достоверной является экспертная оценка.

Методика такой оценки сводится к следующему. Подбирается состав и количество (не менее 7, обычно 7–15) экспертов. В зависимости от специфики тематики назначают или устанавливают с помощью экспертов оценочные показатели тем. Каждому показателю назначают коэффициент значимости, показывающий важность данного показателя в необходимости разработки данной темы. Экспертам выдается оценочная балльная шкала, с помощью которой они устанавливают баллы по каждому показателю. Тема, получившая максимальный балл, считается наиболее перспективной. Суммарный балл вычисляют по формуле

$$Q = \sum_{i=1}^{n} p_i m_i ,$$

где p_i — балл i-го оценочного показателя, выставляемый экспертом;

m_i — коэффициент значимости i-го оценочного показателя;

n — число оценочных показателей.

В качестве примера в табл. 11.1 приведена оценочная шкала. Видно, что эксперты отдали предпочтение экономичности (коэффициент экономической эффективности $K_э$, см. ниже), далее актуальность и реализация.

Таблица 11.1

Оценочная шкала

Оценочный показатель и коэффициент весомости mi	Критерий	Балл
Актуальность темы,0.35	Очень актуальная	5
	Актуальная	4
	Не особо актуальная	3
Экономичность темы,0.40	Высокая, КЭ³ 7	5
	Средняя, КЭ= 3 - 6	4
	Низкая, КЭ< 3	3
Реализациявнедрения,0.25	Легкая, требуются незначительные затраты	5
	Средняя, требуются затраты	4
	Трудная, требуются большие затраты	3

В табл. 11.2 приведены результаты экспертной оценки пяти тем по критериям из табл. 11.1.

Таблица 11.2

Результаты экспертной оценки

Критерий	Номер темы				
	1	2	3	4	5
Актуальность тем	3	3	5	4	5
Экономичность тем	3	4	5	5	4
Реализация внедрения тем	3	3	5	3	4

Вычисленный суммарный балл эксперта пяти тем равен: по теме №1Q_1= 0,35·3 + 0,4·3 + 0,25·3= 3; по теме №2 Q_2= 3,4; по теме №3 Q_3=5; по теме №4 Q_4=4,15; по теме №5Q_5=4,35.

Таким образом, эксперт на первое место поставил тему №3, на второе – тему №4 и т.д.

11.2.2. Технико-экономическое обоснование на проведение научно-исследовательской работы

Высокая эффективность темы может быть достигнута при условии, что еще до ее разработки выполнено ее технико-экономическое обоснование (ТЭО). Поэтому непременным условием перед проведением исследований по выбранной теме является проведение ТЭО на НИР с осуществлением патентной проработки на новизну и перспективность.

ТЭО — это основной исходный предплановый документ. Только при наличии такого обоснования возможно дальнейшее планирование и финансирование тем заказчиком.

Состав ТЭО включает следующие разделы:

- исходные положения;
- результаты предварительно выполненных патентных поисков на новизну и перспективность;
- народнохозяйственная необходимость;
- объем и место внедрения;
- технико-экономические и социальные результаты.

В первом разделе ТЭО указывают причины разработки темы, что послужило основанием для ее выполнения. Основу раздела составляет краткий литературный обзор, в котором описан уже достигнутый уровень исследований и полученные результаты. Особое внимание уделяется еще не решенным вопросам, обосновывается актуальность, значимость и важность работы. Такой обзор позволяет обосновать задачи исследования, описать существующие методы решения и аргументировать возможность (или необходимость)

применения новых, более прогрессивных методов и методик, математического аппарата и ЭВМ. Здесь же разрабатывают общую методологию исследований, выделяют этапы (по отдельным вопросам и годам), планируют получение конечной продукции — инструкций, технических указаний, правил.

Патентную работу производят на последние 5–7 лет. Это позволяет выявить отличие планируемой темы от уже разработанных аналогичных тем в стране и за рубежом, целесообразность закупки лицензий.

Особое внимание нужно уделить возможности патентования предполагаемого результата. На основе патентной проработки создаются условия для сопоставления планируемых исследований с имеющимся уровнем исследований по данной теме.

На стадии составления ТЭО нужно установить народнохозяйственную необходимость, область использования ожидаемых результатов НИР, возможность их практической реализации в данной отрасли.

Большое значение приобретает установление объема внедрения на ближайшее время (3–5 лет) и на более продолжительный период. От правильности прогнозов зависит достоверность получаемого экономического эффекта.

На стадии обоснования НИР необходимо определить предполагаемый (потенциальный) экономический эффект за период применения результатов НИР. Простейшим критерием экономической эффективности ($К_э$), как уже отмечалось ранее, является такой:

$$К_э = \frac{Э_п}{З_и},$$

где $Э_п$ — предполагаемый экономический эффект от внедрения;

$З_и$ — затраты на научные исследования.

Чем больше значение $К_э$, тем эффективнее тема и выше ее народнохозяйственный эффект.

Кроме экономического эффекта в ТЭО необходимо указать предполагаемые социальные результаты: рост производительности труда и качества продукции, повышение уровня техники безопасности и производственной санитарии, обеспечение охраны ОС.

В результате составления ТЭО делается вывод о целесообразности и необходимости выполнения НИР, ОКР и диссертационной работы. ТЭО утверждается заказчиком.

Тема №12. Внедрение научных исследований и их эффективность

12.1. Внедрение завершенных научных исследований в производство

Внедрение завершенных научных исследований в производство — заключительный этап научно-исследовательских работ. Внедрение — это достижение практического использования прогрессивных идей, изобретений, результатов научных исследований (инноваций). Внедрение инноваций требует перестройки сложившегося производства, переподготовки работников, капитальных затрат и одновременно связано с риском не получить необходимый результат и потерпеть убытки.

Заказчиками на выполнение НИР могут быть технические управления министерств, тресты, управления, предприятия, НИИ. Подрядчиками являются научно-исследовательские организации, выполняющие НИР в соответствии с подрядным двусторонним договором. Они обязаны сформулировать предложение по внедрения разработок. Предложения должны содержать технические условия, техническое задание, проектную документацию, временную инструкцию, указание и т. д.

Процесс внедрения состоит из двух этапов: опытно-производственного внедрения и серийного внедрения (внедрение достижений науки, новой техники, новой технологии).

Как бы тщательно ни проводились НИР в научно-исследовательских организациях, все же они не могут всесторонне учесть различные, часто случайные факторы, действующие в условиях производства. Поэтому научная разработка на первом этапе внедрения требует опытной проверки в производственных условиях.

Предложение о законченных НИР рассматривают на научно-технических советах, а в случаях особо ценных предложений — на коллегиях министерства, и направляют на производство для практического применения.

После опытно-производственного испытания новые материалы, конструкции, технологии, рекомендации, методики внедряют в серийное производство как элементы новой техники. На этом, втором, этапе научно-исследовательские организации не принимают участия во внедрении. Они могут по просьбе внедряющих организаций давать консультации или оказывать незначительную научно-техническую помощь.

После внедрения достижений науки в производство составляют пояснительную записку, к которой прилагают акты внедрения и эксплуатационных испытаний, расчет экономической эффективности, справки о годовом объеме внедрения по включении получаемой экономии в план снижения себестоимо-

сти, протокол долевого участия организаций в разработке и внедрении, расчет фонда заработной платы и другие документы.

Внедрение достижений науки и техники финансируют организации, которые его осуществляют.

12.2. Эффективность научных исследований

Под экономической эффективностью научных исследований в целом понимают снижение затрат общественного и живого труда на производство продукции в той отрасли, где внедряют законченные научно-исследовательские работы и опытно-конструкторские разработки (НИР и ОКР). Основные виды эффективности научных исследований:

1) экономическая эффективность — рост национального дохода, повышение производительности труда, качества продукции, снижение затрат на научные исследования;

2) укрепление обороноспособности страны;

3) социально-экономическая эффективность — ликвидация тяжелого труда, улучшение санитарно-гигиенических условий труда, очистка окружающей среды и т. д;

4) престиж отечественной науки.

Наука является наиболее эффективной сферой капиталовложений. В мировой практике принято считать, что прибыль от капиталовложений в нее составляет 100–200% и намного выше прибыли любых отраслей. По данным зарубежных экономистов, на один доллар затрат на науку прибыль в год составляет 4–7 долларов и больше.

С каждым годом наука обходится обществу все дороже. На нее расходуют огромные суммы. Поэтому в экономике науки возникает и вторая проблема — систематическое снижение народнохозяйственных затрат на исследования при возрастающем эффекте от их внедрения. В связи с этим под эффективностью научных исследований понимают также по возможности более экономное проведение НИР.

Хорошо известно, какое большое значение ныне придается вопросам ускоренного развития науки и НТП. Делается это по глубоким стратегическим причинам, которые сводятся к тому объективному факту, что наука и система ее приложений стала реальной производительной силой, наиболее мощным фактором эффективного развития общественного производства. Есть два кардинально различных пути ведения дел в экономике: экстенсивный путь развития и интенсивный. Путь экстенсивного развития — это расширение заводских площадей, увеличение числа станков и т. д. Интенсивный путь предполагает,

чтобы каждый завод с каждого работающего станка, сельскохозяйственное предприятие с каждого гектара посевных площадей получали все больше и больше продукции. Это обеспечивается использованием новых научно-технических возможностей: новых средств труда, новых технологий, новых знаний. К интенсивным факторам относится и рост квалификации людей, и вся совокупность организационных и научно-технических решений, которыми вооружается современное производство.

Сегодня, примерно, каждый рубль, вложенный в науку, в НТП и освоение нововведений (новой техники, новых технологий) в производстве, дает в четыре раза больший эффект, чем тот же рубль, вложенный в экстенсивные факторы.

Это очень существенное обстоятельство. Из него вытекает, что и впредь наша хозяйственная политика будет направлена на то, чтобы во всех сферах общественного производства решать проблемы дальнейшего развития преимущественно за счет интенсивных факторов. При этом особая роль отводится науке, а на саму науку распространяется то же самое требование. Сошлемся на характерные цифры. За последние 40–50 лет количество новых знаний увеличилось примерно в два-три раза, в то же время объем информации (публикаций, различной документации) увеличился в восемь–десять раз, а объем средств, отпускаемых на науку,— более чем в 100 раз. Эти цифры заставляют задуматься. Ведь рост ресурсов, затрачиваемых на науку, не является самоцелью. Следовательно, научную политику надо менять, необходимо решительно повысить эффективность работы научных учреждений.

Есть еще одно важное обстоятельство. В данном случае нас интересует не сам по себе прирост новых знаний, а прирост эффекта в производстве. Мы должны проанализировать: все ли нормально с пропорциями между получением знаний и их применением на производстве. Нужно высокими темпами увеличивать вложения в мероприятия по освоению результатов НТП в производстве.

Существует некоторая теоретическая модель, построенная из соображений наиболее полного использования новых знаний, новых научных данных. В соответствии с этой моделью, если ассигнования в области фундаментальных исследований принять за единицу, то соответствующие показатели составят: по прикладным исследованиям — 4, по разработкам — 16, по освоению нововведений в производство — 250. Эта модель построена академиком В.М. Глушковым исходя из того, что все разумное (из новых идей, сведений, возможностей), полученное в сфере фундаментальных исследований, будет использовано. Для этого будет достаточно наличных мощностей прикладных наук. Затем возможности практического применения будут реализованы в виде новых технологий, новых конструкций и т. п., теми, кто проектирует, ведет разработки. И у них, в

свою очередь, будет достаточно мощностей, чтобы все это принять и полностью пустить в дело.

Наконец, необходимо иметь достаточно капиталовложений и свободных мощностей, предназначенных для освоения нововведений на производстве, чтобы освоить и реализовать все объективно необходимые нововведения.

Если суммарные затраты на фундаментальные и прикладные исследования, а также на опытно-конструкторские разработки принять за единицу, то отношение между вложениями в производство новых знаний и вложениями в освоение этих знаний народным хозяйством составит 1:12. А в действительности такое соотношение 1:7. Это свидетельствует о том, что в народном хозяйстве зачастую нет свободных мощностей, не хватает возможностей для маневра (в США такое соотношение 1:11).

В современной науке каждый четвертый — руководитель. Это действительный факт. Руководителей в науке больше, чем физиков, химиков, математиков и пр., отдельно взятых. Но математиков, физиков, химиков и прочих готовят вузы (и профессиональный уровень их знаний, как правило, очень высок). Руководству же научной деятельностью их не обучали. Этому они учатся сами и самым непродуктивным способом — на своих ошибках. Решение этого вопроса тоже сможет поднять эффективность научных исследований.

Одним из путей повышения эффективности научных исследований является использование так называемых попутных или промежуточных результатов, которые зачастую совсем не используются или используются поздно и недостаточно полно. Например, космические программы. Чем они оправдываются экономически? Конечно, в результате их разработки была улучшена радиосвязь, появилась возможность дальних передач телевизионных программ, повышена точность предсказания погоды, получены большие научные фундаментальные результаты в познании мира и т. д. Все это имеет или будет иметь экономическое значение.

На эффективность исследовательского труда прямо влияет оперативность научных изданий, прежде всего периодических. Анализ сроков нахождения статей в редакциях отечественных журналов показал, что они задерживаются вдвое дольше, чем в аналогичных зарубежных изданиях. Для сокращения этих сроков, по-видимому, целесообразно в нескольких журналах экспериментально проверить новый порядок публикаций: печатать только рефераты статей объемом до 4–5 страниц, а полные тексты издавать методом безнаборной печати в виде оттисков и высылать по запросам заинтересованных лиц и организаций.

Известно, что темпы роста инструментальной вооруженности современной науки должны примерно в 2,5–3 раза превышать темпы роста численности работающих в этой сфере. В целом по стране этот показатель еще недостаточно

высок, а в некоторых научных организациях он заметно меньше единицы, что приводит к фактическому снижению КПД интеллектуальных ресурсов науки.

Современные научные приборы морально изнашиваются столь быстро, что за 4–5 лет, как правило, безнадежно устаревают. При нынешних темпах НТП абсурдной выглядит так называемая бережная (по нескольку часов в неделю) эксплуатация прибора.

Рационально приобретать приборов меньше, но самых совершенных, и загружать их максимально, не боясь износа, а через 2–3 года интенсивной эксплуатации заменять новыми, более современными.

Министерство промышленности, обновляя свою продукцию примерно каждые пять и более лет, лишь 10–13 % ее выпускает на уровне мировых показателей. Среди причин этого явления важное место занимает распыленность и слабость научного потенциала соответствующих предприятий, делающие их не подготовленными к восприятию существенно нового, а тем более к разработке его силами своих ученых и инженеров.

В современной науке вопросом вопросов являются кадры. Следует признать, что в целом индустриальный сектор науки еще очень слабо обеспечен высококвалифицированными кадрами исследователей. На каждую сотню центральных заводских лабораторий приходится лишь один кандидат наук. Большинство заводских научных подразделений, по масштабам работ сравнимых с обычными НИИ, имеют в несколько раз меньшее число докторов и кандидатов наук.

Особого внимания заслуживает проблема целевой подготовки кадров для индустриального сектора науки.

Для оценки эффективности исследований применяют разные критерии, характеризующие степень их результативности.

Фундаментальные исследования начинают отдавать капиталовложения лишь спустя значительный период после начала разработки. Результаты их обычно широко применяют в различных отраслях, иногда в тех, где их совсем не ожидали. Поэтому подчас, нелегко планировать результаты таких исследований.

Фундаментальные теоретические исследования трудно оценить количественными критериями эффективности. Обычно можно установить только качественные критерии:

возможность широкого применения результатов исследований в различных отраслях народного хозяйства страны; новизна явлений, дающая большой толчок для принципиального развития наиболее актуальных исследований;

существенный вклад в обороноспособность страны; приоритет отечественной науки; отрасль, где могут быть начаты прикладные исследования; широкое международное признание работ; фундаментальные монографии по теме и цитируемость их учеными различных стран.

Эффективность прикладных исследований оценить значительно проще. В этом случае применяют различные количественные критерии. Об эффективности любых исследований можно судить лишь после их завершения и внедрения, т. е. тогда, когда они начинают давать отдачу для народного хозяйства. Большое значение приобретает фактор времени. Поэтому продолжительность разработки прикладных тем по возможности должна быть короче. Лучшим является такой вариант, когда продолжительность их разработки до трех лет. Для большинства прикладных исследований вероятность получения эффекта в народном хозяйстве в настоящее время превышает 80%.

Как оценить эффективность исследования коллектива (отдела, кафедры, лаборатории и т. д.) и одного научного работника? Эффективность работы научного работника оценивают различными критериями: публикационным, экономическим, новизной разработок, цитируемостью работ и др.

Публикационным критерием характеризуют общую деятельность — суммарное количество печатных работ, общий объем их в печатных листах, количество монографий, учебников, учебных пособий. Этот критерий не всегда объективно характеризует эффективность научного работника. Могут быть случаи, когда при меньшем количестве печатных работ отдача значительно больше, чем от большего количества мелких печатных работ. Экономическую оценку работы отдельного научного работника применяют редко. Чаще в качестве экономического критерия используют показатель производительности труда научного работника. Критерий новизны НИР — это количество авторских свидетельств и патентов. Критерий цитируемости работ ученого представляет собой число ссылок на его печатные работы. Это второстепенный критерий.

Эффективность работы научно-исследовательской группы или организации оценивают несколькими критериями: среднегодовой выработкой НИР, количеством внедренных тем, экономической эффективностью от внедрения НИР и ОКР, общим экономическим эффектом, количеством полученных авторских свидетельств и патентов, количеством проданных лицензий или валютной выручкой.

Среднегодовую выработку НИР, ОКР определяют по формуле где Со — общая сметная стоимость НИР и ОКР, тыс. руб; Р — среднесписочное число работников основного и подсобного персонала отдела, кафедры, лаборатории, НИИ.

Критерий внедрения Кв законченных тем устанавливают в конце календарного года суммированием законченных работ $т_к$. Внедрение темы оценивают степенью завершения тематического плана.

Относительный критерий внедрения законченных тем где т — общее количество разрабатываемых тем. Критерий экономической эффективности где Э, З — соответственно эффект от внедрения темы и затраты на ее выполнение и внедрение, тыс. руб.

Экономический эффект от внедрения — основной показатель эффективности научных исследований — зависит от затрат на внедрение, объема внедрения, сроков освоения новой техники и многих других факторов. Эффект от внедрения рассчитывают за весь период, начиная от времени разработки темы до получения отдачи. Обычно продолжительность такого периода прикладных исследований составляет несколько лет. Однако в конце его можно получить полный народнохозяйственный эффект.

Уровень новизны прикладных исследований и разработок коллектива характеризуют числом завершенных работ, по которым получены авторские свидетельства и патенты. Данный критерий характеризует абсолютное количество свидетельств и патентов. Более объективными являются относительные показатели, например количество свидетельств и патентов, отнесенных к определенному количеству работников данного коллектива или к числу тем, разрабатываемых коллективом, которые подлежат оформлению свидетельствами и патентами.

Различают три вида экономического эффекта: предварительный, ожидаемый и фактический.

Предварительный экономический эффект устанавливается при обосновании темы научного исследования и включении ее в план работ. Рассчитывают его по ориентировочным, укрупненным показателям с учетом прогнозируемого объема внедрения результатов исследований в группу предприятий данной отрасли.

Ожидаемый экономический эффект вычисляют в процессе выполнения НИР. Его условно относят (прогнозируют) к определенному периоду (году) внедрения продукции в производство. Ожидаемая экономия — более точный экономический критерий по сравнению с предварительной экономией, хотя в некоторых случаях она является также ориентировочным показателем, поскольку объем внедрения можно определить лишь ориентировочно. Ожидаемый эффект вычисляют не только на один год, но и на более длительный период (интегральный результат). Ориентировочно такой период составляет до 10 лет от начала внедрения для новых материалов и до 5 лет для конструкций, приборов, технологических процессов.

Фактический экономический эффект определяется после внедрения научных разработок в производство, но не ранее, чем через год. Расчет его производят по фактическим затратам на научные исследования и внедрение с учетом конкретных стоимостных показателей данной отрасли (предприятия), где внедрены научные разработки. Фактическая экономия почти всегда несколько ниже ожидаемой: ожидаемую определяют НИИ ориентировочно (иногда с завышением), фактическую — предприятия, на которых осуществляется внедрение.

Наиболее достоверным критерием экономической эффективности научных исследований является фактическая экономия от внедрения.

Тема №13. Имитационное моделирование в научных исследованиях

13.1. Методологические основы применения метода имитационного моделирования

По Шеннону (профессор университета в Хантсвилле, штат Алабама, США***), «имитационное моделирование —*** есть процесс конструирования на ЭВМ модели сложной реальной системы, функционирующей во времени, и постановки экспериментов на этой модели с целью либо понять поведение системы, либо оценить различные стратегии, обеспечивающие функционирование данной системы».

В этом определении можно выделить ряд важнейших обстоятельств.

Во-первых, имитационное моделирование предполагает два этапа: конструирование модели на ЭВМ и проведение экспериментов с этой моделью. Каждый из этих этапов предусматривает использование собственных методов. Так, на первом этапе весьма важно грамотно провести информационное обследование, разработку всех видов документации и их реализацию. Второй этап должен предполагать использование методов планирования эксперимента с учетом особенностей машинной имитации.

Во-вторых, в полном соответствии с системными принципами четко выделены две возможные цели имитационных экспериментов:

- либо понять поведение исследуемой системы (о которой по каким-либо причинам было «мало» информации);
- либо оценить возможные стратегии управления системой.

В-третьих, с помощью имитационного моделирования исследуют сложные системы. Понятие «сложность» является субъективным и, по сути, выражает отношение исследователя к объекту моделирования.

Характерными признаками «сложности» системы, по которым можно судить о ее принадлежности к такому классу систем являются:

- наличие большого количества взаимосвязанных и взаимодействующих элементов;
- сложность функции (функций), выполняемой системой;
- возможность разбиения системы на подсистемы (декомпозиции);
- наличие управления (часто имеющего иерархическую структуру), разветвленной информационной сети и интенсивных потоков информации;
- наличие взаимодействия с внешней средой и функционирование в условиях воздействия случайных (неопределенных) факторов.

В-четвертых, методом имитационного моделирования исследуют системы, функционирующие во времени, что определяет необходимость создания

и использования специальных методов (механизмов) управления системным временем.

В-пятых, в определении прямо указывается на необходимость использования ЭВМ для реализации имитационных моделей.

Наиболее характерными обстоятельствами применения имитационных моделей являются:

- если идет процесс познания объекта моделирования;
- если аналитические методы исследования имеются, но составляющие их математические процедуры очень сложны и трудоемки;
- если необходимо осуществить наблюдение за поведением компонентов системы в течение определенного времени;
- если необходимо контролировать протекание процессов в системе путем замедления или ускорения явлений в ходе имитации;
- если особое значение имеет последовательность событий в проектируемых системах и модель используется для предсказания так называемых «узких» мест;
- при подготовке специалистов для приобретения необходимых навыков в эксплуатации новой техники;
- если имитационное моделирование оказывается единственным способом исследований из-за невозможности проведения реальных экспериментов.

При этом следует признать наличие ряда достоинств и недостатков метода имитационного моделирования.

Основные достоинства:

- имитационная модель позволяет в принципе описать моделируемый процесс с большей адекватностью, чем другие;
- имитационная модель обладает известной гибкостью варьирования структуры, алгоритмов и параметров системы;
- применение ЭВМ существенно сокращает продолжительность испытаний по сравнению с натурным экспериментом (если он возможен), а также их стоимость.

Основные недостатки:

- решение, полученное на имитационной модели, всегда носит частный характер, так как оно соответствует фиксированным элементам структуры, алгоритмам поведения и значениям параметров системы;
- большие трудозатраты на создание модели и проведение экспериментов, а также обработку их результатов;
- если использование системы предполагает участие людей при проведении машинного эксперимента, на результаты может оказать влияние так называемый ***хауторнский эффект*** (заключающийся в том, что люди, зная (чувствуя), что за ними наблюдают, могут изменить свое обычное поведение).

Итак, само использование термина «имитационное моделирование» предполагает работу с такими математическими методами (ММ), с помощью которых результат исследуемой операции нельзя заранее вычислить или предсказать, поэтому необходим эксперимент (имитация) на модели при заданных исходных данных. В свою очередь, сущность машинной имитации заключается в реализации численного метода проведения на ЭВМ экспериментов с ММ, описывающими поведение сложной системы в течение заданного или формируемого периода времени.

Каждая имитационная модель представляет собой комбинацию шести основных составляющих: компонентов, параметров, переменных, функциональных зависимостей, ограничений, целевых функций.

Под компонентами понимают составные части, которые при соответствующем объединении образуют систему. Компоненты называют также элементами системы или ее подсистемами. Например, в модели рынка ценных бумаг компонентами могут выступать отделы коммерческого банка (кредитный, операционный и т.д.), ценные бумаги и их виды, доходы, котировка и т.п.

Параметры - это величины, которые исследователь (пользователь модели) может выбирать произвольно, т.е. управлять ими.

Переменные в отличие от параметров могут принимать только значения, определяемые видом данной функции. Так, в выражении для плотности вероятности нормально распределенной случайной величины x

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

где m_x, σ_x — параметры;

π, e — константы;

x — переменная.

Различают экзогенные (являющиеся для модели входными и порождаемые вне системы) и эндогенные (возникающие в системе в результате воздействия внутренних причин) переменные. Эндогенные переменные иногда называют переменными состояния.

Функциональные зависимости описывают поведение параметров и переменных в пределах компонента или же выражают соотношения между компонентами системы. Эти соотношения могут быть либо детерминированными, либо стохастическими.

Ограничения — устанавливаемые пределы изменения значений переменных или ограничивающие условия их изменения. Они могут вводиться разработчиком (искусственные) или определяться самой системой вследствие присущих ей свойств (естественные).

Целевая функция предназначена для измерения степени достижения системой желаемой (требуемой) цели и вынесения оценочного суждения по результатам моделирования. Эту функцию также называют функцией критерия.

По сути, весь машинный эксперимент с имитационной моделью заключается в поиске таких стратегий управления системой, которые удовлетворяли бы одной из трех концепций ее рационального поведения: оптимизации, пригодности или адаптивизации.

При реализации имитационной модели, как правило, рассматриваются не все реально осуществляемые функциональные действия системы ($ФД'$), а только те из них, которые являются наиболее существенными для исследуемой операции. Кроме того, реальные $ФД$ аппроксимируются упрощенными действиями $ФД'$ причем степень этих упрощений определяется уровнем детализации учитываемых в модели факторов.

Названные обстоятельства порождают ошибки имитации процесса функционирования реальной системы, что, в свою очередь, обусловливает адекватность модели объекту-оригиналу и достоверность получаемых в ходе моделирования результатов.

На рис.31.1 схематично представлен пример выполнения некоторых $ФД$ в $i-ом$ компоненте реальной системы и $ФД'$ в $i-ом$ компоненте ее модели.

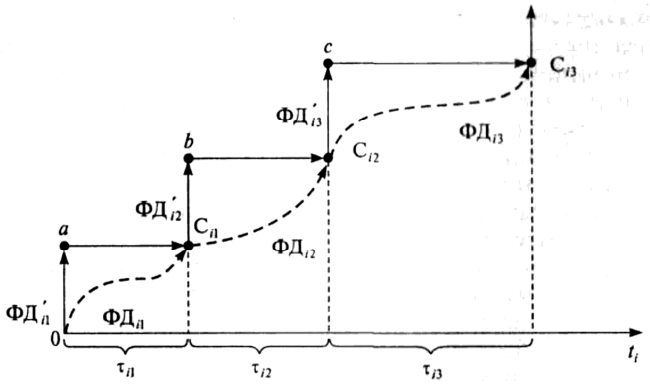

Рисунок 13.1. Моделирование функциональных действий в $i-ом$ компоненте

В $i-ом$ компоненте реальной системы последовательно выполняются $ФД_{i1}$, $ФД_{i2}$, $ФД_{i3}$,… за время τ_{i1}, τ_{i2}, τ_{i3},… соответственно. На рисунке эти действия условно изображены пунктирными («непрямыми») стрелками. В результате ФД наступают соответствующие события: C_{i1}, C_{i2}, C_{i3},…

В модели последовательность имитации иная: выполняется $ФД'_{i1}$ при неизменном времени, наступает модельное событие a, после чего время сдвигается на величину τ_{i1}, инициируя наступление события C_{i1} и т.д.

Иными словами, модельной реализации упрощенных $ФД$ ($ФД'$) соответствует ломаная (0, a, C_{i1}, b, C_{i2}, d, C_{i3},…).

Очевидно, что в реальной системе в различных се компонентах могут одновременно (параллельно) производиться функциональные действия и соответственно наступать события.

В большинстве же современных ЭВМ в каждый из моментов времени можно отрабатывать лишь один алгоритм какого-либо $ФД$. Возникает вопрос: каким образом учесть параллельность протекания процессов в реальной системе без потери существенной информации о ней?

Для обеспечения имитации наступления параллельных событий в реальной системе вводят специальную глобальную переменную t_0, которую называют ***модельным (системным) временем***. Именно с помощью этой переменной организуется синхронизация наступления всех событий в модели, например, автоматизированной информационной системе (АИС) и выполнение алгоритмов функционирования ее компонентов. Принцип такой организации моделирования называется принципом квазипараллелизма.

Таким образом, при реализации имитационных моделей используют три представления времени:

t_P — реальное время системы;

t_0 — модельное (системное) время;

t_M — машинное время имитации.

13.2. Классификация имитационных моделей

Имитационные модели принято классифицировать по четырем наиболее распространенным признакам:

- типу используемой ЭВМ;
- способу взаимодействия с пользователем;
- способу управления системным временем (механизму системного времени);
- способу организации квазипараллелизма (схеме формализации моделируемой системы).

Первые два признака позволяют разделить имитационные модели на совершенно понятные (очевидные) классы.

По типу используемой ЭВМ различают аналоговые, цифровые и гибридные имитационные модели. Достоинства и недостатки моделей каждого класса общеизвестны. В дальнейшем будем рассматривать только цифровые модели.

По способу взаимодействия с пользователем имитационные модели могут быть автоматическими (не требующими вмешательства исследователя после определения режима моделирования и задания исходных данных) и ин-

терактивными (предусматривающими диалог с пользователем в том или ином режиме в соответствии со сценарием моделирования). Моделирование сложных систем, относящихся, как уже отмечалось, к классу эргатических систем (система взаимодействия человека с внешней реальностью, т.е.система«субъект – объект», как правило, требует применения диалоговых моделей.

Различают два механизма системного времени:

- задание времени с помощью постоянных временных интервалов (шагов);

- задание времени с помощью переменных временных интервалов (моделирование по особым состояниям).

При реализации первого механизма системное время сдвигается на один и тот же интервал (шаг моделирования) независимо от того, какие события должны наступать в системе. При этом наступление всех событий, имевших место на очередном шаге, относят к его окончанию. На рис. 13.1 представлена иллюстрация данного механизма.

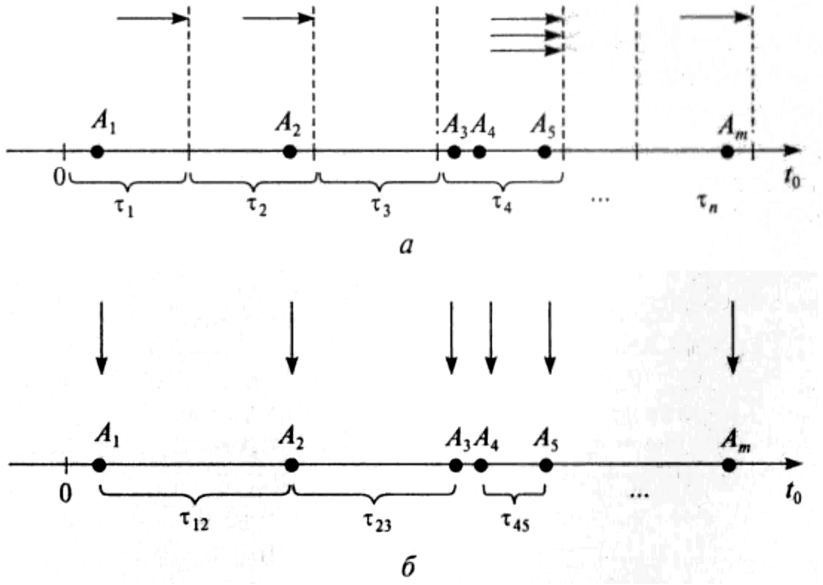

Рисунок 13.1. Реализация механизмов системного времени: а) — с постоянным шагом; б) — с переменным шагом

Так, для этого механизма считают, что событие A_1 наступило в момент окончания первого шага; событие A_2 — в момент окончания второго шага; события A_3, A_4, A_5 — в момент окончания четвертого шага (эти моменты показаны стрелками) и т.д.

При моделировании по особым состояниям системное время каждый раз изменяется на величину, соответствующую интервалу времени до планируемого момента наступления следующего события, т.е. события обрабатываются поочередно — каждое «в свое время». Если в реальной системе какие-либо события наступают одновременно, это фиксируется в модели. Для реализации этого механизма требуется специальная процедура, в которой отслеживаются

времена наступления всех событий и из них выделяется ближайшее по времени. Такую процедуру называют календарем событий. На рис.13.1, б стрелками обозначены моменты изменения системного времени.

Существует не столь распространенная разновидность механизма моделирования по особым состояниям, предусматривающая возможность изменения порядка обработки событий, так называемый механизм моделирования с реверсированием (обращением) шага по времени.

Согласно этому механизму, все события в системе разбиваются на два класса: фазовые и простые. К первым относят события, порядок моделирования которых нельзя изменять во избежание нарушения причинно-следственных связей в моделируемой системе. Остальные события относят к простым. Таким образом, сначала моделируют очередное фазовое событие, а затем все простые события до этого фазового, причем в произвольном порядке.

На рис.13.2 приведены перечисленные способы управления системным временем.

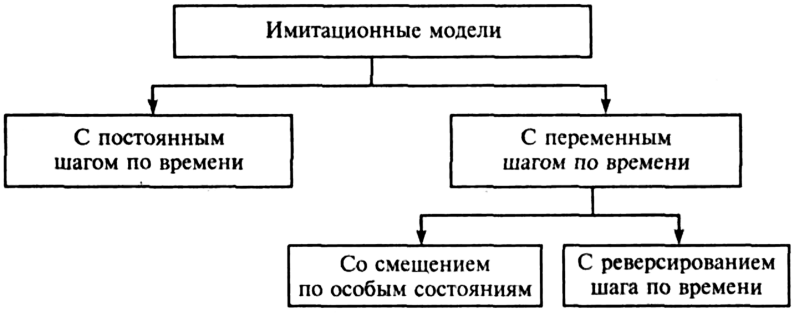

Рисунок 13.2. Механизмы управления системным временем

Очевидно, что механизм системного времени с постоянным шагом легко реализуем: достаточно менять временную координату на фиксированный шаг и проверять, какие события уже наступили.

Метод фиксированного шага целесообразно применять в следующих случаях:

- события в системе появляются регулярно;
- число событий велико;
- все события являются для исследователя существенными (или заранее неизвестно, какие из них существенны).

Важнейшим классификационным признаком имитационных моделей является схема формализации моделируемой системы (способ организации квазипараллелизма).

Наибольшее распространение получили пять следующих способов:

- просмотр активностей;
- составление расписания событий;

- управление обслуживанием транзактов (транзактный анализ представляет собой психологическую модель, служащую для описания и анализа поведения человека,— как индивидуально, так и в составе групп);

- управление агрегатами; синхронизация процессов.

Характеристика этих способов требует введения ряда понятий.

Так, для задания свойств объектов используются атрибуты (параметры).

Совокупность объектов с одним и тем же набором атрибутов называют классом объектов. Все объекты делят на активные (представляющие в модели те объекты реальной системы, которые способны функционировать самостоятельно и выполнять некоторые действия над другими объектами) и пассивные (представляющие реальные объекты, самостоятельно в рамках данной модели не функционирующие).

Работа (активность) представляется в модели набором операторов, выполняемых в течение некоторого времени и приводящих к изменению состояний объектов системы. В рамках конкретной модели любая работа рассматривается как единый дискретный шаг (возможно, состоящий из других работ). Каждая работа характеризуется временем выполнения и потребляемыми ресурсами.

Событие представляет собой мгновенное изменение состояния некоторого объекта системы (т.е. изменение значений его атрибутов). Окончание любой активности в системе является событием, так как приводит к изменению состояния объекта (объектов), а также может служить инициатором другой работы в системе.

Под процессом понимают логически связанный набор активностей, относящихся к одному объекту. Выполнение таких активностей называют фазой процесса.

Различие между понятиями «активность» и «процесс» полностью определяется степенью детализации модели. Например, смена позиций мобильным объектом в одних моделях может рассматриваться как сложный процесс, а в других — как работа по изменению за некоторое время номера позиции.

Процессы, включающие одни и те же типы работ и событий, относят к одному классу. Таким образом, моделируемую систему можно представить соответствующим числом классов процессов. Между двумя последовательными фазами (работами) некоторого процесса может иметь место любое число фаз других процессов, а их чередование в модели, собственно, и выражает суть квазипараллелизма (формализация моделируемой системы).

Способ просмотра активностей применяется при следующих условиях:

- все функциональные действия (ФД) компонента реальной системы различны, причем для выполнения каждого из них требуется выполнение некоторых (своих) условий;

- условия выполнимости известны исследователю заранее и могут быть заданы алгоритмически;

- в результате ФД в системе наступают различные события;

- связи между ФД отсутствуют, и они осуществляются независимо друг от друга.

В этом случае имитационная модель состоит из двух частей:

- множества активностей (работ);

- набора процедур проверки выполнимости условий инициализации активностей, т.е. возможности передачи управления на реализацию алгоритма этой активности.

Проверка выполнимости условия инициализации работы основана либо на анализе значений параметров и/или переменных модели, либо вычислении моментов времени, когда должно осуществляться данное ФД.

После выполнения каждой активности производится модификация системного времени для данного компонента и управление передается в специальный управляющий модуль, что и составляет суть имитации для этого способа организации квазипараллелизма.

Составление расписания событий применяется в тех случаях, когда реальные процессы характеризуются рядом достаточно строгих ограничений:

- различные компоненты выполняют одни и те же ФД;

- начало выполнения этих ФД определяются одними и теми же условиями, причем они известны исследователю и заданы алгоритмически;

- в результате ФД происходят одинаковые события независимо друг от друга;

- связи между ФД отсутствуют, а каждое ФД выполняется независимо.

В таких условиях имитационная модель, по сути, состоит из двух процедур:

- проверки выполнимости событий;

- обслуживания (обработки) событий.

Выполнение этих процедур синхронизируется в модельном времени так называемым списковым механизмом планирования.

Процедура проверки выполнимости событий схожа с ранее рассмотренными для просмотра активностей (напомним, что окончание любой работы является событием и может инициализировать другую активность) с учетом того, что при выполнении условия происходит не инициализация работы, а обслуживание (розыгрыш) события с последующим изменением системного времени для данного компонента.

Условия применимости транзактного способа организации квазипараллелизма были приведены при определении понятия «транзакт». Связь между приборами массового обслуживания устанавливается с помощью системы очередей, выбранных способов генерации, обслуживания и извлечения транзактов.

Так организуется появление транзактов, управление их движением, нахождение в очереди, задержки в обслуживании, уход транзакта из системы и т.п. Событием в такой имитационной модели является момент инициализации любого транзакта.

Типовыми структурными элементами модели являются:

- источники транзактов;
- их поглотители;
- блоки, имитирующие обслуживание заявок;
- управляющий модуль.

Имитация функционирования реальной системы производится путем выявления очередной (ближайшей по времени) заявки, ее обслуживания, обработки итогов обслуживания (появления нового транзакта; поглощения заявки; изменения возможного времени поступления следующего транзакта и т.п.), изменения системного времени до момента наступления следующего события.

В случае построения имитационной модели с агрегатным способом организации квазипараллелизма особое внимание следует уделять оператору перехода системы из одного состояния в другое. Имитация производится за счет передачи управления от агрегата к агрегату при выполнении определенных условий, формирования различных сигналов и их доставки адресату, отработки внешних сигналов, изменения состояния агрегата и т.п. При этом в управляющем модуле осуществляется временная синхронизация состояний всех агрегатов.

Агрегатный способ, прежде всего, ориентирован на использование типовых математических схем (типовых агрегатов) для описания компонентов системы и организации их взаимодействия одним из перечисленных способов.

Процессный способ организации квазипараллелизма применяется в следующих случаях:

- все ФД компонентов реальной системы различны;
- условия инициализации ФД также различны;
- в любой момент времени в данном компоненте может выполняться только одно ФД;
- последовательность ФД в каждом компоненте определена.

Принято считать, что процессный подход объединяет лучшие черты других способов: краткость описания активностей и эффективность событийного представления имитации.

Процессным способом можно организовать имитацию, например АИС любой сложности, но такой способ особенно эффективен в тех случаях, когда требуется высокий уровень детализации выполнения *ФД* , а сама имитационная модель используется для поиска «узких» мест в работе системы.

На рис.13.3 представлена классификация способов организации квазипараллелизма.



Рисунок 13.3. Классификация имитационных моделей по способу организации квазипараллелизма

В настоящее время для реализации всех перечисленных схем формализации моделируемой системы созданы специализированные программные средства, ориентированные на данный способ организации квазипараллелизма, что, с одной стороны, облегчает программную реализацию модели, но, с другой стороны, повышает ответственность исследователя за правильность выбора соответствующей схемы.

13.3. Основные этапы имитационного моделирования

Как уже отмечалось, имитационное моделирование применяют в большинстве случаев для исследования сложных экономических систем. Естественно, что и имитационные модели оказываются достаточно сложными как с точки зрения заложенного в них математического аппарата, так и в плане машинной реализации.

При этом сложность любой модели определяется двумя факторами:

- сложностью исследуемого объекта-оригинала;
- точностью, предъявляемой к результатам расчетов.

Использование машинного эксперимента как средства решения сложных прикладных проблем, несмотря на присущую каждой конкретной задаче специфику, имеет рад общих черт (этапов).

Для примера на рис 13.4 представлены этапы применения математической (имитационной) модели (по взглядам академика А.А.Самарского).

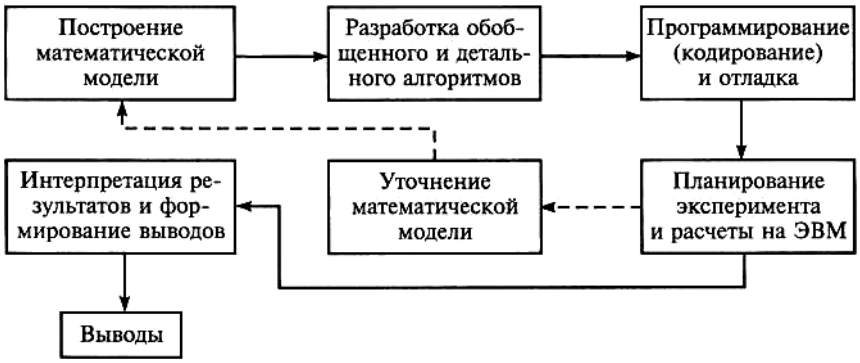

Рисунок 13.4. Этапы машинного эксперимента

Каждому из показанных на рисунке этапов присущи собственные приемы, методы, технологии. После того как имитационная модель реализована на ЭВМ, исследователь должен выполнить последовательность следующих этапов (их часто называют технологическими):

- испытание модели;
- исследование свойств модели;
- планирование имитационного эксперимента;
- эксплуатация модели (проведение расчетов).

Испытание имитационной модели включает в себя следующее:

- задание исходной информации;
- верификацию имитационной модели;
- проверку адекватности модели;
- калибровку имитационной модели.

Задание исходной информации. Процедура задания исходной информации полностью определяется типом моделируемой системы:

- если моделируется функционирующая (существующая) система, проводят измерение характеристик ее функционирования и затем используют эти данные в качестве исходных при моделировании;
- если моделируется проектируемая система, проводят измерения на прототипах;
- если прототипов нет, используют экспертные оценки параметров и переменных модели, формализующих характеристики реальной системы.

Верификация имитационной модели. Она состоит в доказательстве утверждений соответствия алгоритма ее функционирования цели моделирования путем формальных и неформальных исследований реализованной программы модели.

Неформальные исследования представляют собой ряд процедур, входящих в автономную и комплексную отладку.

Формальные методы включают:

- использование специальных процессоров — «читателей» программ;
- замену стохастических элементов модели детерминированными;
- тест на так называемую непрерывность моделирования и др.

Проверка адекватности модели. Количественную оценку адекватности модели объекту исследования проводят для случая, когда можно определить значения отклика системы в ходе натурных испытаний.

Наиболее распространены три способа проверки:

- по средним значениям откликов модели и системы;
- по дисперсиям отклонений откликов;
- по максимальному значению абсолютных отклонений откликов.

Если возможность измерения отклика реальной системы отсутствует, оценку адекватности модели проводят на основе субъективного суждения соответствующего должностного лица о возможности использования результатов, полученных с использованием этой модели, при выполнении им служебных обязанностей (в частности, при обосновании решений — подробнее см.

Калибровка имитационной модели. К калибровке имитационной модели приступают в случае, когда модель оказывается неадекватной реальной системе. За счет калибровки иногда удается уменьшить неточности описания отдельных подсистем (элементов) реальной системы и тем самым повысить достоверность получаемых модельных результатов.

В модели при калибровке возможны изменения трех типов:

- глобальные структурные изменения;
- локальные структурные изменения;
- изменение так называемых калибровочных параметров в результате реализации достаточно сложной итерационной процедуры, включающей многократное построение регрессионных зависимостей и статистическую оценку значимости улучшения модели на очередном шаге.

При необходимости проведения некоторых локальных и особенно глобальных структурных изменений приходится возвращаться к содержательному описанию моделируемой системы и искать дополнительную информацию о ней.

Исследование свойств имитационной модели. После испытаний имитационной модели переходят к изучению ее свойств.

При этом наиболее важны четыре процедуры:

- оценка погрешности имитации;
- определение длительности переходного режима в имитационной модели;
- оценка устойчивости результатов имитации;
- исследование чувствительности имитационной модели.

Оценка погрешности имитации, связанной с использованием в модели, например генераторов ПСЧ. Исследование качества генераторов ПСЧ проводится известными методами теории вероятностей и математической статистики. Важнейшим показателем качества любого генератора ПСЧ является период последовательности ПСЧ (при требуемых статистических свойствах). В большинстве случаев о качестве генератора ПСЧ судят по оценкам математических ожиданий и дисперсий отклонений компонент функции отклика.

Определение длительности переходного режима. Обычно имитационные модели применяются для изучения системы в типичных для нее и повторяющихся условиях. В большинстве стохастических моделей требуется некоторое время T_0 для достижения моделью установившегося состояния.

Под статистическим равновесием или установившимся состоянием модели понимают такое состояние, в котором противодействующие влияния сбалансированы и компенсируют друг друга. Иными словами: модель находится в равновесии, если ее отклик не выходит за предельные значения.

Существует три способа уменьшения влияния начального периода на динамику моделирования сложной системы:

- использование «длинных прогонов», позволяющих получать результаты после заведомого выхода модели на установившийся режим;
- исключение из рассмотрения начального периода прогона;
- выбор таких начальных условий, которые ближе всего к типичным.

Для отделения переходного режима от стационарного у исследователя должна быть возможность наблюдения за моментом входа контролируемого параметра в стационарный режим. Часто используют такой метод: строят графики изменения контролируемого параметра в модельном времени и на нем выявляют переходный режим.

На рис.13.5 представлен график изменения $k-го$ контролируемого параметра модели g_k в зависимости от модельного времени t_0.

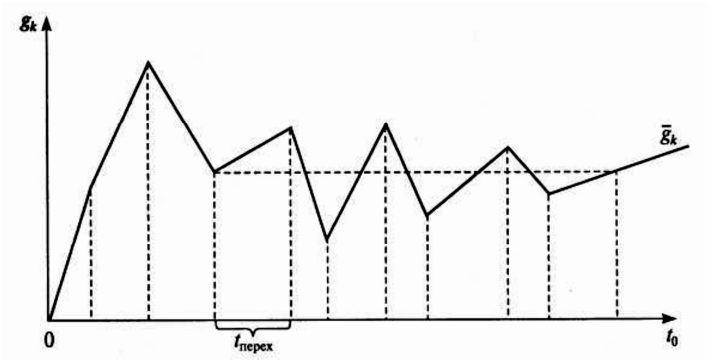

Рисунок 13.5. Определение длительности переходного периода

Из анализа данных, представленных на рис. 13.5 видно, что, начиная со времени $t_{перех}$ этот параметр «вошел» в установившийся режим со средним значением $\overline{g}_k$.

Если построить подобные графики для всех (или большинства существенных) контролируемых параметров модели, определить для каждого из них длительность переходного режима и выбрать из них наибольшую, в большинстве случаев можно считать, что после этого времени все интересующие исследователя параметры находятся в установившемся режиме.

Оценка устойчивости результатов имитации. Под устойчивостью результатов имитации понимают степень их нечувствительности к изменению входных условий.

Универсальной процедуры оценки устойчивости нет. Практически часто находят дисперсию отклика модели Y по нескольким компонентам и проверяют, увеличивается ли она с ростом интервала моделирования. Если увеличения дисперсии отклика не наблюдается, результаты имитации считают устойчивыми.

Важная практическая рекомендация: чем ближе структура модели к структуре реальной системы и чем выше степень детализации учитываемых в модели факторов, тем шире область устойчивости (пригодности) результатов имитации.

Исследование чувствительности модели. Работы на этом этапе имеют два направления:

- установление диапазона изменения отклика модели при варьировании каждого параметра;

- проверка зависимости отклика модели от изменения параметров внешней среды.

В зависимости от диапазона изменения откликов Y при изменении каждой компоненты вектора параметров X определяется стратегия планирования экспериментов на модели.

Если при значительной амплитуде изменения некоторого компонента вектора параметров модели отклик меняется незначительно, то точность представления ее в модели не играет существенной роли.

Проверка зависимости отклика модели Y от изменений параметров внешней среды основана на расчете соответствующих частных производных и их анализе.

Тема №14. Методы прогнозирования в научных исследованиях

14.1. Основные положения теории прогнозирования

В снабженческой, производственной и транспортной сфере широко используются методы прогнозирования, поскольку значения прогнозных оценок развития анализируемых процессов или явлений являются основой принятия управленческих решений при оперативном, тактическом и стратегическом планировании.

Очевидно также, что точность и надежность прогноза определяет эффективность реализации различных операций и функций — от оценки вероятности дефицита продукции на складе до выбора стратегии развития фирмы.

Различным аспектам теории прогнозирования посвящено значительное количество исследований.

В большинстве работ по прогнозированию прогноз определяется как вероятностное научно обоснованное суждение о перспективах, возможных состояниях того или иного явления в будущем и (или) об альтернативных путях и сроках их осуществления.

Методологией прогнозирования — область знаний о методах, способах и системах прогнозирования.

Метод прогнозирования — способ исследования объекта, направленный на разработку прогноза.

Методика прогнозирования — совокупность одного или нескольких методов.

Система прогнозирования — упорядоченная совокупность методик и средств реализации.

Теория прогнозирования включает:

- анализ объекта прогнозирования;
- методы прогнозирования, подразделяющиеся на математические (формализованные) и экспертные (интуитивные);
- системы прогнозирования.

При анализе объектов прогнозирования производится классификация прогнозов, при этом в качестве основных признаков указываются следующие:

- масштабность, отражающая количество значащих переменных в описании объекта;
- сложность, характеризующая степень взаимосвязи переменных;
- детерминированность или стохастичность переменных;
- информационная обеспеченность периода прогнозирования.

Собственно период прогнозирования (краткосрочный прогноз — до 1 года; среднесрочный — до 5 лет; долгосрочный — свыше 5 лет.

Математические методы прогнозирования подразделяются на три группы:

- симплексные (простые) методы экстраполяции по временным рядам;
- статистические методы, включающие корреляционный и регрессионный анализ и др.;
- комбинированные методы, представляющие собой синтез различных вариантов прогнозов.

При формировании методики прогнозирования целесообразно рассматривать прогноз в узком (первый тип прогноза) и в широком смысле (второй тип прогноза).

В узком смысле прогноз выполняется при условии, что основные факторы, определяющие развитие прогнозируемого процесса или явления, не претерпят существенных изменений.

Прогнозы первого типа:

- осуществляются с применением симплексных или статистических методов на основе временных рядов;
- число значимых переменных включают от одного до трех параметров, т.е. по масштабности они относятся к сублокальным прогнозам;
- при использовании одного параметра, например, времени, такие прогнозы считаются сверхпростыми, при двух-трех взаимосвязанных параметрах - сложными;
- по степени информационной обеспеченности прогнозы этого типа могут быть отнесены к объектам с полным информационным обеспечением.

Прогнозы второго типа подразумевает, что исходные данные для получения оценок определяются с использованием опережающих методов прогнозирования: патентного, публикационного и др.

Как правило, прогнозы второго типа используются для долгосрочного прогнозирования и разбиваются на два этапа:

- первый — получение прогнозных оценок основных факторов;
- второй — собственно прогноз развития процесса или явления.

Наибольшее распространение получили методы прогнозирования первого типа. Более часто для прогнозирования первого типа используется метод экстраполяции.

В общем случае модель прогноза включает три составляющие (рис 14.1) и записывается в виде:

$$y_t = \bar{y}_t + \nu_t + \varepsilon_t, \qquad (14.1)$$

где $\underline{y}_t$ — прогнозные значения временного ряда;

$\bar{y}_t$ — среднее значение прогноза (тренд);

ν_t — составляющая, отражающая сезонные колебания (сезонная волна);

ε_t — случайная величина отклонения прогноза.

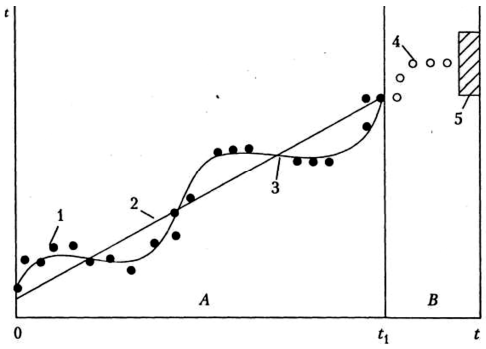

Рис.14.1. Прогнозирование на основе временных рядов:
1 — экспериментальные данные на интервале наблюдения (А);
2 — тренд; 3 — тренд и сезонная волна; 4 — значение точечного прогноза на интервале упреждения (В); 5 — интервальный прогноз

При этом может быть предложена следующая последовательность расчета:

1. На основе значений временного ряда на предпрогнозном периоде (интервале наблюдения) с использованием метода наименьших квадратов определяются коэффициенты уравнения тренда $\overline{y}_t$, видом которого задаются. Обычно для описания тренда используются полиномы различных порядков, экспоненциальные, степенные функции и т.п.;

2. Для исследования сезонной волны значения тренда исключаются из исходного временного ряда. При наличии сезонной волны определяют коэффициенты уравнения, выбранного для аппроксимации v_t;

3. Случайные величины отклонения ε_t определяются после исключения из временного ряда значений тренда и сезонной волны на предпрогнозном периоде. Как правило, для описания случайной величины ε_t используется нормальный закон распределения;

4. Для повышения точности прогноза применяются различные методы (дисконтирование, адаптация и др.). Наибольшее распространение в практике расчетов получил метод экспоненциального сглаживания, позволяющий повысить значимость последних уровней временного ряда по сравнению с начальными.

14.2. Применение методов прогнозирования для решения прикладных задач

Рассмотрим применение методов прогнозирования на основе данных расхода деталей на складе. В табл.14.1 приведены три реализации текущего расхода. Для каждой реализации даны величины расхода за день и интегральные характеристики, представляющие собой расход деталей со склада за соответствующий цикл.

Таблица 14.1

Динамика спроса в течение трех циклов расхода запасов

1-й цикл			2-й цикл			3-й цикл		
день	спрос, ед.	всего с начала цикла	день	спрос, ед.	всего с начала цикла	день	спрос, ед.	всего с начала цикла
1	9	9	11	0	0	21	5	5
2	2	11	12	6	6	22	5	10
3	1	12	13	5	11	23	4	14
4	3	15	14	7	18	24	3	17
5	7	22	15	10	28	25	4	21
6	5	27	16	7	35	26	1	22
7	4	31	17	6	41	27	2	24
8	8	39	18	9	50	28	8	32
9	6	50	19	*	50	29	3	35
10	5		20	*	50	30	4	39

Проиллюстрируем возможные варианты прогнозов для одной реализации и для ансамбля из трех реализаций.

Воспользуемся первой реализацией.

Допустим, что нам известны значения расхода деталей со склада за пять дней работы (табл.14.2).

Выберем уравнение тренда $\bar{y}_t$ в виде линейной зависимости:

$$y_t = a_0 + a_1 t \,. \qquad (14.2)$$

Расчет коэффициентов уравнения a_0 и a_1 производится по формулам:

$$a_0 = \frac{\sum y_i \sum t_i^2 - \sum t_i \sum y_i t_i}{N\sum t_i^2 - \left(\sum t_i\right)^2} \,; \qquad (14.3)$$

$$a_1 = \frac{N\sum y_i t_i - \sum y_i \sum t_i}{N\sum t_i^2 - \left(\sum t_i\right)^2} \,. \qquad (14.4)$$

Формулы (143) и (14.4) получены на основе метода наименьших квадратов.

Входящие в формулы значения сумм рассчитаны в табл.14.2. Подставляя их значения, находим

$$a_0 = 45.2; \quad a_1 = -3.0 \,.$$

Таким образом, уравнение прогноза пишется в виде:

$$y_t = 45.2 - 3.0t\,.$$

Таблица 14.2

Исходные данные и результаты расчета коэффициентов уравнения (14.2) при $N = 5$

$t_{i,дн.}$	y_i, ед.	t_i^2	$y_i t_i$	Прогноз y_i^*	$(y_i - y_i)^2$
1	41	1	41	42	1
2	39	4	78	39	0
3	38	9	114	36	4
4	35	16	140	33	4
5	28	25	140	30	4
Суммы $\sum t_i = 15$	$\sum y_i = 15$	$\sum t_i^2 = 15$	$\sum y_i t_i = 513$		$\sum (y_i - y_i)^2 = 13$

Для оценки границ интервального прогноза необходимо рассчитать среднее квадратичное отклонение:

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^{N} \left(y_i - \overline{y}\right)^2}\,. \qquad (14.5)$$

Вспомогательные расчеты приведены в табл.14.2. Подставляя значения в формулу (14.5), находим σ_t:

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{1}{5-1} \cdot 13} = 1.8\,.$$

На основании полученных зависимостей y_t и σ_t рассчитываются ***прогнозные оценки:***

- среднего времени расхода текущего запаса $\overline{T}$;
- страхового запаса y_C с заданной доверительной вероятностью P;
- вероятности отсутствия дефицита деталей на складе в течение прогнозируемого периода.

Приняв $y_t = 0$, находим:

$$\overline{T} = \frac{-a_0}{a_1} = \frac{-45.2}{-3.0} = 15\ дней\,.$$

Для расчета страхового запаса воспользуемся формулой:

$$y_C = \sigma_t \cdot t_\beta\,, \qquad (14.6)$$

где σ_t — среднее квадратичное отклонение, формула (14.5);

t_β — параметр нормального закона распределения, соответствующий доверительной вероятности β.

Параметр t_β определяет для нормального закона число средних квадратических отклонений, которые нужно отложить от центра рассеивания (влево и вправо) для того, чтобы вероятность попадания в полученный участок была равна β.

В нашем случае доверительные интервалы откладывают вверх и вниз от среднего значения y_t.

В табл.14.3 приведены наиболее часто встречающиеся в практических расчетах значения вероятности β и параметра t_β для нормального закона распределения.

Таблица 14.3

Доверительная вероятность β и параметр t_β нормального закона распределения

β	t_β	β	t_β
0,80	1,282	0,92	1,750
0,82	1,340	0,94	1,880
0,84	1,404	0,95	1,960
0,86	1,475	0,96	2,053
0,88	1,554	0,98	2,325
0,90	1,643	0,99	2,576
0,91	1,694	0,999	3,290

Для рассматриваемого примера для доверительной вероятности $\beta = 0.9$ по табл.14.3 находим $t_\beta = 1.643$ и по формуле (14.6) величину страхового запаса:

$$y_C = 1.8 \cdot 1.643 = 2.96.$$

Примем $y_C = 3.0$.

На рис.14.2 приведены границы интервального прогноза при $\beta = 0.9$.

y. ед.

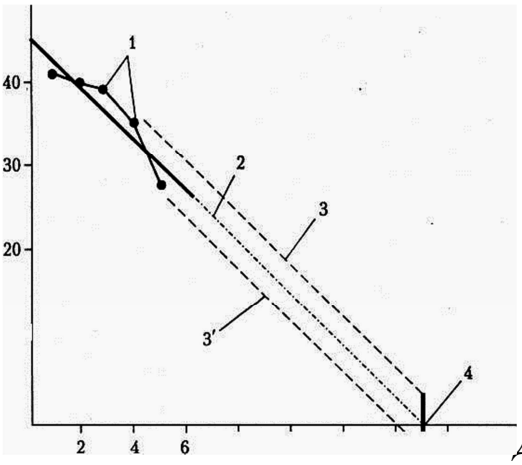

Рис.14.2. Прогноз текущего расхода деталей на складе ($N = 5$):
1 — исходные данные; 2 — уравнение тренда; 3,3 — границы интервального прогноза; 4 — время расхода запаса $\overline{T}$

Для учета возможных нарушений срока поставки необходимо оценить влияние задержки, связанной с выполнением заказа, в частности с транспортировкой.

По одной реализации невозможно оценить вероятностный характер длительности функциональных циклов поставки. Однако можно предположить, что выявленная тенденция расхода запаса, формула (14.1), сохранится.

В этом случае для оценки прогнозной величины страхового запаса можно воспользоваться формулой:

$$y_C^* = |a_1|\tau + t_\beta \sigma_t , \qquad (14.7)$$

где τ — параметр, характеризующий количество дней задержки поставки заказа.

Рассчитаем величину страхового запаса при условии задержки на один день по сравнению с прогнозной оценкой $\overline{T} = 15$ дней, т.е. на $16^{й}$ день.

По формуле (14.7) находим:

$$y_C^* = |-3.0| \cdot 1.0 + 1.643 \cdot 1.8 = 6.0 \; ед .$$

Аналогично при $\tau = 2$ $(17^{й}$ день) $y_C^* = 9.0 \; ед$.

Допустим, что отклонения ежедневного расхода деталей от среднего значения (тренда) подчиняются нормальному закону распределения.

Определим вероятность отсутствия дефицита по формуле:

$$P(y) = 1 - F(y) = 1 - \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{y} e^{-\frac{(y-y_t)^2}{2\sigma^2}} dy , \qquad (14.8)$$

где y_t — уравнение тренда, формула (14.1);

σ — среднее квадратическое отклонение, формула (14.5).

Сделаем в интеграле замену переменной:

$$\frac{y - y_t}{\sigma} = x \qquad (14.9)$$

и приведем его к виду:

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\frac{y-y_t}{\sigma}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx . \qquad (14.10)$$

Для расчетов данного интеграла можно воспользоваться численными методами и ЭВМ или специальными таблицами.

Для нормальной функции распределения с параметрами $m_x = 0$ и $\sigma_x = 1$

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{x} e^{-\frac{t^2}{2}} dt . \qquad (14.11)$$

Очевидно, что: $F(y) = \Phi\left(\frac{y - y_t}{\sigma}\right)$.

В табл.14.4 приведен ряд значений функции $\Phi(x)$ и $P(x)$.

Таблица 14.4

Значения нормальной функции распределения Ф(x), вероятности P(x) и параметра x

x	$\Phi(x)$	$P(x)$	x	$\Phi(x)$	$P(x)$
0,00	0,50	0,50	-1,280	0,10	0,90
-0,125	0,45	0,55	-1,405	0,08	0,92
-0,253	0,40	0,60	-1,555	0,06	0,94
-0,385	0,35	0,65	-1,645	0,05	0,95
-0,525	0,30	0,70	-1,75	0,04	0,96
-0,675	0,25	0,75	-2,05	0,02	0,98
-0,842	0,20	0,80	-2,30	0,01	0,99
-1,037	0,15	0,85	-3,10	0,001	0,999

Между параметрами t_β и x, а также β и $\Phi(x)$ существует соотношение:

$$2\Phi(x) - 1 = \beta . \qquad (14.12)$$

На рис.14.3 приведены графики нормальной функции распределения и плотности нормального распределения.

Появление дефицита означает, что текущая величина запаса на складе равна нулю, т.е. $y = 0$.

Для определения вероятности отсутствия дефицита необходимо:

по формуле (14.9) рассчитать $x = \dfrac{-y_t}{\sigma}$;

по табл.14.4 с помощью x найти $P(x)$.

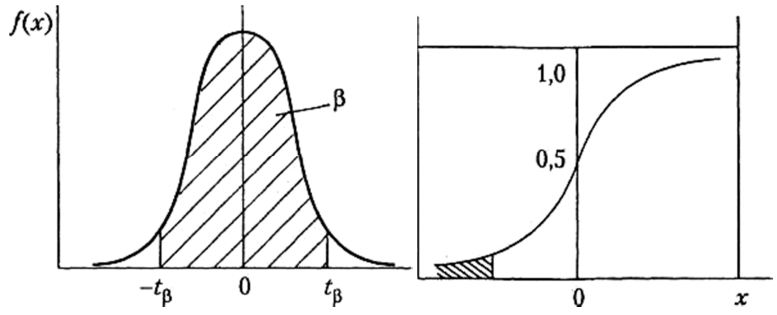

Рис.14.3. Нормальный закон распределения:
а) — плотность распределения; б) — функция распределения

Для рассматриваемого примера рассчитаем вероятности отсутствия дефицита деталей на складе на $13^{й}$, $14^{й}$ и $15^{й}$ дни.

Для $T = 13$ получаем: $y = 45.2 - 3.0 = 6.2$; $x = -6.2/1.8 = -3.44$.

По табл.14.4 находим $P > 0.999$, т.е. вероятность дефицита ничтожно мала.

Для $T = 14$ получаем: $y = 3.2$; $x = -1.78$; $P \approx 0.95$.

Для $T = 15$ получаем: $P \approx 0.5$.

Определим ошибку прогноза среднего времени T, поскольку имеются реальные данные о текущем расходе в табл.14.1:

$$\Delta T = \left| \frac{T_\Phi - T_\Pi}{T_\Pi} \right| \cdot 100\%, \qquad (14.13)$$

где T_Φ, T_Π — соответственно фактическая и прогнозная продолжительность цикла.

Подставив значения в (14.13), находим:

$$\Delta T = \left| \frac{10 - 15}{10} \right| \cdot 100\% = 50\%.$$

Ошибка прогноза велика, но это закономерно, так как нарушено одно из эмпирических правил экстраполяционного прогнозирования: между предпрогнозным периодом t и периодом упреждения (прогноза) $\tau = T - t$ должно соблюдаться соотношение:

$$\frac{t}{T - t} = 3. \qquad (14.14)$$

Если следовать соотношению (14.14), то при $t = 5$ допустимая величина времени прогноза:

$$T = \frac{4}{3}t \,. \qquad (14.15)$$

Следовательно, величина надежного прогноза соответствует $T \approx 7$ дней и период упреждения составляет $\tau = 2$ дня.

Рассмотрим ансамбль из трех реализаций расхода деталей на складе.

Как и в предыдущем примере, допустим, что информация ограничена 7 днями.

Рассчитаем средние значения и дисперсии для каждого дня прогнозного периода по формулам

$$\overline{m}_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} m_{ij}}{n}; \qquad (14.16)$$

$$D_j = \sum_{i=1}^{n} \frac{\left(m_{ij} - \overline{m}_j\right)^2}{n-1} \,. \qquad (14.17)$$

$$\overline{m}_j = \frac{41 + 50 + 45}{3} = 45.3;$$

$$D_j = \frac{(41-45.3)^2 + (50-45.3)^2 + (45-45.3)^2}{3-1} = 19.9 \,.$$

Результаты расчетов приведены в таблице нарис.14.4.

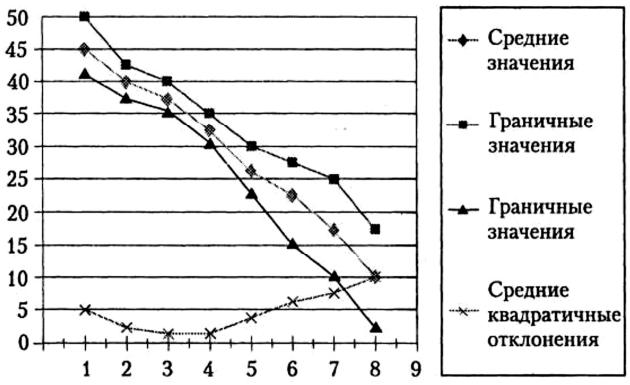

Рис.14.4. Зависимость средних значений и средних квадратических отклонений от времени для трех реализаций

Для аппроксимации средних значений $m(t)$ выберем линейную зависимость

$$m(t) = b_0 + b_1 t \,. \qquad (14.18)$$

Таблица 14.5

t_i	y_{1i}	y_{2i}	y_{3i}	$\bar{m}_{yi}$	$(m_y - y_{1i})^2$	$(m_y - y_{2i})^2$	$(m_y - y_{3i})^2$	$\sum \frac{(m_y - y_{ji})^2}{n-1}$	σ_i
1	41	50	45	45,3	17,64	22,09	0,09	19,91	4,46
2	39	44	40	41,0	4,0	9,00	1,0	7,0	2,64
3	38	39	36	37,7	0,09	1,69	2,89	2,33	1,52
4	35	32	33	33,3	2,89	1,69	0,09	2,33	1,52
5	28	22	29	26,3	2,89	18,49	7,29	14,33	3,79
6	23	15	28	22,0	1,0	49,0	36	43	6,55
7	19	9	26	18,0	1,0	81,0	64	73	8,54
Суммы								161,9	

Воспользовавшись методом наименьших квадратов, найдем коэффициенты b_0 и b_1.

Спрогнозируем среднюю величину времени расхода запаса:

$$\bar{T} = \frac{-b_0}{b_1} = \frac{-51.6}{-4.92} = 10.49 \text{ дн}.$$

Зависимости $D(t)$ и $\sigma(t)$ имеют явно нелинейный характер и для точных прогнозов они могут быть аппроксимированы полиномами различных порядков, например в виде параболы:

$$\sigma(t) = c_0 + c_1 t + c_2 t^2 \qquad (14.19)$$

В первом приближении ограничимся средними значениями дисперсии и среднего квадратического отклонения σ, которое рассчитывается по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum D_j}{N}} = \sqrt{\sum \frac{\sum (m_y - y_y)^2}{N}}. \qquad (14.20)$$

При подстановке значений из ***табл.14.5*** находим:

$$\sigma = \sqrt{\frac{161.1}{7}} = 4.81.$$

Рассчитаем величину страхового запаса.

В первом случае расчет производится по формуле (14.6). Например, при $\beta = 0.95$ находим:

$$y_c = 4.81 \cdot 1.96 = 9.42 \approx 9.$$

Во втором случае расчет y_c производится по формуле (14.7).

Особенность расчета для ансамбля реализаций состоит в том, что имеется возможность оценки величины $\bar{\tau}$ — среднего количества дней, в которые наблюдается дефицит деталей.

В общем случае $\bar{\tau}$ можно рассчитать по формуле:

$$\bar{\tau} = \frac{\sum t_i n_i}{\sum n_i}, \qquad (14.21)$$

где t_i — число дней дефицита в i-й реализации, $t_i = 0,1,2,...$;

n_i — количество i-х реализаций.

Например, в рассматриваемом примере в первой реализации $(i=1)$ не наблюдается дефицита, т.е. $t_1=0$; у второй $(i=2)$ - два дня дефицита $t_i=2$; а у третьей $(i=3)$ нет дефицита.

Тогда по формуле (14.21):

$$\bar{\tau}=\frac{0\cdot 2+2\cdot 1}{3}=0.66\,.$$

При подстановке в (14.7) находим:

$$y_c=\left|4.92\right|\cdot 0.66+1.96\cdot 4.81=3.24+9.42=12.66$$

Проведенные расчеты позволяют сделать следующие уточнения:

1. Рассчитанные величины среднего запаса получены при условии, что наблюдающая величина дефицита и вариация ежедневного расхода - независимые величины. Несомненно, это допущение требует проверки.

2. При наличии большого количества реализаций расчет величины $\bar{\tau}$ должен быть выполнен до проведения прогнозных расчетов.

Проверка формул (14.7) и (14.21) может быть осуществлена с использованием имитационного моделирования.

Тема №15. Методология выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ

15.1. Сущность и содержание научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ

Разработать и внедрить в производство изделие новой модели означает превратить знания, новую идею в готовый продукт. Превращение знания в продукт требует затрат времени и крупных единовременных денежных расходов, величина которых тем больше, чем выше уровень новизны продукции и чем чаще происходит смена моделей изделий. Это в свою очередь влечёт за собой удорожание изделий при их производстве.

Время, в течение которого знания превращаются в продукт, т.е. разработка новой продукции, её освоение и изготовление на предприятии вплоть до снятия с производства, принято называть жизненным циклом продукции. Вначале жизненного цикла продукции выполняется полный комплекс работ по ее созданию.

Первые этапы жизненного цикла нового изделия начинаются со стадий научно-исследовательской работы (НИР) и опытно-конструкторской работы (ОКР).

В процессе НИР возникают и проходят всестороннюю проверку новые идеи, реализуемые иногда в виде открытий и изобретений. Теоретические предпосылки решения научной проблемы проверяются в ходе опытно-экспериментальных работ. ОКР – это переходная стадия от научных исследований к производству. На этой стадии идеи, возникающие в процессе НИР, практически претворяются в техническую документацию и опытные образцы.

Цикл НИР состоит из стадий, а также возможных этапов по стадиям. Под стадией понимается логически обоснованный комплекс работ, имеющий самостоятельное значение и являющийся объектом планирования и финансирования.

На первой стадии — разработка технического задания (ТЗ)– подбираются и изучаются научно-техническая литература, патентная информация и другие материалы по теме, обсуждаются полученные данные, на их основе составляется аналитический обзор, и выдвигаются гипотезы. По результатам анализа выбираются направления работы и пути реализации требований, которым должно удовлетворять изделие. Составляется отчётная научно-техническая документация по стадии, определяются необходимые исполнители, подготавливается и выдается техническое задание.

На второй стадии — проведение теоретических и экспериментальных исследований —– осуществляется:

- теоретическая разработка темы, в процессе которой проверяются научные и технические идеи, разрабатываются методики исследований, обосновы-

вается выбор разного рода схем, выбираются методы расчётов и исследований, выявляется необходимость проведения экспериментальных работ, разрабатываются методики их проведения;

- если определена необходимость проведения экспериментальных работ, осуществляются проектирование и изготовление макетов и экспериментального образца;

- проводятся стендовые и полевые экспериментальные испытания образца по разработанным программам и методикам, анализируются результаты испытаний, определяется степень соответствия полученных данных на экспериментальном образце расчетным и теоретическим выводам. Если имеют место отклонения, то дорабатывается экспериментальный образец, и проводятся дополнительные испытания, при необходимости вносятся изменения в разработанные схемы, расчеты, техническую документацию.

На третьей стадии — оформление результатов НИР — составляется отчётная документация, включающая материалы по новизне и целесообразности использования результатов НИР, по экономической эффективности. Если получены положительные результаты, то разрабатываются научно-техническая документация и проект технического задания на опытно-конструкторские работы. Составленный и оформленный комплект научно-технической документации предъявляется к приёмке заказчику. Если частные технические решения имеют новизну, то они оформляются через патентную службу независимо от окончания составления всей технической документации. Руководитель темы перед предъявлением НИР комиссии составляет извещение о её готовности к приёмке.

На этапе приемки темы проводится обсуждение и утверждение результатов НИР (научно-технического отчета) и подписание акта заказчика о принятии работы. Если получены положительные результаты и подписан акт приемки, то разработчик передает заказчику:

- принятый комиссией экспериментальный образец нового изделия;

- протоколы приёмочных испытаний и акты приёмки опытного образца (макета) изделия;

- расчеты экономической эффективности использования результатов разработки;

- необходимую конструкторскую и технологическую документацию по изготовлению экспериментального образца.

Разработчик принимает участие в проектировании и освоении нового изделия и наряду с заказчиком несёт ответственность за достижение гарантированных им показателей изделия.

Комплексное проведение НИР по определённой целевой программе позволяет не только решить научно-техническую проблему, но и создать достаточ-

ный задел для более оперативного и качественного проведения опытно-конструкторских работ, конструкторской и технологической подготовки производства, а также значительно сократить объём доработок и сроки создания и освоения новой техники.

Опытно-конструкторские разработки проводятся в порядке реализации результатов НИР или непосредственно по техническому заданию на ОКР без предшествующей научно-исследовательской работы. При этом выделяется несколько этапов.

1. Техническое задание является исходным документом, на основе которого осуществляется вся работа по созданию нового изделия. Оно разрабатывается предприятием-изготовителем продукции и согласуется с заказчиком (основным потребителем). Утверждается ведущим министерством (к профилю которого относится разрабатываемое изделие).

В ТЗ определяется назначение будущего изделия, тщательно обосновываются его технические и эксплуатационные параметры и характеристики: производительность, габариты, скорость, надёжность, долговечность и другие показатели, обусловленные характером работы будущего изделия. В нём также содержатся сведения о характере производства, условиях транспортировки, хранения и ремонта, рекомендации по выполнению необходимых стадий разработки конструкторской документации и её составу, технико-экономическое обоснование и другие требования. Разработка ТЗ базируется на основе выполненных научно-исследовательских работ, информации маркетинговых исследований, анализа существующих аналогичных моделей и условий их эксплуатации. После согласования и утверждения ТЗ является основанием для разработки эскизного проекта.

2. Эскизный проект состоит из графической части и пояснительной записки.

Первая часть содержит принципиальные конструктивные решения, дающие представление об изделии и принципе его работы, а также данные, определяющие назначение, основные параметры и габаритные размеры. Таким образом, она дает конструктивное оформление будущей конструкции изделия, включая чертежи общего вида, функциональные блоки, входные и выходные электрические данные всех узлов (блоков), составляющих общую блок-схему. На этой стадии разрабатывается документация для изготовления макетов, осуществляется их изготовление и испытания, после чего корректируется конструкторская документация. Вторая часть эскизного проекта содержит расчет основных параметров конструкции, описание эксплуатационных особенностей и примерный график работ по технической подготовке производства.

В состав задач эскизного проекта входит и разработка различных руководящих указаний по обеспечению на последующих стадиях технологичности,

надежности, стандартизации и унификации, а также составление ведомости спецификаций материалов и комплектующих изделий на опытные образцы для последующей передачи их в службу материально-технического обеспечения. Макет изделия позволяет добиться удачной компоновки отдельных частей, найти более правильные эстетические и эргономические решения и тем самым ускорить разработку конструкторской документации на последующих стадиях. Эскизный проект проходит те же стадии согласования и утверждения, что и ТЗ.

3. Технический проект разрабатывается на основе утвержденного эскизного проекта и предусматривает выполнение графической и расчетной частей, а также уточнения технико-экономических показателей создаваемого изделия. Он состоит из совокупности конструкторских документов, содержащих окончательные технические решения, которые дают полное представление об устройстве разрабатываемого изделия и исходные данные для разработки рабочей документации.

В графической части технического проекта приводятся чертежи общего вида проектируемого изделия, узлов в сборке и основных деталей. Чертежи обязательно согласовываются с технологами. В пояснительной записке содержатся описание и расчет параметров основных сборочных единиц и базовых деталей изделия, описание принципов его работы, обоснование выбора материалов и видов защитных покрытий, описание всех схем и окончательные технико-экономические расчеты. На этой стадии при разработке вариантов изделий изготавливается и испытывается опытный образец. Технический проект проходит те же стадии согласования и утверждения, что и техническое задание.

4. Рабочий проект является дальнейшим развитием и конкретизацией технического проекта. Эта стадия разбивается на три уровня:

а) разработка рабочей документации опытной партии (опытного образца);

б) разработка рабочей документации установочной серии;

в) разработка рабочей документации установившегося серийного или массового производства.

Первый уровень рабочего проектирования выполняется в три, а иногда и в пять этапов. На первом этапе разрабатывают конструкторскую документацию для изготовления опытной партии. Одновременно определяют возможность получения от поставщиков некоторых деталей, узлов, блоков (комплектующих). Всю документацию передают в экспериментальный цех для изготовления по ней опытной партии (опытного образца). На втором этапе осуществляют изготовление и заводские испытания опытной партии. Как правило, проводят заводские механические, электрические, климатические и другие испытания. Третий этап заключается в корректировке технической документации по результатам заводских испытаний опытных образцов. Если изделие проходит

государственные испытания (четвертый этап), то в процессе этих испытаний уточняются параметры и показатели изделия в реальных условиях эксплуатации, выявляются все недостатки, которые впоследствии устраняются. Пятый этап состоит в корректировке документации по результатам государственных испытаний и согласовании с технологами вопросов, касающихся классов шероховатости, точности, допусков и посадок.

Второй уровень рабочего проектирования выполняется в два этапа. На первом этапе в основных цехах завода изготавливают установочную серию изделий, которая затем проходит длительные испытания в реальных условиях эксплуатации, где уточняют стойкость, долговечность отдельных деталей и узлов изделия, намечают пути их повышения. Запуску установочных серий предшествует, как правило, технологическая подготовка производства. На втором этапе производят корректировку конструкторской документации по результатам изготовления, испытания и оснащения технологических процессов изготовления изделий специальной оснасткой. Одновременно с этим корректируют и технологическую документацию.

Третий уровень рабочего проектирования выполняется в два этапа. На первом этапе осуществляют изготовление и испытание головной или контрольной серии изделий, на основе которой производят окончательную отработку и выверку технологических процессов и технологического оснащения, корректировку технологической документации, чертежей приспособлений, штампов и т.д., а также нормативов расхода материалов и рабочего времени. На втором этапе окончательно корректируют конструкторскую документацию.

Круг работ, выполняемых на стадиях, может отличаться от рассмотренного выше в зависимости от типа производства, сложности изделия, уровня кооперирования и ряда других факторов.

15.2. Содержание технического задания на научно-исследовательскую работу

Техническое задание на НИР в общем случае должно содержать следующие разделы:

- наименование работы и шифр;
- основание для проведения НИР;
- цель и задачи разработки НИР;
- исполнитель НИР соисполнители;
- этапы НИР;
- сроки выполнения;
- основные требования к выполнению НИР;

- порядок реализации результатов НИР;
- перечень технической документации, предъявляемой по окончании работ;
- порядок рассмотрения и приемки НИР;
- технико-экономическое обоснование НИР;
- дополнительные сведения;
- приложения.

В разделе ***«Наименование работы, шифр»*** приводят полное наименование НИР, условное наименование или шифр НИР.

В разделе ***«Основание для проведения НИР»*** указывают полное наименование документов, на основании которых должна проводиться работа, их номера, даты утверждения и организации, утвердившие эти документы.

В разделе ***«Цель и задачи разработки»*** приводят краткую характеристику и оценку состояния решаемой проблемы, цель и задачи данной работы, ее актуальность, обоснование необходимости проведения данной НИР и сведения о том, проводится ли работа впервые или является продолжением ранее начатых работ. При проведении НИР, базирующихся на результатах фундаментальных исследований, указывают, на основе каких исследований проводят данную работу (открытия, изобретения и т.д.).

В разделе ***«Исполнитель, соисполнители»*** указывают наименование предприятия-исполнителя и соисполнителей НИР. При указании соисполнителей должно быть оговорено, в какой части НИР они участвуют.

В разделе ***«Этапы НИР»*** указывают наименования этапов разработки и сроки их выполнения, краткое содержание работы и чем заканчивается работа.

В общем случае НИР должна содержать следующие этапы:

Этап работы	Содержание работ	Исполнитель	Срок выполнения		Чем заканчивается этап
			Начало	Окончание	
Этап 1 Выбор направлений исследований	Анализ и обобщение научно-технических и патентных материалов. Выбор направлений исследований. Технико-экономическое обоснование возможных решений и их оценка. Разработка общей методики проведения исследований (программы работ, плана-графика, сетевого графика). Составление и оформление промежуточного отчета.				Промежуточным отчетом, содержащим материалы по выбору и обоснованию направлений исследований.
Этап 2 Теоретические и экспериментальные исследования	Выполнение теоретических и экспериментальных исследований. Технико-экономические и патентные исследования. Конструирование, изготовление, отладка макетов и экспериментальных образцов. Проведение экспериментальных работ и испытаний. Обработка и корректировка результатов теоретических и экспериментальных исследований. Составление и оформление промежуточного отчета, рассмотрение результатов этапа.				Промежуточным отчетом, содержащим материалы теоретических и экспериментальных исследований.
Этап 3 Обобщение и оценка результатов исследований	Обобщение результатов и оценка выполненной НИР: - обобщение результатов работ по теме; - оценка полноты и качества решения поставленных задач; - обобщение материалов патентных исследований и проведение дополнительных патентных исследований (при необходимости). Разработка рекомендаций по использованию результатов работы, уточнение расчета экономической эффективности. Составление и оформление итогового отчета по теме.				Итоговым отчетом по теме, содержащим обобщенные материалы теоретических и экспериментальных исследований

В зависимости от характера и сложности НИР, степени проработанности темы допускается исключение или дополнение отдельных этапов работы, разделение или совмещение этапов, а также уточнение состава работ (по согласованию с Заказчиком НИР).

По комплексным темам, по которым не представляется возможным заранее определить все этапы и состав работ, ТЗ может составляться только на этап «Выбор направлений исследований». Техническое задание на последующие этапы работ составляют и утверждают после приемки первого этапа.

Этап ***«Выбор направлений исследований»*** выполняется с целью анализа состояния исследуемого вопроса и определения на его основе направления исследований. Данный этап предполагает проведение следующих работ:

- подбор, изучение и анализ научно-технической и нормативной литературы, патентной информации и других материалов, имеющих отношение к выполняемой теме, обобщение полученных данных;

- составление аналитического обзора, содержащего полный и систематизированный анализ уровня отечественных и зарубежных научных достижений по исследуемой проблеме с указанием возможных направлений проведения исследований;

- рассмотрение возможных направлений проведения исследований, выбор направления выполнения НИР, проведение технико-экономического анализа и обоснования принятого направления;

- оценка ориентировочной экономической эффективности от внедрения результатов НИР;

- уточнение общего объема работ по теме, подготовка и выдача ТЗ (при необходимости) на выполнение составных частей темы, разработка и согласование графика выполнения работ.

Этап ***«Выбор направлений исследований»*** может заканчиваться:

- выпуском промежуточного отчета;

- выпуском отчета о патентных исследованиях в соответствии с требованиями ГОСТ Р 15.011;

- выпуском другой документации по согласованию с Заказчиком.

Этап ***«Теоретические и экспериментальные исследования»*** является основной стадией работ и проводится с целью получения достаточных теоретических и экспериментальных результатов проведения исследований для решения задач, поставленных перед НИР.

В зависимости от характера и целевого назначения НИР на данном этапе должны быть проведены следующие работы;

- разработка методов расчета и исследований;

- обоснование и выбор оптимальных систем и компоновок;

- теоретические исследования, анализ полученных результатов теоретических исследований и определение возможности использования их для решения практических задач при проведении экспериментов;

- выбор объектов испытаний, разработка программ и методик испытаний, изготовление и отладка макетов, моделей, экспериментальных образцов, проведение экспериментальных работ и испытаний в принятом направлении исследований, обработка результатов испытаний;

- анализ и сопоставление результатов испытаний с результатами теоретических исследований, совершенствование разработанных схем, компоновок, макетов,

- моделей, экспериментальных образцов по результатам проведенных исследований, проведение необходимых дополнительных исследований и испытаний;

- технико-экономические исследования по определению трудоемкости обслуживания и затрат по расходу эксплуатационных материалов (запчастей), а также показателей удельной (на единицу оборудования) экономической эффективности;

- выбор наиболее прогрессивных конструктивных и технологических решений.

На данном этапе определяют технические характеристики изделия, подлежащие включению в ТЗ на проведение ОКР (при необходимости).

Этап «Теоретические и экспериментальные исследования» может заканчиваться:

- выпуском промежуточного отчета;

- выпуском отчета о патентных исследованиях на данной стадии НИР в соответствии с требованиями ГОСТ Р 15.011;

- выпуском другой документации по согласованию с Заказчиком.

При приемке этапа, должны быть представлены экспериментальные образцы (макеты), прошедшие испытания (если это предусмотрено в ТЗ).

Этап ***«Обобщение и оценка результатов исследований»*** является обобщающей стадией проведенных работ на всех этапах НИР.

В процессе выполнения этапа проводятся следующие работы:

- обобщение результатов предыдущих этапов работы. Проведение дополнительных исследований (при необходимости);

- разработка рекомендаций по проведению ОКР или новых НИР на основе результатов проведения НИР;

- составление проекта ТЗ на ОКР (при необходимости), согласование его с заинтересованными организациями;

- проведение оценки полноты решения задач и соответствия выполненной работы техническому заданию;

- составление проекта рекомендаций по внедрению результатов НИР (при необходимости).

Этап «Обобщение и оценка результатов исследований» заканчивается составлением:

- итогового отчета по НИР в целом;

- итогового отчета о патентных исследованиях.

В разделе ***«Сроки выполнения»*** указывают начало и окончание проведения НИР.

В разделе ***«Основные требования к выполнению НИР»*** приводят:

- краткую характеристику технического уровня изучаемого объекта по отечественным и зарубежным источникам;

- подробный перечень вопросов, которые должны быть исследованы;

- номенклатуру параметров, численные значения которых необходимо получить и точность их определения;

- перечень норм и технических требований, которым должны соответствовать результаты исследований, при завершении НИР;

- предполагаемые методы и объемы исследований;

- требования к способам обработки первичных материалов и к точности обработки результатов исследований;

- способы моделирования объектов исследований (математическое моделирование, физические модели, макеты, экспериментальные образцы и их количество, состав разрабатываемой для их изготовления документации).

В разделе ***«Порядок реализации результатов НИР»*** приводят требования к составлению проекта ТЗ на ОКР, а также требования к разработке предложений (проекта плана мероприятий) по реализации результатов НИР с указанием объектов, где целесообразно их использование.

Раздел ***«Перечень технической документации, предъявляемой по окончании работ»*** представляют в виде следующей таблицы:

Наименование документа	Количество экземпляров	Кому предъявляется на		
		заключение	согласование	утверждение
Указывают документы, предъявляемые по завершении отдельных этапов и НИР в целом для рассмотрения, согласования и приемки (научно-технические отчеты, отчеты о патентных исследованиях, методики, программы и протоколы испытаний), отчеты о патентных исследованиях, методики, программы и протоколы испытаний).		Указывают организации, которым предъявляются документы.		

В разделе ***«Порядок рассмотрения и приемки НИР»*** указывают необходимость рецензирования, порядок контроля и приемки этапов НИР и НИР в целом.

Уровень приемки НИР устанавливается Заказчиком НИР (техническое совещание, НТО, секция НТО, приемочная комиссия).

Результаты рассмотрения и приемки НИР на НТС или техническом совещании оформляют решением НТС или протоколом технического совещания. Приемку НИР приемочной комиссией осуществляют по программе, составленной исполнителем НИР по согласованию с Заказчиком.

В разделе ***«Технико-экономическое обоснование»*** указывают:

- технические и эксплуатационные показатели, соответствующие или превышающие лучшие отечественные или зарубежные показатели;
- экономические показатели;
- показатели ориентировочной экономической эффективности от внедрения продукции;
- рекомендации по снижению затрат на разработку и изготовление опытных образцов изделия;
- рекомендации по повышению уровня унификации и стандартизации при разработке новых изделий.

Раздел приводят при необходимости.

Раздел ***«Дополнительные сведения»*** может включать требования по обеспечению секретности и другие специальные требования.

Раздел приводят при необходимости.

В разделе ***«Приложения»*** приводят таблицы, схемы, перечни справочно-информационных и патентных материалов, перечень нового технологического оборудования, подлежащего разработке и т.п.

15.3. Содержание технического задания на опытно-конструкторскую работу

Техническое задание на ОКР в общем случае должно содержать следующие разделы:

- наименование и шифр изделия;
- основание для разработки;
- цель выполнения ОКР и назначение изделия;
- исполнитель, соисполнители;
- стадии и этапы разработки;
- сроки выполнения;
- источники разработки;
- технические требования;

- экономические показатели;

- порядок контроля и приемки;

- приложения.

Допускается уточнять содержание разделов, вводить новые разделы или объединять некоторые из них.

Техническое задание на ОКР должно разрабатываться с учетом положений ГОСТ Р 15.201.

В разделе ***«Наименование и шифр изделия»*** указывают наименование и условное обозначение (шифр) изделия, общую характеристику объекта на котором, предполагается использование изделия, возможность использования изделия для экспорта.

В разделе ***«Основание для разработки»*** указывают:

- полное наименование документа, на основании которого разрабатывают изделие, его номер, дату утверждения и организацию, утвердившую документ;

- наименование и (или) условное обозначение темы разработки.

В разделе ***«Цель выполнения ОКР и назначение изделия»*** указывают функциональное назначение разрабатываемого изделия, его перспективность, разрабатывается ли впервые или взамен какого изделия, а также задачи, решаемые разработкой.

В разделе ***«Исполнитель, соисполнители»*** указывают наименование предприятия-исполнителя и соисполнителей ОКР (при наличии).

В разделе ***«Стадии и этапы разработки»*** устанавливают необходимые стадии разработки и этапы работ, а также сроки их выполнения в соответствии с ГОСТ 2.103. Раздел «Стадии и этапы разработки» представляют в виде следующей таблицы:

Стадия разработки	Этап и краткое содержание работ	Исполнитель	Сроки выполнения		Чем заканчивается этап
			Начало	Окончание	

В разделе ***«Сроки выполнения»*** указывают начало и окончание проведения ОКР.

В разделе ***«Источники разработки»*** приводят перечень документов и результаты ранее проведенных работ, которые необходимо использовать при разработке изделия. Если ОКР проводится с учетом изобретения, то указывают номер авторского свидетельства и фамилию изобретателя. При большом объеме документов перечень их оформляют в виде приложения к ТЗ.

Раздел ***«Технические требования»*** в общем случае должен включать следующие сведения:

а) состав изделия и требования к конструкции устройства, в том числе:

- наименование, количество и назначение основных частей изделия;

- основные технические требования к схемным решениям;

- конструктивные требования к изделию и его составным частям (габаритные, установочные, присоединительные размеры, способы крепления, требования к условиям стыковки с объектом, регулировка элементов управления, виды покрытий, требования к применению вида электрического монтажа и т.д.);

- требования к блочности конструкции изделия;

- требования по ограничению массы изделия и его составных частей, удельная материалоемкость на единицу основного параметра;

- требования к средствам защиты (от влаги, вибрации, шума, вредных испарений, коррозии, микроорганизмов и др.);

- требования к взаимозаменяемости изделия и его составных частей;

- устойчивость к моющим средствам, маслам и др.;

- требования к помехозащищенности и исключению помех, влияющих на другую продукцию;

- требования к виду (единичный, групповой и др.) и составу ЗИП;

б) показатели назначения и экономичного использования материалов и энергии;

в) основные технические параметры изделия, определяющие целевое назначение изделия;

г) параметры воздействия разрабатываемого изделия на сопрягаемые изделия;

д) свойства изделия, отражающие уровень потребляемой энергии при эксплуатации;

е) требования к надежности, в том числе:

- коэффициент готовности Кг (при необходимости);

- показатели безотказности (вероятность безотказной работы P(t), средняя наработка на отказ То);

- показатели ремонтопригодности (среднее время восстановления работоспособного состояния Тв, вероятность восстановления работоспособного состояния Рв(t) и другие показатели ремонтопригодности);

- показатели долговечности (средний срок службы Тсл, средний ресурс ТР, назначенный ресурс Трн);

- показатели сохраняемости (средний срок сохраняемости Тс);

- другие требования и показатели надежности;

ж) требования к производственной технологичности, определяющие возможность достижения заданных показателей качества изделия в условиях его изготовления, технического обслуживания и ремонта при минимальных затратах (времени, средств и т.п.) на выполнение работ;

и) требования к метрологическому обеспечению разработки, производства и эксплуатации изделия, в том числе требования к контролируемым параметрам, методикам и средствам измерений, уровню квалификации персонала и другим условиям контроля и испытаний изделия при изготовлении, техническом обслуживании и ремонте;

к) требования по использованию стандартизованных, унифицированных и заимствованных сборочных единиц и деталей;

л) требования безопасности и влияния на ОС, в том числе:

- требования по безопасности труда при монтаже, эксплуатации, обслуживании и ремонте изделия (от воздействия электрического тока, теплового воздействия, высокочастотных полей);

- допустимые уровни вибрационных и шумовых нагрузок;

- требования по обеспечению охраны окружающей среды при производстве, эксплуатации, транспортировании и хранении продукции (показатели вредных воздействий, меры и средства защиты ОС) в соответствии с действующими санитарными нормами;

- требования пожарной безопасности;

м) эстетические и эргономические требования, включающие в себя требования по удобству обслуживания, комфортабельности и т.п.;

н) требования к патентной чистоте, включающие в себя перечень стран, в отношении которых должна быть обеспечена патентная чистота продукции.

Указание о патентной чистоте в отношении РФ является обязательным;

п) требования к составным частям изделия, исходным и эксплуатационным материалам, в том числе:

- требования к составным частям изделия, сырью, жидкостям, смазкам, краскам и другим материалам, намечаемым для применения в составе изделия, а также при его изготовлении и эксплуатации;

- требования к физико-химическим, механическим, электротехническим свойствам (прочность, твердость, шероховатость поверхности, сопротивление изоляции и т.п.);

- перечень материалов, применение которых недопустимо или нежелательно;

- требования к покупным изделиям;

р) требования к техническому обслуживанию и ремонту, в том числе:

- требования к условиям эксплуатации, при которых должно обеспечиваться использование изделия с заданными техническими показателями;

- требования к допустимым климатическим воздействиям (температуры, влажности, атмосферного давления, солнечной радиации, пыли, и т.д.), выраженное в численных значениях параметров;

- требования к допустимым воздействиям механических нагрузок (вибрационных, ударных и др.) и внешних полей (магнитного, электрического), выраженное в численных значениях параметров;

- требования к значениям параметров изделия в процессе и после воздействия климатических условий и механических нагрузок;

- требования к времени подготовки изделия к использованию после транспортирования и хранения;

- требования к виду обслуживания изделия (постоянное или периодическое) или допустимость работы без обслуживания;

- требования к периодичности и трудоемкости технического обслуживания и ремонта;

- требования к количеству и квалификации персонала;

с) дополнительные требования, в том числе:

- требования к сервисной аппаратуре, а также стендовому оборудованию для проверки и обслуживания изделия и его составных частей;

- требования к изделию, предназначенному для экспорта (изготовлению, эксплуатации и др.);

- требования по обеспечению информационной безопасности и другие специальные требования;

т) требования к маркировке и упаковке, в том числе:

- требования к маркировке, наносимой на изделие и тару (место и способ нанесения, содержание маркировки, требования к качеству маркировки) или ссылки на соответствующие нормативные документы;

- требования к возможным вариантам консервации и упаковки изделия в зависимости от условий транспортирования и хранения;

- требования к материалам консервации и способу упаковки изделия;

у) требования к транспортированию и хранению изделия, в том числе:

- требования к условиям транспортирования и видам транспортных средств (авиасредства, крытые или открытые вагоны, платформы, трюмы или палубы судов, закрытые или открытые автомашины и др.);

- требования к способам крепления изделия при транспортировании;

- требования к защите от ударов при погрузке и выгрузке и т.п.;

- требования к условиям хранения (открытая площадка, навес, закрытый не отапливаемый склад, отапливаемое помещение и т.п.);

- требования к условиям складирования продукции (в штабелях, на стеллажах);

- требования к обслуживанию изделия во время хранения (переконсервация, переосвидетельствование, периодичность замены элементов и т.п.);

- требования к срокам хранения в различных условиях.

В разделе ***«Экономические показатели»*** указывают:

- ориентировочную эффективность;

- срок окупаемости затрат на разработку и освоение производства изделия;

- предполагаемую годовую потребность в изделии;

- экономические преимущества разрабатываемого изделия по сравнению с лучшими отечественными и зарубежными образцами и аналогами.

В этом же разделе приводят требования к трудоемкости разработки и изготовления изделия.

В разделе ***«Порядок контроля и приемки»*** приводят:

- перечень конструкторских документов, подлежащих согласованию на отдельных стадиях разработки и перечень организаций, с которыми следует согласовывать эти документы;

- общие требования к контролю и приемке работы на стадиях (этапах) разработки (количество изготовляемых опытных образцов изделия, предъявляемых на приемочные испытания, сроки и, при необходимости, место их проведения — организация, предприятие и т.п.);

- форму окончания ОКР (подписание решения об утверждении акта приемки ОКР; приемка опытного образца; подписание актов по результатам линейных испытаний или опытной эксплуатации; утверждение ТУ или изменения к действующему ТУ; подписание акта сдачи — приемки документации предприятием-исполнителем ОКР предприятию-изготовителю изделия промышленного производства).

В ***«Приложениях»*** приводят:

- перечень научно-исследовательских и других работ, обосновывающих необходимость проведения разработки;

- чертежи, схемы, описания, расчеты, обоснования, изобретения и другие документы, которые должны быть использованы при разработке изделия;

- перечень нового технологического оборудования, подлежащего разработке, в связи с разработкой изделия по данному техническому заданию;

- перечень заинтересованных организаций (предприятий), с которыми согласовывают конкретные технические (конструкторские и технологические) решения в процессе разработки изделия;

- справочные и другие материалы.

15.4. Требования к содержанию технического задания на разработку компьютерных программ и программного обеспечения

Техническое задание в общем случае должно содержать следующие разделы:

- наименование работы, шифр;
- основание для разработки;
- цель и задачи разработки;
- исполнитель, соисполнители;
- стадии и этапы разработки;
- сроки выполнения;
- требования к программе и программному обеспечению;
- технико-экономические показатели;
- порядок контроля и приемки;
- приложения.

В зависимости от особенностей программы или программного обеспечения допускается уточнять содержание разделов, вводить новые разделы или объединять некоторые из них.

Разработка ТЗ должна осуществляться с учетом положений ГОСТ Р ИСО/МЭГ 12207.

В разделе ***«Наименование работы, шифр»*** указывают наименование и (или) условное наименование (шифр) темы разработки, краткую характеристику области применения программы, программного обеспечения и объекта, в котором они должны быть использованы.

В разделе ***«Основание для разработки»*** указывают документ (документы), на основании которых ведется разработка, организацию, утвердившую этот документ и дату его утверждения.

В разделе ***«Цель и задачи разработки»*** приводят функциональное и эксплуатационное назначение программы и программного обеспечения.

В разделе ***«Исполнитель, соисполнители»*** указывают наименование предприятия-исполнителя и соисполнителей (при наличии).

В разделе ***«Стадии и этапы разработки»*** указывают необходимые стадии разработки, этапы и содержания работ, сроки разработки, а также определяют исполнителей. Раздел «Стадии и этапы разработки» представляют в виде таблицы.

В разделе ***«Сроки выполнения»*** указывают сроки начала и окончания работы.

В разделе ***«Требования к программе и программному обеспечению»*** приводят:

- требования к функциональным характеристикам (требования к составу выполняемых функций, организации входных и выходных данных, временным характеристикам и т.п.);

- требования к надежности, в том числе: требования по обеспечению устойчивого функционирования, контроля входной и выходной информации, времени восстановления после отказа и т.п.;

- требования к информационной и программной совместимости (требования к информационным структурам на входе и выходе, методам решения, исходным кодам, языкам программирования и программным средствам, используемым программой). При необходимости должна обеспечиваться защита информации и программ;

- специальные требования.

В разделе ***«Технико-экономические показатели»*** приводят

- ориентировочную экономическую эффективность;

- предполагаемую годовую потребность;

- экономические преимущества разработки по сравнению с лучшими отечественными и зарубежными образцами или аналогами.

В разделе ***«Порядок контроля и приемки»*** приводят виды испытаний и общие требования к приемке работы.

В приложениях к техническому заданию приводят:

- перечень научно-исследовательских и других работ, обосновывающих разработку;

- схемы алгоритмов, таблицы, описания, обоснования, расчеты и другие документы, которые могут быть использованы при разработке;

- другие источники разработки.

15.5. Порядок выполнения и приемки научно–исследовательской работы

15.5.1. Общие положения

Основанием для выполнения НИР служит ТЗ на тему. В процессе выполнения НИР должно быть обеспечено соблюдение требований ТЗ, в том числе разработаны и реализованы требования:

– по обеспечению безопасности для жизни и здоровья людей и охраны ОС, совместимости и взаимозаменяемости;

– по стандартизации, унификации и метрологическому обеспечению;

– по ограничению номенклатуры применяемых материалов и комплектующих изделий;

– по экономическому и рациональному использованию топливно–энергетических и материальных ресурсов при создании и эксплуатации создаваемой продукции;

– по обеспечению конкурентоспособности продукции, намечаемой к созданию.

Для решения отдельных самостоятельных вопросов НИР могут быть выделены составные части НИР, выполняемые соисполнителями (сторонними организациями) по контракту с исполнителем НИР. В этих случаях исполнитель НИР выполняет функции Заказчика по отношению к исполнителям составных частей НИР, координирует их работу и несет ответственность за качество и научно-технический уровень НИР в целом.

Процесс выполнения НИР в общем случае, как уже отмечалось ранее, состоит из следующих этапов:

– выбор направления исследований; проводят с целью определения оптимального варианта направления исследований на основе анализа состояния исследуемой проблемы, в том числе результатов патентных исследований, и сравнительной оценки вариантов возможных решений с учетом результатов прогнозных исследований, проводившихся по аналогичным проблемам;

– теоретические и экспериментальные исследования; проводят с целью получения достаточных теоретических и достоверных экспериментальных результатов исследований для решения поставленных перед НИР задач;

– обобщение и оценка результатов исследований, выпуск отчетной научно-технической документации (ОНТД) по НИР; проводят с целью оценки эффективности полученных результатов в сравнении с современным научно–техническим уровнем (в том числе оценки создания конкурентоспособной продукции и услуг);

– предъявления работы к приемке и ее приемка.

Этапы конкретной НИР, а также необходимость их приемки должны быть определены в ТЗ и контракте на ее выполнение.

Этапы допускается разделять на самостоятельные отчетные подэтапы, что также должно быть оговорено в ТЗ и контракте.

Для экспериментальной проверки возможности создания образца продукции и определения его технических характеристик, проверки правильности результатов теоретических исследований и выбора оптимального технического и конструкторско–технологического решения и в процессе выполнения НИР при необходимости создают макеты, модели, экспериментальные образцы (далее — макеты).

Необходимость разработки, изготовления и испытаний макетов устанавливают в ТЗ на НИР и контракте на ее выполнение.

Для обеспечения своевременного выполнения НИР и ее этапов, осуществления оперативного контроля за выполнением работ и составлением ОНТД исполнитель НИР при необходимости разрабатывает, согласовывает с заказчиком и утверждает план совместных работ на выполнение НИР (план-график, сетевой план-график или другой планирующий документ), содержащий последовательность и сроки выполнения этапов НИР, состав исполнителей, но-

менклатуру и сроки составления ОНТД по этапам НИР и НИР вцелом, сроки приемки этапов и НИР в целом.

Согласованный и утвержденный план совместных работ на выполнение НИР является обязательным для всех участников НИР.

В процессе выполнения работ исполнитель НИР по согласованию с заказчиком может уточнять и корректировать план совместных работ в пределах условий ТЗ и контракта на выполнение НИР.

При выявлении в процессе НИР нецелесообразности продолжения работ исполнитель НИР представляет Заказчику обоснованное заключение о прекращении работ. Основанием для прекращения НИР является совместное решение исполнителя НИР и заказчика либо решение руководства исполнителя НИР (при отсутствии Заказчика).

Прекращение НИР по инициативе Заказчика оформляют также совместным решением исполнителя НИР и Заказчика.

15.5.2. Порядок выполнения и приемки научно-исследовательской работы

Выполнение требований ТЗ, в том числе по обеспечению безопасности для жизни и здоровья людей и охраны ОС, совместимости и взаимозаменяемости при изготовлении и испытаниях макетов и при реализации НИР осуществляют:

– на этапе выбора направлений исследований — путем проработки вопросов безопасности и экологии, формирования необходимых требований и разработки мероприятий по их выполнению;

– на этапе теоретических и экспериментальных исследований — путем уточнения и экспериментальной проверки этих требований при изготовлении и испытаниях макетов;

– на этапе обобщения и оценки результатов исследований — путем включения уточненных требований в ОНТД.

Эффективность и достаточность разработанных требований и принятых мер по их реализации оценивают при приемке этапов НИР и НИР в целом и отражают в актах приемки и протоколах испытаний макетов.

Разработку и реализацию требований по стандартизации и унификации создаваемых образцов продукции осуществляют в соответствии с требованиями национальной системы стандартизации и ТЗ.

При разработке предложений по унификации должны быть учтены возможности использования в конструкции образца продукции заимствованных составных частей, блочно-модульного принципа конструирования, использования образца продукции и его составных частей в качестве базовых для создания

их модификации, а также разработаны предложения по созданию параметрических и типоразмерных.

Работы по метрологическому обеспечению осуществляются в соответствии с требованиями межгосударственных стандартов обеспечения единства измерений.

Требования по ограничению номенклатуры применяемых материалов и комплектующих изделий разрабатывают с целью предотвращения применения в создаваемом образце продукции устаревших, неперспективных или не соответствующих по своим техническим характеристикам требованиям к создаваемому образцу продукции материалов и комплектующих изделий.

Макеты изготавливают, как правило, по эскизным конструкторским документам. Допускается изготовление макетов по рабочей конструкторской документации.

Испытания макетов проводят по утвержденным программам и методикам исполнителя НИР, согласованным с заказчиком по его решению. Результаты испытаний макетов оформляют протоколом (актом) испытаний.

Патентные исследования проводят на всех этапах НИР. Содержание и объем патентных исследований устанавливают в ТЗ и контракте.

После завершения каждого этапа НИР их результаты и разработанная ОНТД должны быть рассмотрены на научно-техническом (ученом) совете (НТС) организации-исполнителя НИР или на секции НТС с участием Заказчика, головного НИИ по виду техники или других заинтересованных организаций по решению исполнителя НИР и Заказчика. Результаты рассмотрения этапа НИР оформляют протоколом.

ОНТД на этапе НИР перед рассмотрением на НТС может быть направлена на рецензию. Необходимость рецензирования и организация-рецензент устанавливаются в ТЗ и контракте на выполнение НИР.

Откорректированную по результатам рассмотрения на НТС (секции НТС) ОНТД утверждает руководство исполнителя НИР.

Приемка этапа НИР заключается в рассмотрении и оценке результатов выполненных работ, качества предъявленной ОНТД и других материалов по этапу в соответствии с требованиями ТЗ и контракта, а также в подтверждении результатов исследований проведением испытаний макетов, если это указано в ТЗ или контракте.

К приемке этапа предъявляют: утвержденную ОНТД завершенного этапа, проект программы приемки этапа (если она разрабатывалась), протокол о рассмотрении этапа НИР на НТС (секции НТС), а также другие технические материалы, предусмотренные ТЗ и контрактом.

Этап НИР принимает комиссия, необходимость создания которой, ее состав и сроки работы устанавливает руководство исполнителя НИР по согласованию с Заказчиком.

Результаты приемки оформляют актом приемки этапа НИР, утверждаемым руководством исполнителя НИР. Утвержденный акт является основанием для того, чтобы считать этап НИР завершенным.

После приемки этапов НИР исполнитель НИР оформляет ОНТД и другие материалы по НИР в целом, которые должны быть рассмотрены на НТС (секции НТС). Приемку НИР осуществляют постоянно действующей или специально создаваемой комиссией.

Основанием для приемки НИР является приказ (распоряжение) руководства исполнителя НИР и (или) Заказчика о приемке НИР. В приказе указывают наименование НИР, состав комиссии, цели и задачи комиссии, место и сроки проведения работ по приемке НИР.

При необходимости исполнителем НИР может быть разработана программа приемки НИР, утверждаемая руководством исполнителя НИР. В программе указывают наименование работы, конкретный перечень предъявляемых к приемке технических материалов и документов, объем, содержание и последовательность работ при проведении приемки НИР.

На приемку НИР исполнитель НИР предъявляет:

– утвержденное ТЗ;

– утвержденные акты приемки завершенных этапов НИР;

– утвержденный научно-технический отчет по НИР и другую ОНТД по НИР, предусмотренную ТЗ и контрактом;

– макеты, программы и методики испытаний макетов, если это предусмотрено ТЗ и контрактом;

– рекомендации и предложения по реализации и использованию результатов НИР;

– другие материалы по предложениям инстанций, утвердивших ТЗ или программу приемки НИР.

Приемка НИР заключается в рассмотрении и проверке результатов выполненных работ на соответствие ТЗ, анализе качества принятых технических решений, а при необходимости и в подтверждении результатов исследований проведением испытаний макетов.

При приемке НИР оценивают научно–технический уровень исследований, обоснованность предлагаемых решений и рекомендаций по реализации и использованию результатов НИР для создания конкурентоспособной продукции и услуг.

По результатам приемки НИР комиссия оформляет акт приемки НИР, подписанный председателем и всеми членами комиссии и утверждаемый руководством исполнителя НИР или Заказчиком.

Датой окончания НИР считают дату утверждения акта приемки НИР.

Результаты законченной НИР реализуют в соответствии с рекомендациями, изложенными в акте приемки НИР.

Законченную НИР считают реализованной, если в соответствии с целями, поставленными в НИР, ее результаты использованы при разработке:

– основных направлений или федеральных (региональных, межгосударственных) целевых программ развития техники;

– новых (модернизации существующих) образцов продукции или их составных частей;

– технических заданий, по которым разрабатывают новые (модернизируют существующие) образцы продукции;

– решения о коренном изменении направлений отдельных научно–исследовательских, опытно-конструкторских или опытно-технологических работ;

– технических заданий на другие НИР;

– нормативных, технических и организационно-методических документов (стандартов, положений, методик, инструкций, руководств), используемых при разработке, производстве, эксплуатации и ремонте продукции;

– программ и методик испытаний новых (модернизированных) образцов продукции.

Права владения, распоряжения и использования объектов промышленной и интеллектуальной собственности, созданных в НИР, определяются действующим законодательством и контрактом.

Тема №16. Опыт ведущих зарубежных стран в области государственного регулирования сферы исследований и разработок

16.1. Система управления сферой исследований и разработок

Анализируя структуру правительственных органов в зарубежных странах, осуществляющих управление сферой исследований и разработок, и степень участия национальных правительств в управлении и финансировании организаций, выполняющих исследования, можно условно выделить два типа систем управления наукой, характерных для развитых стран:

- ***централизованная система***, которая характеризуется наличием специализированного ведомства, ответственного за разработку и реализацию государственной научно-технической политики, и государственное регулирование сферы исследований и разработок. Характерными чертами такой системы являются жесткие вертикальные связи, высокая доля базового финансирования и значительная доля исследований, выполняющихся в организациях, относящихся к государственному сектору;

- ***децентрализованная система***, при которой специализированное ведомство, ответственное за разработку и реализацию государственной научно-технической политики, и государственное регулирование сферы исследований и разработок, отсутствует. Характерными чертами такой системы являются относительно слабые вертикальные связи, низкая доля базового финансирования (за пределами крупных проектов) и преобладающая роль университетов и организаций предпринимательского сектора в выполнении исследований.

Рассмотренная типология представляется удобной с точки зрения анализа, вместе с тем такое деление является весьма условным по нескольким причинам. Во–первых, отсутствие в странах с децентрализованной системой специализированного ведомства, ответственного за разработку и реализацию государственной научно-технической политики и регулирование сферы исследований и разработок, не означает отсутствие единой государственной научно-технической политики. В большинстве стран с децентрализованной системой наблюдается тенденция к созданию официальных структур, координирующих деятельность правительственных органов, регулирующих сферу исследований и разработок. С другой стороны, в странах с централизованной системой управления наукой ряд отраслевых министерств сохраняет возможность заказывать и оплачивать крупные исследовательские проекты в таких областях, как оборона, здравоохранение, сельское хозяйство, экология, социальные проблемы, транспорт. Кроме того, в большинстве стран как с централизованной, так и

с децентрализованной системами управления наукой важную роль играют национальные парламенты и различные консультативные органы при главе государства (правительства).

Таким образом, деление систем управления наукой на централизованные и децентрализованные, осуществляемое на основе чисто формальных признаков, является очень условным и не всегда адекватно отражает специфику той или иной системы.

Как централизованная, так и децентрализованная системы имеют ряд достоинств и недостатков.

Среди главных ***достоинств централизованной системы*** управления сферой исследований и разработок выделяют:

- высокий уровень автономности руководства исследовательских институтов, обеспечивающий свободу в организации и проведении долговременных исследований с высоким риском;
- непрерывность финансовых потоков;
- стабильность кадрового состава, позволяющая осваивать новые исследовательские возможности;
- привлекательная возможность длительной научной карьеры для исследователей.

К основным ***недостаткам такой системы*** обычно относят:

- медленное реагирование на появление междисциплинарных областей исследований;
- трудности, связанные с сокращением наименее продуктивных работников и ликвидацией неэффективных организаций;
- разобщенность исследовательской деятельности и подготовки новых кадров;
- многоступенчатость и длительность карьерного продвижения ученого;
- угроза вынужденных перемен при смене правительств;
- необходимость для организаций государственного сектора получать разрешение правительства на установление связей с организациями предпринимательского сектора.

Децентрализованная система управления наукой также обладает рядом достоинств:

- повышенная способность реагирования на возникающие проблемы и запросы;
- сильный контроль качества деятельности;
- возможность подготовки исследователей за счет финансирования проектов;
- независимость источников финансирования от перемен в правительстве;
- вовлеченность промышленности в деятельность научных организаций (в том числе организаций государственного сектора).

Среди основных ***недостатков децентрализованной сис***темы стоит выделить:

- отсутствие гарантий непрерывного долговременного финансирования;
- необходимость в координации усилий многочисленных правительственных органов;
- возможность отказа поддерживать те или иные исследовательские проекты;
- риск необеспеченности экспертами некоторых тематических направлений;
- излишнее (в некоторых случаях) распространение практики временного найма молодых специалистов, снижающее привлекательность научной карьеры.

16.2. Система управления сферой исследований и разработок в США

Современная система управления американской наукой относится к децентрализованному типу. В отличие от большинства других развитых стран, в США отсутствует специализированное ведомство, ответственное за регулирование и финансирование сферы исследований и разработок. Это является задачей целого ряда (а точнее сказать — большинства) ведомств (министерств и агентств), при этом пять из них играют особую роль. Это Министерство обороны, Министерство здравоохранения и социального обеспечения, Национальное аэрокосмическое агентство (НАСА), Министерство энергетики и Национальный научный фонд, на которые приходится более 94 % от общей суммы федеральных ассигнований на научные исследования.

Федеральные ведомства США, играющие наиболее заметную роль в финансировании сферы исследований и разработок, рассмотрены в табл. 1.

Тот факт, что сфера исследований и разработок в США финансируется целым рядом федеральных ведомств, не означает, что в стране отсутствует единая государственная научно-техническая политика.

В 1976 году было создано Управление научно-технической политики в структуре аппарата президента основными функциями которого являются:

- консультирование президента США и его аппарата по вопросам влияния науки и технологий на положение дел внутри страны и на международное положение США;
- координация усилий федеральных ведомств в части разработки эффективной научно-технической политики и эффективных методов финансирования сферы исследований и разработок;
- работа с частным сектором с целью повышения отдачи федеральных инвестиций в науку и технологии в плане экономического развития, экологической безопасности и национальной безопасности США;

- построение тесных партнерских отношений между федеральным правительством, правительствами штатов и местными органами власти, между правительством и научным сообществом, между США и другими странами;

- оценка эффективности государственной научно-технической политики.

Таблица 1

Федеральные ведомства США, финансирующие исследования и разработки

Финансирующее ведомство	Удельный вес ведомства в общем объеме федеральных ассигнований, %	Удельный вес расходов на исследования и разработки в бюджете ведомства, %
Министерство обороны	48,3	16,9
Министерство здравоохранения и социального обеспечения	27,1	41,7
Национальное аэрокосмическое агентство (НАСА)	7,6	54,3
Министерство энергетики	7,5	31,7
Национальный научный фонд	3,6	67,0
Министерство сельского хозяйства	1,8	9,7
Министерство торговли	1,0	9,8
Министерство транспорта	0,7	6,7
Агентство по охране окружающей среды	0,5	7,5
Министерство внутренних дел	0,5	5,4
Прочие	1,4	-

В структуре Управления научно-технической политики выделяются: Отделы по: науке, технологиям, внутренней и национальной безопасности и Административно-бюджетный отдел. Кроме того, в структуру Управления входят Национальный совет по науке и технологиями Президентский совет по науке и технологиям, обладающие несколько иными функциями и более широкими полномочиями, чем другие отделы.

Говоря о структуре органов исполнительной власти США, ответственных за финансирование сферы исследований и разработок, отдельно стоит упомянуть Национальный научный фонд, основными задачами которого являются поддержка всех направлений фундаментальных исследований в стране (за исключением фундаментальных исследований в области медицины) и подготовка статистической информации по науке и технологиям.

В разработке бюджетов федеральных ведомств и федерального бюджета непосредственное участие принимает Административно-бюджетное управле-

ние при президенте США, выполняющее расчетно-контрольные функции и консультирующее президента и Конгресс в части финансовых вопросов.

Важную роль в разработке проекта федерального бюджета играет бюджетное послание президента, выносимое на обсуждение в Конгресс США. Конгресс рассматривает бюджетное послание президента и утверждает окончательный вариант федерального бюджета, в котором в том числе учтены исследовательские бюджеты федеральных ведомств.

Таким образом, несмотря на то, что по формальным критериям система управления сферой исследований и разработок США относится к децентрализованному типу, это не совсем так. Огромную роль в научно-технической системе этой страны играют организации и предприятия оборонного комплекса (подробнее этот вопрос будет рассмотрен ниже), а многочисленные консультативные органы и структуры, занятые разработкой научно-технической политики, жестко встроены в американскую политико-экономическую систему. Это позволяет ряду экспертов говорить о том, что на сегодняшний день научно-техническая система США является одной из самых управляемых в мире.

16.3. Система управления научно-инновационной деятельностью в Великобритании

Еще несколько лет назад систему управления научно-инновационной деятельностью в Великобритании классифицировали как децентрализованную, однако за последние несколько лет она была кардинальным образом реформирована, и на сегодняшний день говорить о децентрализованной системе управления наукой в Великобритании было бы некорректно.

Реформирование системы управления научно-инновационной деятельностью в Великобритании происходило на фоне широкомасштабных социально-экономических реформ и кардинального реформирования всей системы государственного управления. Однако на этом пути стояло множество препятствий, в том числе серьезное противодействие со стороны научного сообщества. Во многом это было связано с традицией, ведущей свое начало с конца XVIII века. Речь идет о стремлении рассматривать Великобританию как мировую империю, лидирующую во всем и ни в чем себе не отказывающую. И, несмотря на то, что на сегодняшний день, пожалуй, лишь единственная в мире страна — США может позволить себе широкомасштабное государственное финансирование научных исследований по всем интересующим направлениям, в Великобритании до последнего времени чрезвычайно сильной была привычка рассматривать науку вне рамок финансовых ограничений.

Созданная на сегодняшний день система управления научно-инновационной деятельностью в Великобритании принципиально отличается от существовавшей ранее. Так, в частности, был расформирован Департамент образования и науки, вместо которого был образован Департамент образования. Большинство же функций бывшего Департамента образования и науки в области научно-технической политики, в том числе финансирование исследовательских советов, было передано Департаменту торговли и промышленности.

На сегодняшний день можно выделить следующие основные элементы британской системы управления научно-технической и инновационной деятельностью:

- Управление науки и инноваций в структуре Департамента торговли и промышленности;
- Восемь исследовательских советов;
- Совет по науке и технологиям;
- Парламентский комитет по взаимодействию с научным сообществом;
- Парламентская консультативная служба по науке и технологиям;
- Комитет палаты лордов по науке и технологиям;
- Комитет палаты общин по науке и технологиям.

Функции и задачи, возложенные на перечисленные органы управления наукой сводятся к следующему.

Основным элементом управления научно-инновационной сферой, ответственным за формирование и реализацию научно-инновационной политики, является Управление науки и инноваций в структуре Департамента торговли и промышленности. Управление возглавляется главным научным советником премьер-министра.

Основными функциями Управления науки и инноваций являются:

- разработка и реализация национальной научно-инновационной политики;
- повышение эффективности использования научно-технических и технологических знаний и ресурсов для обеспечения экономического роста и повышения уровня жизни населения;
- стимулирование взаимодействия между наукой, промышленностью и другими потребителями научных знаний и обеспечение технологического трансфера;
- внедрение достижений науки в систему государственного управления с целью повышения эффективности ее функционирования;
- поддержка международного научно-технического сотрудничества в целях обеспечения национальных интересов и достижения национальных целей Великобритании.

Среди конкретных функций следует выделить финансирование фундаментальных исследований через восемь исследовательских советов (размещение исследовательского бюджета), поддержка приборной базы научных организаций, прогнозирование основных направлений развития науки и техники.

Главный научный советник, возглавляющий Управление, отчитывается за результаты работы своего ведомства непосредственно перед премьер-министром.

В настоящее время в Великобритании действуют восемь исследовательских советов, через которые Управление науки и инноваций осуществляет размещение исследовательского бюджета:

- Центральный исследовательский совет;
- Исследовательский совет по биологии и биотехнологиям;
- Физико-технический исследовательский совет;
- Исследовательский совет по экономике и социальным проблемам;
- Исследовательский совет по медицине;
- Исследовательский совет по экологии;
- Исследовательский совет по молекулярной физике и астрономии;
- Исследовательский совет по искусству и гуманитарным наукам.

Члены советов назначаются министром торговли и промышленности, который отчитывается за деятельность советов перед парламентом. Деятельность советов контролируется Департаментом торговли и промышленности через генерального директора по науке и инновациям, работающего в штате Управления науки и инноваций.

Центральный исследовательский совет был создан в 1995 году для координации деятельности остальных исследовательских советов с целью выработки приоритетов и наилучшего удовлетворения потребностей британской науки. В структуре совета выделяются два обособленных подразделения:

- головной офис, занимающийся стратегическими вопросами, планированием и финансами;
- подразделение, координирующее деятельность советов в вопросах содействия в приобретении академическими и промышленными исследовательскими объединениями современного исследовательского оборудования.

Кроме того, Центральный исследовательский совет осуществляет непосредственное управление тремя исследовательскими лабораториями мирового класса.

Остальные семь советов занимаются определением приоритетных направлений в соответствующих областях научных исследований и распределением финансирования между организациями соответствующего профиля (в основном на проведение фундаментальных исследований). Кроме того, советы осуществляют поддержку различными средствами фундаментальных и при-

кладных исследований, а также содействуют подготовке высококвалифицированных специалистов в соответствующих областях.

Совет по науке и технологиям является высшим консультативным органом при премьер-министре Великобритании.

Основная задача Совета — консультирование премьер-министра по стратегическим вопросам в области науки и технологий. Члены Совета назначаются премьер-министром из числа известных ученых, кроме того, при решении отдельных вопросов привлекаются внешние эксперты.

Программа работы Совета разрабатывается его членами в тесном диалоге с правительством. Кроме того, в задачи Совета входит экстренное консультирование премьер-министра по неотложным вопросам.

Основным государственным органом, ответственным за выработку и реализацию национальной научно-инновационной политики и финансирование научных исследований, является Управление науки и инноваций в структуре Департамента торговли и промышленности и подведомственные ему восемь исследовательских советов. Тем не менее, Департамент образования также сохранил возможность финансировать научно-исследовательскую деятельность посредством четырех подведомственных ему советов по финансированию. Такая система получила в Великобритании название бинарной системы поддержки научных исследований. В отличие от Управления науки и инноваций, которое осуществляет финансирование в рамках конкретных исследовательских проектов (размещая государственный заказ на научные исследования), Департамент образования выделяет единовременные гранты на приобретение исследовательского оборудования и проведение исследований наиболее перспективными организациями (при этом организации самостоятельно выбирают тематику исследований). Перспективность научных организаций определяется по результатам оценки их деятельности.

Таким образом, основными элементами британской системы управления наукой и их функциями являются.

Совет по науке и технологиям, Парламентский комитет по взаимодействию с научным сообществом, Парламентская консультативная служба по науке и технологиям и Комитет палаты лордов по науке и технологиям выполняют консультативные функции и таким образом содействуют разработке эффективной научно-инновационной политики. Деятельностью этих органов обеспечивается мониторинг текущей ситуации, диалог с научным сообществом и представителями высокотехнологичных отраслей промышленности, обеспечение парламента и правительства аналитическими материалами и подготовка предложений по повышению эффективности государственной научно-инновационной политики.

Управление науки и технологий отвечает за разработку и реализацию государственной научно-инновационной политики и финансирует фундаментальные исследования через восемь исследовательских советов.

Комитет палаты общин по науке и технологиям осуществляет мониторинг и контроль деятельности Управления науки и технологий.

16.4. Система управления сферой исследований и разработок во Франции

Французская наука считается одной из самых регулируемых в Европе. При этом на сегодняшний день французская система управления наукой (как и вся научная система Франции) находится в процессе реформирования, и пока рано говорить о конкретных результатах. Тем не менее, основополагающие документы реформы — Пакт об исследованиях и Закон, о программе для исследований, одобрены парламентом Франции, подписаны президентом и опубликованы в Официальном журнале 19 апреля 2006 года.

Реформа науки во Франции представляет интерес для России ввиду существенного сходства научных систем — значительной роли государства и государственного сектора и в силу многих общих черт в организации системы управления наукой.

Основными направлениями реформы и имеющиеся на данный момент результаты являются.

С целью предоставления президенту и правительству Франции объективной информации об основных тенденциях развития мировой науки, национальных приоритетах в научно-технической и инновационной политике при президенте Французской Республики создается Высокий совет по науке и технологиям, состоящий из ученых мирового уровня и имеющий статус консультативного.

В то же время право принимать решения в этой области будет возложено на Межминистерский комитет научных и технологических исследований под председательством премьер-министра.

Декретом № 2006-572 от 17 мая 2006 года была изменена организационная структура Министерства образования, высшей школы и научных исследований. В структуре Министерства были выделены три дирекции по соответствующим направлениям: Дирекция по общему образованию, Дирекция по высшему образованию, Дирекция по научным исследованиям и инновациям и введена должность министра-делегата по вопросам исследований. Министр-делегат по вопросам исследований руководит собственным аппаратом в структуре министерства, возглавляет секретариат Межминистерского комитета, отвечает за подготовку материалов и реализует решения комитета.

Дирекция по научным исследованиям и инновациям выполняет две основные функции:

- разработка и реализация государственной научно-инновационной политики;

Координация межведомственных программ в научных исследованиях и высшем образовании.

В структуре Министерства функционируют также Высший совет по науке и технологиям и несколько консультативных комитетов.

Высший совет по науке и технологиям создан при министре для консультации по отдельным направлениям научно-инновационной политики, подготовки проекта гражданского научного бюджета, анализа и прогнозирования конъюнктурных изменений в области науки и технологий, создания комиссий по отдельным направлениям исследований (в настоящее время создана Комиссия по генной инженерии).

Консультативные комитеты созданы, прежде всего, для оценки и аккредитации научных организаций в отдельных отраслях науки, в состав комитетов входят чиновники министерства и представители научных кругов. В настоящее время функционирует семь консультативных комитетов.

В целях развития науки и инноваций в регионах были созданы региональные комиссии по исследованиям и технологиям, подчиняющиеся префектам регионов. Основной задачей комиссий является реализация политики Министерства образования, высшей школы и научных исследований с учетом особенностей своего региона.

Как и в США и Великобритании, парламент Франции принимает участие в выработке и оценке научно-технологической политики. Для аккумулирования соответствующей информации, оценки политики и выработки соответствующих рекомендаций в 1983 году было создано Парламентское управление по научно-технологической политике. В настоящее время Управление состоит из восемнадцати сенаторов (представителей верхней палаты — Сената) и такого же числа депутатов (представителей нижней палаты — Национальной Ассамблеи) и возглавляются поочередно одним из сенаторов и одним из депутатов. Доклады, подготовленные Управлением, выносятся на парламентские слушания.

Государственное финансирование науки во Франции осуществляется по двум каналам: базовое — через Министерство, конкурсное — через созданные Национальное агентство исследований, Агентство по промышленным инновациям и Агентство, предназначенное для поддержки инновационных проектов малых и средних предприятий.

16.5. Основы современного реформирования системы управления научной деятельностью

В большинстве зарубежных стран продолжаются поиск оптимальных моделей научного учреждения и попытки повысить эффективность деятельности научных организаций государственного сектора. В каждой стране этот процесс имеет свою специфику, и вопрос об оптимальной модели научного учреждения на данный момент остается открытым.

Очевидным является тот факт, что сфера исследований и разработок каждой страны, а говоря более широко — любая национальная инновационная система, является целостным организмом, отдельные части которого (в данном случае сектора деятельности) не могут эффективно функционировать без тесного взаимодействия.

Серьезность данной проблемы со всей полнотой осознается правительствами развитых стран, подтверждением чему являются многочисленные реформы, направленные на стимулирование взаимодействия между секторами исследований и разработок.

В некоторых странах эта задача отягощена минимальным количеством формальных препятствий, в других — требует серьезных изменений в законодательстве.

Тема №17. Организационные вопросы разработки и защиты диссертационных работ

Основная часть организационных вопросов в области разработки и защиты диссертационных работ регламентирована Положением о Высшей аттестационной комиссии при Министерстве образования и науки РФ и Положением о совете по защите диссертаций. Сущность и содержание требований, которых сводится к следующему.

17.1. Положение о Высшей аттестационной комиссии при Министерстве образования и науки РФ

Высшая аттестационная комиссия при Министерстве образования и науки РФ (Комиссия) создается в целях обеспечения государственной научной аттестации. В своей деятельности Комиссия руководствуется Конституцией РФ, федеральными конституционными законами, федеральными законами, указами и распоряжениями Президента РФ, постановлениями и распоряжениями Правительства РФ, приказами Министерства образования и науки РФ.

Основными принципами деятельности Комиссии являются компетентность, независимость, объективность, открытость и соблюдение норм профессиональной этики.

Комиссия:

а) принимает рекомендации, которые представляются в Министерство образования и науки РФ:

- о выдаче разрешения на создание советов по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата или доктора наук, об определении и изменении их составов, установлении полномочий диссертационных советов (ДС), определении перечней научных специальностей, по которым диссертационным советам предоставляется право приема для защиты диссертаций на соискание ученой степени кандидата или доктора наук, о приостановлении, возобновлении и прекращении ДС;

- о разрешении провести заседание ДС по вопросу присуждения соискателю ученой степени доктора наук, представившему в диссертационный совет диссертацию на соискание ученой степени кандидата наук, при возбуждении ДС соответствующего ходатайства;

- о направлении диссертации на соискание ученой степени вместе с аттестационным делом, заявления о лишении ученой степени и поступивших по нему материалов на дополнительное заключение в другой ДС;

- о выдаче дипломов доктора наук и кандидата наук, об отмене решения ДС о присуждении ученой степени;

- о признании ученых степеней, полученных в иностранном государстве;

- по апелляциям, поданным на решения ДС по вопросам присуждения ученых степеней;

- по заявлениям о лишении (восстановлении) ученых степеней;

- о перечне и примерных программах кандидатских экзаменов;

- о требованиях к рецензируемым научным изданиям и правилах формирования в уведомительном порядке перечня рецензируемых научных изданий;

б) проводит анализ защищенных диссертаций;

в) по поручению Министерства образования и науки РФ Комиссия ***проводит экспертизу*** и представляет в Министерство рекомендации по ее итогам в части вопросов, относящихся к ее компетенции:

- по проектам правовых актов, в том числе по проектам международных договоров РФ;

- по номенклатуре специальностей научных работников и соответствию номенклатуре направлений подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре);

- по предложениям, заявлениям, жалобам, поступившим в Министерство;

- по иным вопросам.

Комиссия вправе:

а) рассматривать аттестационные дела и диссертации соискателей ученой степени доктора наук, ученой степени кандидата наук;

б) рассматривать апелляции на решения ДС, заявления о лишении (восстановлении) ученых степеней;

в) приглашать на свое заседание председателя или заместителя председателя ДС, в котором проходила защита диссертации, оппонентов, научных руководителей (научных консультантов) соискателя ученой степени, ведущих специалистов в соответствующей отрасли науки при рассмотрении на заседании аттестационного дела и диссертации, защита которой проходила в указанном диссертационном совете.

Комиссия приглашает на свое заседание соискателя ученой степени для подтверждения самостоятельности выполнения диссертации, уточнения содержащихся в ней новых научных результатов, личного вклада автора диссертации в науку, а также лицо, подавшее заявление о лишении ученой степени, и лицо, в отношении которого подано заявление о лишении ученой степени.

Комиссия представляет в Министерство образования и науки РФ предложения:

а) о формировании ДС по каждой научной специальности с учетом потребности в подготовке и аттестации научных кадров высшей квалификации и изменений, внесенных в номенклатуру;

б) о необходимости разработки проектов правовых актов по вопросам государственной научной аттестации, в том числе проектов международных договоров РФ;

в) о совершенствовании номенклатуры и соответствии номенклатуре направлений подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре).

Комиссия привлекает в установленном порядке высококвалифицированных специалистов для экспертизы диссертаций и аттестационных дел, апелляций на решения диссертационных советов, заявлений о лишении (восстановлении) ученых степеней.

Комиссия проводит мероприятия по вопросам совершенствования государственной научной аттестации.

Состав Комиссии формируется из числа докторов наук, специалистов в области науки, техники, образования и культуры.

В состав Комиссии входят председатель, заместители председателя, главный ученый секретарь и члены Комиссии.

Состав Комиссии утверждается Правительством РФ по представлению Министра образования и науки РФ сроком на 4 года с последующим обновлением не менее чем на 50 процентов. При этом член Комиссии не может исполнять свои функции более 2 сроков подряд.

Для оперативного решения текущих и иных вопросов государственной научной аттестации, возникающих в период между заседаниями Комиссии, из числа ее членов формируется президиум Комиссии. Состав президиума Комиссии утверждается Правительством РФ по представлению Министра образования и науки РФ.

Президиум Комиссии может давать рекомендации по всем вопросам, отнесенным к компетенции Комиссии.

Отчеты о результатах работы президиума Комиссии за полугодие заслушиваются на заседаниях Комиссии.

Работой Комиссии, президиума Комиссии руководит председатель Комиссии.

Председатель Комиссии:

а) подписывает рекомендации Комиссии (президиума Комиссии) по всем вопросам, отнесенным к ее компетенции;

б) вносит предложения для Комиссии и ее президиума по кандидатурам председателей экспертных советов Комиссии (далее — экспертные советы).

Заместитель председателя Комиссии в отсутствие председателя Комиссии проводит заседание Комиссии и президиума Комиссии и подписывает рекомендации Комиссии (президиума Комиссии) по всем вопросам, отнесенным к ее компетенции.

Организация работы по подготовке заседаний Комиссии (президиума Комиссии) осуществляется главным ученым секретарем Комиссии. Главный ученый секретарь подписывает рекомендации Комиссии (президиума Комиссии) по всем вопросам, отнесенным к ее компетенции, наряду с председателем Комиссии.

Заседания Комиссии проводятся не реже 2 раз в год.

Для осуществления экспертизы соответствия диссертаций и аттестационных дел установленным критериям и требованиям, для подготовки заключений по вопросам присуждения ученых степеней, а также по вопросам признания ученых степеней, полученных в иностранном государстве, подготовки заключений по апелляциям, поданным на решения ДС по вопросам присуждения ученых степеней, по вопросам лишения (восстановления) ученых степеней Комиссией формируются экспертные советы из числа ведущих ученых и специалистов в области науки, техники, образования и культуры.

17.2. Положение о совете по защите диссертаций

17.2.1. Порядок создания диссертационного совета

Диссертационные советы создаются в соответствии с разрешением Минобрнауки России на базе образовательных организаций высшего образования, образовательных организаций дополнительного профессионального образования и научных организаций, осуществляющих научные исследования и выполняющих опытно-конструкторские и технологические работы по областям знаний, соответствующих научным специальностям и отраслям науки, предусмотренным номенклатурой научных специальностей, утверждаемой Минобрнауки России, на основании рекомендаций Высшей аттестационной комиссии при Минобрнауки России по ходатайствам указанных организаций с учетом оценки результативности научной деятельности организации (на базе организации, созданной в форме учреждения — по согласованию с учредителем).

Диссертационный совет создается для рассмотрения диссертаций не более чем по трем научным специальностям.

В состав ДС включаются доктора наук, а также лица, имеющие ученую степень, полученную в иностранном государстве, признаваемую в РФ, обладателю которой предоставлены те же академические и (или) профессиональные права, что и доктору наук в РФ. Ученым секретарем диссертационного совета может являться кандидат наук.

В составе ДС должно быть не менее семи докторов наук, являющихся специалистами по проблемам каждой отрасли науки каждой научной специальности, по которой ДС предоставлено право принимать к защите диссертации, в том числе не менее пяти докторов наук, являющихся специалистами по проблемам каждой отрасли науки каждой научной специальности, по которой диссертационному совету предоставлено право принимать к защите диссертации, имеющих основным местом работы организацию, на базе которой создается ДС.

Для включения специалиста в состав ДС необходимо его письменное согласие. ***Общее количество членов диссертационного совета должно быть не менее девятнадцати человек.***

Количество членов ДС, имеющих основным местом работы организацию, на базе которой создается диссертационный совет, должно составлять более 50 процентов состава ДС.

Каждый член ДС представляет только одну научную специальность по одной отрасли науки, по которой ДС предоставлено право принимать к защите диссертации.

Член диссертационного совета не может одновременно входить в состав ***более трех*** ДС.

В целях повышения независимости и объективности государственной научной аттестации научных и научно-педагогических работников создаются ДС на базе нескольких организаций (объединенный ДС). В объединенном ДС могут участвовать ***не более четырех*** организаций.

Диссертационный совет состоит из председателя, заместителя (заместителей) председателя, ученого секретаря и членов ДС.

Председателем диссертационного совета является ведущий ученый - специалист по профилю ДС.В объединенном ДС председатель и заместитель (заместители) председателя должны являться штатными работниками разных организаций - участников соглашения.

Ученым секретарем ДС является штатный работник организации, на базе которой создается ДС, - специалист по профилю ДС.

Разрешение о создании ДС оформляется приказом Минобрнауки России, которым устанавливаются полномочия этого совета, определяется состав ДС и перечень научных специальностей, по которым ДС предоставляется право приема диссертаций к защите.

Изменения в состав ДС вносятся приказом Минобрнауки России на основании рекомендации Комиссии по ходатайству организации. В ходатайстве организации перечисляются все предполагаемые изменения, и обосновывается их необходимость. К ходатайству организации прилагаются сведения о вновь вводимых членах ДС, а также на членов совета, изменяющих научную специальность (отрасль науки) в совете.

Сведения о составе ДС и его изменениях размещаются на сайте организации, а также с использованием ресурсов федеральной информационной системы государственной научной аттестации (единая информационная система).

Изменение в перечень научных специальностей, по которым ДС предоставляется право приема диссертаций к защите, вносится приказом Минобрнауки России на основании рекомендации Комиссии по ходатайству организации на базе которой создан ДС.

17.2.2. Порядок организации работы диссертационных советов

Заседание ДС проводится под руководством председателя ДС или в случае его отсутствия — под руководством заместителя председателя ДС по письменному поручению председателя ДС или руководителя организации, на базе которой создан данный ДС.

Председатель (заместитель председателя) ДС не может председательствовать на заседании ДС при рассмотрении диссертации соискателя ученой степени, у которого он является научным руководителем или научным консультантом.

При отсутствии председателя или заместителя (заместителей) председателя, или ученого секретаря ДС выполнение их обязанностей возлагается организацией, на базе которой создан ДС, с указанием сроков (но не более четырех месяцев) на одного из членов ДС.

В случае одновременного отсутствия председателя, заместителя (заместителей) председателя и ученого секретаря ДС возложение выполнения их обязанностей на других членов совета организацией, на базе которой созданДС, не допускается.

На одном заседании ДС проводится защита не более одной диссертации или готовится одно дополнительное заключение по диссертации, или рассматривается одна апелляция либо одно заявление о лишении ученой степени.

Количество заседаний, проводимых ДС в течение дня, не может превышать четырех.

Процедура предварительного рассмотрения диссертации

Диссертационный совет принимает к предварительному рассмотрению диссертацию, отвечающую требованиям, предусмотренным в Положении о присуждении ученых степеней, при представлении соискателем ученой степени следующих документов:

а) заявления соискателя ученой степени по рекомендуемому образцу;

б) подтверждения размещения на сайте организации полного текста диссертации (распечатка страницы с сайта с указанием даты размещения);

в) заверенной в установленном порядке копии документа о высшем образовании (1 экз.);

г) заверенной в установленном порядке копии диплома кандидата наук - для соискателя ученой степени доктора наук (1 экз.);

д) удостоверения о сдаче кандидатских экзаменов - для соискателя ученой степени кандидата наук, имеющего высшее образование, подтвержденное дипломом магистра или специалиста, подготовившего диссертацию без освоения программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) или освоившего программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) по направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), не соответствующему научной специальности, по которой подготовлена диссертация (2 экз.);

е) диссертации в количестве экземпляров, необходимом для рассылки;

ж) положительного заключения организации, где выполнялась диссертация, (2 экз.);

з) отзыва научного руководителя (консультанта);

и) четырех маркированных почтовых карточек.

25. Диссертационный совет создает комиссию, сформированную в соответствии с требованиями Положения о присуждении ученых степеней.

Комиссия ДС в составе ***не менее 3 человек избирается открытым голосованием*** членов ДС простым большинством голосов членов ДС, участвующих в заседании.

Председателем комиссии ДС назначается член ДС — работник организации, на базе которой создан ДС.

Комиссия ДС подготавливает заключение о соответствии темы и содержания диссертации научным специальностям и отраслям науки, по которым ДС предоставлено право принимать к защите диссертации, о полноте изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем ученой степени, о выполнении требований к публикации основных научных результатов диссертации, предусмотренных Положением о присуждении ученых степеней, об отсутствии в диссертации заимствованного материала без ссылки на автора

и (или) источник заимствования, результатов научных работ, выполненных соискателем ученой степени в соавторстве, без ссылок на соавторов;

Заключение комиссии ДС должно содержать обоснование возможности или невозможности приема диссертации к защите.

На основании заключения комиссии ДС диссертационный совет выносит решение о приеме или об отказе в приеме диссертации к защите.

Диссертационный совет принимает диссертацию на соискание ученой степени кандидата наук ***к защите не позднее чем через два месяца и на соискание ученой степени доктора наук - не позднее чем через четыре месяца со дня подачи соискателем ученой степени всех необходимых документов*** или направляет соискателю ученой степени в указанные сроки мотивированное решение об отказе в приеме диссертации к защите.

Диссертационный совет отказывает в приеме диссертации в случаях, предусмотренных пунктом 20 Положения о присуждении ученых степеней.

Решение ДС о приеме или об отказе в приеме диссертации к защите размещается в течение 5 дней со дня проведения заседания ДС, на котором было принято соответствующее решение, на сайте организации и в единой информационной системе.

Диссертационный совет при принятии диссертации к защите:

а) ***назначает официальных оппонентов*** по диссертации из числа компетентных в соответствующей отрасли науки ученых, имеющих публикации в соответствующей сфере исследования и давших на это свое согласие (далее - оппоненты);

б) ***назначает по диссертации организацию*** (с ее согласия), широко известную своими достижениями в соответствующей отрасли науки и способную определить научную и (или) практическую ценность диссертации, которая представляет в диссертационный совет отзыв на диссертацию (***ведущая организация***);

в) ***назначает дату защиты;***

г) ***разрешает печать на правах рукописи автореферата*** объемом, установленным Положением о присуждении ученых степеней;

д) определяет дополнительный список рассылки автореферата, оформленного в соответствии с требованиями Положения о присуждении ученых степеней;

е) принимает решение о введении на одно заседание в состав ДС в установленном порядке дополнительных членов при проведении защиты диссертации, тема которой охватывает несколько научных специальностей, не по всем из которых ДС предоставлено право принимать к защите диссертации (разовая защита диссертации);

ж) представляет в Минобрнауки России в установленные сроки текст объявления о защите диссертации для размещения на официальном сайте Ко-

миссии в информационно-телекоммуникационной сети Интернет (далее - сайт Комиссии);

з) размещает на сайте организации текст объявления о защите и автореферат диссертации;

и) размещает в единой информационной системе автореферат диссертации.

Автореферат диссертации, в соответствии с Положением о присуждении ученых степеней, рассылается членам ДС, заинтересованным организациям не позднее, чем за один месяц до защиты.

Девять экземпляров автореферата диссертации в обязательном порядке направляются в Российскую книжную палату.

Один экземпляр диссертации, принятой к защите, и два экземпляра автореферата диссертации передаются в библиотеку организации, на базе которой создан диссертационный совет, не позднее, чем за три месяца до дня защиты диссертации на соискание ученой степени доктора наук и не позднее, чем за два месяца до дня защиты на соискание ученой степени кандидата наук и хранятся там, на правах рукописи.

Копии отзывов оппонентов и ведущей организации вручаются соискателю ученой степени не позднее, чем за десять дней до защиты диссертации.

Сведения об оппонентах и ведущей организации, научных руководителях и научных консультантах, отзывы оппонентов и отзывы ведущей организации, поступившие на диссертацию, подлежат размещению на сайте организации и в единой информационной системе не позднее, чем за десять дней до дня защиты диссертации. Все остальные отзывы размещаются на сайте организации по мере их поступления и остаются до принятия Минобрнауки России решения о выдаче диплома доктора наук или кандидата наук. При отрицательном решении ДС по результатам защиты диссертации, при отмене Минобрнауки России решения ДС о присуждении ученой степени, указанная информация должна быть представлена в единой информационной системе.

17.2.3. Проведение заседания диссертационного совета при защите диссертации

Заседание ДС считается правомочным, если в его работе принимают участие не менее двух третей членов ДС.

В заседании ДС при защите диссертации на соискание ученой степени доктора наук участвуют не менее пяти докторов наук по каждой научной специальности защищаемой диссертации, а при защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук — не менее трех докторов наук по каждой научной специальности защищаемой диссертации.

При проведении заседания ДС ведется аудиовидеозапись.

Председательствующий на заседании ДС объявляет о защите диссертации соискателем ученой степени, указывает фамилию, имя и отчество (последнее - при наличии) соискателя ученой степени, название темы диссертации, фамилии официальных оппонентов и ведущую организацию. Ученый секретарь кратко докладывает об основном содержании представленных соискателем ученой степени документов и их соответствии установленным требованиям.

Соискатель ученой степени излагает существо и основные положения диссертации. Затем соискателю ученой степени задаются вопросы в устной или письменной форме.

Порядок ответов на вопросы определяется председательствующим на заседании ДС.

Далее слово предоставляется научному руководителю или научному консультанту, и оглашаются заключение организации, где выполнялась диссертационная работа, отзыв ведущей организации, другие поступившие в диссертационный совет отзывы на диссертацию и автореферат диссертации. При наличии значительного количества положительных отзывов на диссертацию или автореферат диссертации ученый секретарь с согласия членов ДС вместо оглашения делает их обзор с указанием отмеченных в них замечаний. Отрицательные отзывы на диссертацию или автореферат диссертации зачитываются полностью.

После оглашения отзывов на диссертацию или автореферат диссертации соискателю ученой степени предоставляется слово для ответа на замечания, содержащиеся в отзывах.

Затем выступают оппоненты по диссертации.

После выступления оппонентов соискатель ученой степени получает слово для ответа. По желанию соискателя ученой степени слово для ответа может быть предоставлено после выступления каждого оппонента. По желанию соискателя ученой степени он также сразу может ответить на замечания, содержащиеся в отзывах оппонентов и отзывах на автореферат диссертации. В последующей дискуссии могут принимать участие все присутствующие на защите диссертации. По окончании дискуссии соискателю ученой степени предоставляется заключительное слово.

Во время заседания ДС председательствующим могут объявляться технические перерывы.

После окончания защиты диссертации ДС избирает счетную комиссию и проводит тайное голосование по присуждению ученой степени.

Решение ДС по вопросу присуждения ученой степени кандидата наук или доктора наук считается положительным, если за него проголосовало не менее двух третей членов ДС, участвовавших в голосовании.

Решение ДС размещается на официальном сайте организации.

При положительном результате голосования по присуждению ученой степени готовится заключение ДС по диссертации в соответствии с Положением о присуждении ученых степеней.

Заключение ДС по диссертации принимается открытым голосованием простым большинством голосов членов ДС, участвовавших в заседании ДС, после чего заключение по диссертации объявляется соискателю ученой степени. На этом заседание ДС считается законченным.

В течение трех дней заключение ДС подписывается председателем или по его поручению заместителем председателя и ученым секретарем ДС. Подписи на заключении ДС заверяются в установленном порядке.

При вынесении решения о соответствии диссертации на соискание ученой степени кандидата наук требованиям, предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени доктора наук, ДС готовит заключение о присуждении соискателю ученой степени кандидата наук.

Решение о присуждении соискателю ученой степени кандидата наук принимается тайным голосованием, если за него проголосовало не менее двух третей членов ДС, участвовавших в голосовании.

На этом же заседании ДС готовит ходатайство в Минобрнауки России о разрешении представить ту же диссертацию к соисканию ученой степени доктора наук. Решение о возбуждении перед Минобрнауки России указанного ходатайства принимается тайным голосованием большинством голосов участвовавших в заседании членов ДС.

При положительном решении по результатам защиты ДС ***в течение 30 дней со дня защиты направляет в Минобрнауки России первый экземпляр аттестационного дела*** соискателя ученой степени кандидата наук, а также первый экземпляр аттестационного дела и первый экземпляр диссертации соискателя ученой степени доктора наук.

В аттестационное дело входят следующие документы и материалы:

а) ***сопроводительное письмо*** на бланке организации, на базе которой создан диссертационный совет, подписанное председателем ДС, с указанием даты отправки документов;

б) ***заключение ДС*** о присуждении ученой степени доктора наук или кандидата наук (2 экз.);

в) ***отзывы оппонентов, ведущей организации*** на диссертацию и другие отзывы, поступившие на диссертацию и автореферат диссертации;

г) ***заключение организации***, где выполнялась диссертация или к которой был прикреплен соискатель ученой степени (1 экз.);

д) ***автореферат диссертации*** (4 экз. для диссертации на соискание ученой степени кандидата наук и 5 экз. для диссертации на соискание ученой степени доктора наук);

е) текст объявления о защите диссертации с указанием даты размещения на сайте Комиссии;

ж) дата размещения и ссылка на сайт организации, на котором соискателем ученой степени размещен полный текст диссертации;

з) заверенная в установленном порядке копия документа установленного образца о высшем образовании (диплом специалиста, диплом магистра, диплом об окончании аспирантуры (адъюнктуры) — для соискателя ученой степени кандидата наук (лица, получившие образование в иностранном государстве, дополнительно представляют копию документа, удостоверяющего признание в РФ образования и (или) квалификации, полученных в иностранном государстве, с предоставлением тех же академических и (или) профессиональных прав, что и обладателям высшего образования, полученного в РФ (специалитет, магистратура, аспирантура (адъюнктура), за исключением случаев, когда высшее образование, полученное в иностранном государстве, подпадает под действие международных договоров о взаимном признании, либо получено в иностранной образовательной организации, входящей в перечень, который устанавливается Правительством РФ (1 экз.);

и) заверенная в установленном порядке копия диплома кандидата наук — для соискателя ученой степени доктора наук (лица, получившие ученую степень в иностранном государстве - свидетельство о признании в РФ ученой степени, полученной в иностранном государстве), за исключением случаев, когда иностранные ученые степени подпадают под действие международных договоров РФ, а также получены в иностранных образовательных организациях и научных организациях, перечень которых устанавливается Правительством РФ (1 экз.);

к) заверенная в установленном порядке копия удостоверения о сдаче кандидатских экзаменов — для соискателя ученой степени кандидата наук, имеющего высшее образование, подтвержденное дипломом магистра или специалиста, подготовившего диссертацию без освоения программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) или освоившего программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) по направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), не соответствующему научной специальности, по которой подготовлена диссертация;

л) стенограмма заседания ДС (первый экземпляр), подписанная председательствующим и ученым секретарем ДС и заверенная печатью организации, на базе которой создан ДС;

м) ***аудиовидеозапись заседания ДС в машиночитаемом цифровом формате, фиксирующая ход заседания*** в соответствии с порядком, определенным пунктами 31-36 Положения;

н) протокол счетной комиссии;

о) опись документов, имеющихся в деле, подписанная ученым секретарем ДС;

п) электронный носитель, на котором размещаются документы, перечисленные в подпунктах "а"-"г" и "л" настоящего пункта, а также для соискателей ученой степени доктора наук электронный полнотекстовый вариант диссертации.

Соискатель ученой степени имеет право ознакомиться с материалами своего аттестационного дела.

Во второй экземпляр аттестационного дела соискателя ученой степени, которое хранится в ДС течение десяти лет, помимо вторых экземпляров или копий документов, предусмотренных в пункте 37 настоящего Положения, входят следующие документы:

а) заявление соискателя ученой степени;

б) протокол заседания ДС при приеме диссертации к защите;

в) явочный лист членов ДС, подтверждающий их присутствие на заседании ДС при защите диссертации;

г) бюллетени тайного голосования в запечатанном конверте;

д) протокол заседания ДС при защите диссертации;

е) экземпляр стенограммы заседания ДС;

ж) список адресатов, которым направлен автореферат диссертации (с указанием даты рассылки), подписанный ученым секретарем ДС.

При отрицательном решении по результатам защиты диссертации ДС ***в течение 30 дней*** со дня защиты высылает в Минобрнауки России уведомительное письмо на бланке организации, на базе которой создан ДС, подписанное председателем ДС, с приложением к нему решения ДС об отказе в присуждении ученой степени кандидата наук или доктора наук, стенограммы заседания ДС, подписанной председателем и ученым секретарем ДС и заверенной печатью организации, на базе которой создан ДС, а также полный текст диссертации в электронном виде.

Диссертационный совет в течение 30 дней возвращает соискателю ученой степени лично или по почте с уведомлением о вручении представленные им ранее документы, за исключением одного экземпляра автореферата и диссертации, которые хранятся в организации, на базе которой создан совет, в течение десяти лет, и экземпляра диссертации в электронном виде, который передается в федеральное государственное автономное научное учреждение "Центр информационных технологий и систем органов исполнительной власти".

Отзывы на диссертацию, автореферат, стенограмма и аудиовидеозапись заседания ДС, а также протокол счетной комиссии остаются в ДС и направляются на основании запроса по месту повторной защиты или в Минобрнауки России.

Соискатель вправе снять диссертацию с рассмотрения по письменному заявлению, поданному до начала тайного голосования.

При подаче соискателем ученой степени в ДС письменного заявления о снятии с рассмотрения его диссертации председатель ДС указание о выдаче соискателю ученой степени представленных им документов, за исключением заявления, одного экземпляра диссертации и автореферата диссертации, которые остаются в ДС.

Подготовленные в процессе рассмотрения диссертации документы остаются в ДС и хранятся в организации в установленном порядке. Копии документов на основании запроса направляются по месту повторной защиты диссертации.

17.2.4. Тайное голосование и работа счетной комиссии

Для проведения тайного голосования ДС избирает открытым голосованием простым большинством голосов из членов ДС, участвующих в заседании, счетную комиссию в количестве не менее трех членов ДС.

Ученый секретарь ДС готовит бланки бюллетеня для тайного голосования.

Счетная комиссия осматривает и опечатывает урну для тайного голосования.В тайном голосовании принимают участие только присутствующие на заседании ДС члены диссертационного совета, которым счетная комиссия после окончания защиты диссертации выдает ***под роспись бюллетени***.

Члены ДС, опоздавшие к началу защиты диссертации, ушедшие до ее окончания или временно отсутствовавшие на заседании ДС, кроме времени объявленного технического перерыва, в определении кворума не учитываются и в тайном голосовании не участвуют.

Соискатель ученой степени, защищающий диссертацию в диссертационном совете, членом которого он является, не участвует в голосовании по итогам своей защиты и в списочном составе членов ДС на заседании диссертационного совета не учитывается.

Голосующий вычеркивает ненужное из графы "Результаты голосования" и опускает бюллетень в урну для тайного голосования.

Члены счетной комиссии в присутствии членов ДС, участвующих в заседании ДС, вскрывают урну для тайного голосования, подсчитывают бюллетени и составляют по итогам голосования протокол счетной комиссии.

Нерозданные бюллетени остаются у счетной комиссии с соответствующей пометкой, сделанной до начала подсчета голосов. Бюллетени, которые не позволяют выявить мнение принимавшего участие в голосовании члена ДС, считаются недействительными, что также отмечается в протоколе счетной комиссии. После оформления протокола счетной комиссии по результатам голосования счетная комиссия запечатывает все бюллетени в конверт и передает их ученому секретарю ДС.

Диссертационный совет открытым голосованием простым большинством голосов членов ДС, участвующих в заседании ДС, утверждает протокол счетной комиссии. В случаях, когда выявлены нарушения в процедуре защиты диссертации, тайном голосовании или работе счетной комиссии, протокол счетной комиссии не утверждается, ДС принимает решение о переносе защиты диссертации на другой день, о чем указывается в протоколе заседания ДС.

17.2.5. Порядок приостановления, возобновления и прекращения деятельности диссертационного совета

Минобрнауки России на основании рекомендации Комиссии приостанавливает деятельность ДС в случаях:

а) выявленного несоответствия диссертационного совета требованиям, установленным Положением;

б) предоставления недостоверной информации о результативности научной деятельности организации, на базе которой создан ДС и членов ДС;

в) выявленного нарушения ДС порядка организации работы ДС, установленного Положением;

г) некачественной подготовки заключения ДС;

д) нарушений ДС требований, предъявляемых к оформлению аттестационных дел, установленных пунктами 37 и 38 Положения.

Для возобновления деятельности ДС организацией, на базе которой он функционировал, подается ходатайство организации, содержащее обоснование необходимости возобновления деятельности ДС, документально подтвержденные сведения об устранении несоответствий ДС требованиям, установленным настоящим Положением, или документально подтвержденные сведения о принятых мерах по устранению нарушений ДС порядка организации работы ДС либо нарушений иных требований, установленных Положением, и послуживших основанием для приостановки его деятельности.

В случае если нарушения требований к ДС или нарушения порядка организации работы ДС, установленные настоящим Положением, не устранены в

течение шести месяцев после даты приостановки деятельности ДС, Минобрнауки России принимает решение о прекращении деятельности ДС.

Минобрнауки России на основании рекомендации Комиссии прекращает деятельность ДС в случаях:

а) ***нарушения требований***, изложенных в пункте 65 Положения, ДС, деятельность которого ранее приостанавливалась за те же нарушения;

б) ***принятия ДС двух необоснованных решений*** о присуждении ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук лицам, диссертации которых не соответствуют критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней;

в) ***нецелесообразности продолжения деятельности*** ДС в зависимости от результативности его деятельности.

Ходатайство организации о выдаче разрешения на создание на базе организации ДС по той же научной специальности, деятельность которого прекращена в результате нарушений, предусмотренных подпунктами (б) и (в) пункта 67 Положения, может быть подано не ранее чем через три года после прекращения деятельности ДС.

Минобрнауки России прекращает деятельность ДС:

а) ***при наличии ходатайства организации***, на базе которой создан ДС;

б) ***при реорганизации организации***, на базе которой создан ДС;

в) ***ликвидации организации***, на базе которой создан ДС.

Тема № 18. Порядок присуждения ученых степеней

18.1. Общие положения

Ученая степень кандидата наук присуждается ДС по результатам публичной защиты диссертации соискателем ученой степени, успешно сдавшим кандидатские экзамены, порядок сдачи, перечень и примерные программы которых утверждаются Министерством образования и науки РФ.

К соисканию ученой степени кандидата наук допускаются лица:

- освоившие программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) по направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), соответствующему научной специальности, предусмотренной номенклатурой научных специальностей, утверждаемой Министерством образования и науки РФ, по которой подготовлена диссертация;

- освоившие программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) по направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), не соответствующему научной специальности, предусмотренной номенклатурой, по которой подготовлена диссертация;

- имеющие высшее образование, подтвержденное дипломом специалиста или магистра, подготовившие диссертацию на соискание ученой степени кандидата наук в организации, давшей положительное заключение по данной диссертации, к которой они были прикреплены для подготовки диссертации и сдачи кандидатских экзаменов без освоения программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) на срок и в порядке, которые установлены Министерством образования и науки РФ.

Диссертационные советы несут ответственность за объективность и обоснованность принимаемых решений при определении соответствия диссертаций установленным Положением критериям, которым должны отвечать диссертации на соискание ученых степеней, а также за соблюдение порядка представления к защите и защиты диссертаций, установленного настоящим Положением.

Требования к организациям, на базе которых могут создаваться ДС, требования к кандидатам в члены ДС и порядок создания ДС определяются положением о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, которое утверждается Министерством образования и науки РФ.

Решение о выдаче диплома доктора наук или кандидата наук принимает Министерство образования и науки РФ на основании решения ДС о присуждении ученой степени доктора наук или кандидата наук.

Диплом доктора наук выдается Министерством образования и науки РФ на основании указанного решения и подписывается Министром образования и науки РФ или по его поручению заместителем Министра образования и науки РФ.

Диплом кандидата наук выдается организацией, где проходила защита диссертации, по результатам которой ДС, созданным на базе этой организации, присуждена ученая степень кандидата наук, на основании решения Министерства образования и науки РФ и подписывается руководителем этой организации.

18.2. Критерии, которым должны отвечать диссертации на соискание ученых степеней

Диссертация на соискание ученой степени доктора наук должна быть научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, либо решена научная проблема, имеющая важное политическое, социально-экономическое, культурное или хозяйственное значение, либо изложены новые научно обоснованные технические, технологические или иные решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата наук должна быть научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний, либо изложены новые научно обоснованные технические, технологические или иные решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны.

Диссертация должна быть написана автором самостоятельно, обладать внутренним единством, содержать новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствовать о личном вкладе автора диссертации в науку.

В диссертации, имеющей прикладной характер, должны приводиться сведения о практическом использовании полученных автором диссертации научных результатов, а в диссертации, имеющей теоретический характер,— рекомендации по использованию научных выводов.

Предложенные автором диссертации решения должны быть аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями.

Основные научные результаты диссертации должны быть опубликованы в рецензируемых научных изданиях (далее - рецензируемые издания).

Требования к рецензируемым изданиям и правила формирования в уведомительном порядке их перечня устанавливаются Министерством образования и науки РФ.

При несоответствии рецензируемого издания указанным требованиям оно исключается Министерством из перечня рецензируемых изданий без права повторного включения.

Перечень рецензируемых изданий размещается на официальном сайте Комиссии в информационно-телекоммуникационной сети "Интернет".

Количество публикаций, в которых излагаются основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени ***доктора наук***, в рецензируемых изданиях должно быть:

в области искусствоведения и культурологи, социально-экономических, общественных и гуманитарных наук — не менее 15;

в остальных областях — ***не менее 10.***

Количество публикаций, в которых излагаются основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени ***кандидата наук***, в рецензируемых изданиях должно быть:

в области искусствоведения и культурологи, социально-экономических, общественных и гуманитарных наук — не менее 3;

в остальных областях — ***не менее 2***.

К публикациям, в которых излагаются основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени, приравниваются патенты на изобретения, патенты (свидетельства) на полезную модель, патенты на промышленный образец, патенты на селекционные достижения, свидетельства на программу для электронных вычислительных машин, базу данных, топологию интегральных микросхем, зарегистрированные в установленном порядке.

В диссертации соискатель ученой степени обязан ссылаться на автора и (или) источник заимствования материалов или отдельных результатов.

При использовании в диссертации результатов научных работ, выполненных соискателем ученой степени лично и (или) в соавторстве, соискатель ученой степени обязан отметить в диссертации это обстоятельство.

18.3. Представление и защита диссертаций

Соискатель ученой степени представляет диссертацию на бумажном носителе на правах рукописи. Диссертация оформляется в соответствии с требованиями, устанавливаемыми Министерством образования и науки РФ.

Диссертация и автореферат представляются в ДС на русском языке. Защита диссертации проводится на русском языке, при необходимости диссертационным советом обеспечивается синхронный перевод на иной язык.

Организация, где выполнялась диссертация, дает заключение по диссертации, которое подписывается руководителем или по его поручению заме-

стителем руководителя организации. ***В заключении отражаются*** личное участие соискателя ученой степени в получении результатов, изложенных в диссертации, степень достоверности результатов проведенных соискателем ученой степени исследований, их новизна и практическая значимость, ценность научных работ соискателя ученой степени, научная специальность, которой соответствует диссертация, полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем ученой степени.

Порядок подготовки заключения и выдачи его соискателю ученой степени определяется локальным актом организации.

Соискатель ученой степени имеет право представить диссертацию к защите в любой ДС. При этом научная специальность, по которой выполнена диссертация, должна соответствовать научной специальности и отрасли науки, по которой ДС Министерством образования и науки РФ предоставлено право проведения защиты диссертаций.

Соискателю ученой степени, являющемуся руководителем или заместителем руководителя организации либо президентом организации, запрещается представлять к защите диссертацию в ДС советы, созданные на базе этой организации.

Соискателю ученой степени, являющемуся руководителем органа государственной власти или органа местного самоуправления, а также государственным (муниципальным) служащим, выполняющим работу, которая влечет за собой конфликт интересов, способных повлиять на принимаемые решения по вопросам государственной научной аттестации, запрещается представлять к защите диссертацию в ДС, созданные на базе организаций, находящихся в ведении этих органов.

Диссертационный совет обязан принять диссертацию к предварительному рассмотрению при наличии положительного заключения организации, где выполнялась диссертация, и документов, предусмотренных перечнем, утвержденным Министерством образования и науки РФ, а также при условии размещения соискателем ученой степени полного текста диссертации на официальном сайте организации, на базе которой создан ДС, в сети "Интернет".

Диссертационный совет создает комиссию, в состав которой входят не менее 3 членов ДС, являющихся специалистами по проблемам каждой научной специальности защищаемой диссертации, для предварительного ознакомления с диссертацией.

В состав комиссии ДС по решению ДС могут включаться специалисты в соответствующей области науки, не являющиеся членами ДС (в том числе не являющиеся работниками организации, на базе которой создан ДС). Такие специалисты должны соответствовать требованиям к кандидатам в члены ДС.

Указанная комиссия представляет ДС заключение о соответствии темы и содержания диссертации научным специальностям и отраслям науки, по которым ДС предоставлено право принимать к защите диссертации, о полноте изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем ученой степени, о выполнении требований к публикации основных научных результатов диссертации.

Порядок предварительного рассмотрения диссертации ДС устанавливается положением о ДС.

По результатам предварительного рассмотрения диссертации с учетом заключения комиссии ДС диссертационный совет принимает диссертацию на соискание ученой степени кандидата наук к защите в течение 2 месяцев со дня подачи соискателем ученой степени в ДС всех необходимых документов, на соискание ученой степени доктора наук - в течение 4 месяцев со дня подачи соискателем в ДС всех необходимых документов или направляет соискателю ученой степени в указанные сроки мотивированное решение об отказе в приеме диссертации к защите. Решение ДС о приеме или об отказе в приеме диссертации к защите размещается на официальном сайте организации, на базе которой создан ДС, в сети "Интернет".

В случае принятия ДС решения об отказе в приеме диссертации к защите текст диссертации в течение 5 дней со дня проведения заседания ДС, на котором было принято соответствующее решение, удаляется с официального сайта организации, на базе которой создан ДС, в сети "Интернет", за исключением случаев, когда решение об отказе в приеме диссертации к защите связано с несоблюдением требований, установленных пунктом 14 Положения, и (или) наличием в диссертации недостоверных сведений об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации. Такая диссертация размещается на официальном сайте организации, на базе которой создан ДС, в котором диссертация проходила предварительное рассмотрение, в сети "Интернет" сроком на 10 лет с указанием причины отказа в приеме диссертации к защите.

Основанием для отказа в приеме диссертации к защите является:

а) несоответствие соискателя ученой степени требованиям, необходимым для допуска его диссертации к защите, указанным в пунктах 2–4 Положения;

б) несоответствие темы и содержания диссертации научным специальностям и отраслям науки, по которым ДС предоставлено право принимать к защите диссертации, за исключением случаев, предусмотренных пунктом 21 Положения;

в) невыполнение требований к публикации основных научных результатов диссертации, предусмотренных пунктами 11 и 13 Положения;

г) использование в диссертации заимствованного материала без ссылки на автора и (или) источник заимствования, результатов научных работ, выполненных соискателем ученой степени в соавторстве, без ссылок на соавторов;

д) представление соискателем ученой степени недостоверных сведений об опубликованных им работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации;

е) представление диссертации лицом, которому в соответствии с пунктом 17 Положения запрещается представлять к защите диссертацию в ДС.

В случае если тема диссертации охватывает несколько научных специальностей, не по всем из которых ДС предоставлено право проведения защиты диссертаций, ДС может принять решение о проведении защиты такой диссертации по специальности и отрасли науки, по которым ему предоставлено право проведения защиты диссертаций, с привлечением специалистов в соответствующих областях науки, не являющихся членами данного ДС. Такие специалисты должны соответствовать требованиям к кандидатам в члены ДС.

Порядок формирования состава ДС для проведения разовой защиты устанавливается положением о ДС.

При принятии диссертации к защите ДС назначает официальных оппонентов по диссертации из числа компетентных в соответствующей отрасли науки ученых, имеющих публикации в соответствующей сфере исследования и давших на это свое согласие.

По диссертации на соискание ученой степени доктора наук назначаются 3 оппонента, имеющие ученую степень доктора наук либо ученую степень, полученную в иностранном государстве, признаваемую в РФ, обладателю которой предоставлены те же академические и (или) профессиональные права, что и доктору наук в РФ.

По диссертации на соискание ученой степени ***кандидата наук*** назначаются ***2 оппонента***, из которых один должен быть доктором наук либо иметь ученую степень, полученную в иностранном государстве, признаваемую в РФ, обладателю которой предоставлены те же академические и (или) профессиональные права, что и доктору наук в РФ, а другой — доктором наук или кандидатом наук либо иметь ученую степень, полученную в иностранном государстве, признаваемую в РФ, обладателю которой предоставлены те же академические и (или) профессиональные права, что и доктору или кандидату наук в РФ.

Оппонентами не могут быть Министр образования и науки РФ, государственные (муниципальные) служащие, выполняющие работу, которая влечет за собой конфликтов интересов, способных повлиять на принимаемые решения по вопросам государственной научной аттестации, члены Комиссии, члены экспертных советов, члены ДС, принявшего диссертацию к защите, научные руко-

водители (научные консультанты) соискателя ученой степени, соавторы соискателя ученой степени по опубликованным работам по теме диссертации, а также работники (в том числе работающие по совместительству) организаций, где выполнялась диссертация или работает соискатель ученой степени, его научный руководитель или научный консультант, а также где ведутся научно-исследовательские работы, по которым соискатель ученой степени является руководителем или работником организации-заказчика или исполнителем (соисполнителем). Оппоненты должны являться работниками разных организаций в случае осуществления ими трудовой деятельности.

Оппонент на основе изучения диссертации и опубликованных работ по теме диссертации представляет в ДС письменный отзыв на диссертацию, в котором оцениваются актуальность избранной темы, степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизна, а также дается заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением.

Подпись оппонента на отзыве заверяется в установленном законом порядке.

Оригиналы отзывов оппонентов на диссертацию передаются оппонентами в диссертационный совет не позднее, чем за 15 дней до дня защиты диссертации, а копии отзывов вручаются в ДС ***соискателю*** ученой степени ***не позднее, чем за 10 дней до дня защиты*** диссертации.

В случае несоответствия отзыва оппонента указанным требованиям диссертационный совет до проведения защиты заменяет оппонента, при этом дата защиты диссертации переносится на срок не более 6 месяцев.

Сведения об оппонентах и их отзывы на диссертацию размещаются на официальном сайте организации, на базе которой создан ДС, в сети "Интернет" не позднее, чем за 10 дней до дня защиты диссертации.

При принятии диссертации к защите ДС назначает по диссертации организацию (с ее согласия), широко известную своими достижениями в соответствующей отрасли науки и способную определить научную и (или) практическую ценность диссертации, которая представляет в ДС отзыв на диссертацию (ведущая организация).

Ведущей организацией не могут быть организации, в которых работают соискатель ученой степени, научные руководители (научные консультанты) соискателя ученой степени, а также организации, где ведутся научно-исследовательские работы, по которым соискатель ученой степени является руководителем или работником организации-заказчика или исполнителем (соисполнителем).

В отзыве ведущей организации на диссертацию отражается значимость полученных автором диссертации результатов для развития соответствующей отрасли науки. В отзыве на диссертацию, имеющую прикладной характер, должны также содержаться конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации.

Отзыв ведущей организации на диссертацию утверждается ее руководителем (заместителем руководителя) на основании заключения структурного подразделения этой организации, одно из основных направлений научно-исследовательской деятельности которого соответствует тематике диссертации, по результатам проведенного на его заседании обсуждения диссертации. Подпись руководителя ведущей организации заверяется печатью данной организации.

Оригинал отзыва на диссертацию ведущая организация направляет в диссертационный совет не позднее 15 дней до дня защиты диссертации. Копию отзыва ДС вручает соискателю ученой степени не позднее, чем за 10 дней до дня защиты диссертации.

В случае несоответствия отзыва ведущей организации указанным требованиям ДС до проведения защиты заменяет ведущую организацию, при этом дата защиты диссертации переносится на срок не более 6 месяцев.

Сведения о ведущей организации и ее отзыв на диссертацию размещаются на официальном сайте организации, на базе которой создан ДС, в сети "Интернет" не позднее, чем за 10 дней до дня защиты диссертации.

По диссертациям, принятым к защите, должен быть напечатан на правах рукописи автореферат объемом до двух авторских листов для диссертации на соискание ученой степени доктора наук и до одного авторского листа - для диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

По диссертациям на соискание ученой степени доктора наук и кандидата наук в области гуманитарных наук объем автореферата может составлять до 2,5 и до 1,5 авторского листа соответственно.

В автореферате диссертации излагаются основные идеи и выводы диссертации, показываются вклад автора в проведенное исследование, степень новизны и практическая значимость приведенных результатов исследований, содержатся сведения об организации, в которой выполнялась диссертация, об оппонентах и ведущей организации, о научных руководителях и научных консультантах соискателя ученой степени (при наличии), приводится список публикаций автора диссертации, в которых отражены основные научные результаты диссертации.

Автореферат диссертации рассылается членам ДС, принявшего диссертацию к защите, и заинтересованным организациям не позднее чем за 1 месяц до дня защиты диссертации.

Перечень организаций, которым автореферат диссертации рассылается в обязательном порядке, определяется положением о ДС.

Других адресатов, которым необходимо направить автореферат диссертации, определяет ДС, принявший диссертацию к защите.

При принятии к защите диссертации на соискание ученой степени доктора наук ДС не позднее чем за 3 месяца до дня защиты, а при принятии к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук — не позднее чем за 2 месяца до дня защиты представляет в Министерство образования и науки РФ для размещения на официальном сайте Комиссии в сети "Интернет" текст объявления, в котором указываются фамилия, имя, отчество (последнее — при наличии) соискателя ученой степени, название темы представленной к защите диссертации, шифры и наименования научных специальностей и отрасли науки (в соответствии с номенклатурой), по которым выполнена диссертация, наименование и адрес организации, на базе которой создан данный ДС, ссылка на официальный сайт организации, на базе которой создан ДС, в сети "Интернет", на котором соискателем ученой степени размещен полный текст диссертации, предполагаемая дата защиты диссертации (далее -объявление о защите), а также отзывы научных руководителей или научных консультантов соискателя ученой степени (при наличии) и автореферат диссертации.

Полный текст диссертации должен быть доступен для ознакомления по указанной ссылке для любых лиц до истечения 7 месяцев со дня защиты диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, указанной в объявлении о защите, и до истечения 9 месяцев - со дня защиты диссертации на соискание ученой степени доктора наук, указанной в объявлении о защите, за исключением случаев, когда Министерством образования и науки РФ принято решение об отмене соответствующего решения ДС о присуждении ученой степени доктора или кандидата наук и отказе в выдаче диплома доктора или кандидата наук в связи с несоблюдением требований, установленных пунктом 14 Положения, и (или) наличием в диссертации недостоверных сведений об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации. Такая диссертация размещается сроком на 10 лет со дня принятия Министерством соответствующего решения на официальном сайте организации, на базе которой создан ДС, в котором проходила защита, в сети "Интернет" с указанием причины принятия Министерством такого решения.

Объявление о защите должно быть доступно для любых лиц в течение 5 месяцев с указанного в нем дня защиты диссертации на соискание ученой степени кандидата наук и в течение 8 месяцев — с указанного в нем дня защиты диссертации на соискание ученой степени доктора наук.

В библиотеку организации, на базе которой создан ДС, принявший диссертацию к защите, не позднее, чем за 3 месяца до дня защиты диссертации на соискание ученой степени доктора наук и не позднее, чем за 2 месяца до дня защиты диссертации на соискание ученой степени кандидата наук передаются 1 экземпляр диссертации, принятой к защите, и 2 экземпляра автореферата указанной диссертации, которые хранятся там на правах рукописи.

Отзывы, поступившие на диссертацию и автореферат диссертации, размещаются на официальном сайте организации, на базе которой создан ДС, принявший данную диссертацию к защите, в сети "Интернет" не позднее 10 дней до дня защиты диссертации.

В отзыве указываются фамилия, имя, отчество (последнее — при наличии) лица, представившего отзыв на данную диссертацию (автореферат диссертации), почтовый адрес, телефон (при наличии), адрес электронной почты (при наличии), наименование организации, работником которой является указанное лицо, и должность в этой организации (в случае если лицо, представившее отзыв на данную диссертацию (автореферат диссертации), работает). Если в отзыве на диссертацию отсутствуют фамилия, имя лица, представившего отзыв на данную диссертацию (автореферат диссертации), его почтовый адрес, присутствуют нецензурные и (или) оскорбительные выражения или не имеется возможности прочитать какую-либо часть текста отзыва на данную диссертацию (автореферат диссертации), такой отзыв на официальном сайте организации, на базе которой создан ДС, принявший данную диссертацию к защите, в сети "Интернет" не размещается.

Отзыв на диссертацию (автореферат диссертации) может быть направлен в организацию, на базе которой создан ДС, на бумажном носителе или в электронной форме при условии использования электронной подписи.

Соискатель ученой степени имеет право на проведение защиты диссертации при наличии отрицательных отзывов.

Заседание ДС считается правомочным, если в его работе принимают участие не менее двух третей членов ДС.

При защите диссертации на соискание ученой степени доктора наук необходимо участие в заседании ДС не менее 5 докторов наук, являющихся специалистами по проблемам каждой научной специальности защищаемой диссертации, а при защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук - не менее 3 докторов наук, являющихся специалистами по проблемам каждой научной специальности защищаемой диссертации.

Решение ДС по вопросу присуждения ученой степени доктора или кандидата наук считается положительным, если за него проголосовали не менее двух третей членов ДС, участвовавших в заседании.

Публичная защита диссертации должна носить характер научной дискуссии и проходить в обстановке требовательности, принципиальности и соблюдения научной этики, при этом анализу должны подвергаться достоверность и обоснованность всех выводов и рекомендаций научного и практического характера, содержащихся в диссертации.

На защите диссертации обязан присутствовать соискатель ученой степени, вправе присутствовать иные лица в порядке, установленном организацией, на базе которой создан ДС, принявший данную диссертацию к защите.

Оппоненты обязаны присутствовать на защите диссертации. ДС может принять решение о проведении защиты диссертации в отсутствие по уважительной причине (состояние здоровья, отпуск, командировка и другие причины, признанные ДС уважительными) одного из оппонентов, давшего на диссертацию положительный отзыв. В этом случае на заседании диссертационного совета полностью оглашается отзыв отсутствующего оппонента. На защите диссертации по решению ДС возможно присутствие 2 оппонентов по диссертации на соискание ученой степени доктора наук, одного оппонента по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук в удаленном интерактивном режиме (из-за состояния здоровья, в случае отпуска, командировки и наличия других причин, признанных ДС уважительными) при условии аудиовизуального контакта с участниками заседания.

При отсутствии оппонента, давшего на диссертацию отрицательный отзыв, заседание ДС переносится на срок не более 6 месяцев. Оппонент, не явившийся на заседание повторно, заменяется.

После окончания защиты диссертации ДС проводит тайное голосование по присуждению ученой степени.

Для проведения подсчета голосов избирается открытым голосованием простым большинством голосов членов ДС, участвующих в заседании, счетная комиссия в количестве не менее 3 членов ДС.

Порядок проведения заседания ДС, включая порядок голосования и работу счетной комиссии, устанавливается положением о ДС.

В заключении ДС приводятся результаты голосования по диссертации.

При положительном результате голосования по присуждению ученой степени ДС принимает открытым голосованием заключение ДС по диссертации, в котором отражаются наиболее существенные научные результаты, полученные лично соискателем ученой степени, оценка их достоверности и новизны, их значение для теории и практики, рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования, а также указывается, в соответствии с какими требованиями пункта 9 Положения оценивалась диссертация. В заключении обосновывается назначение оппонентов и ведущей организации.

Заключение ДС подписывается председателем или по его поручению заместителем председателя ДС и ученым секретарем ДС. Подписи указанных лиц заверяются печатью организации, на базе которой создан данный ДС.

Копия заключения ДС выдается соискателю ученой степени в течение 1 месяца со дня защиты диссертации.

При положительном решении по результатам защиты диссертации ДС***в течение 30 дней со дня защиты*** диссертации направляет в Министерство образования и науки РФ первый экземпляр аттестационного дела. Второй экземпляр аттестационного дела вместе с экземпляром диссертации хранится в организации, на базе которой создан ДС, в котором проводилась защита диссертации, в течение 10 лет.

Диссертационный совет информирует Министерство образования и науки РФ о принятии отрицательного решения по результатам защиты диссертации в течение 30 дней со дня принятия такого решения.

При участии одного или нескольких оппонентов на защите диссертации в удаленном интерактивном режиме в оба экземпляра аттестационного дела включается соответствующая стенограмма.

Первый экземпляр аттестационного дела по диссертации на соискание ученой степени доктора наук, а также, в случае если ДС возбуждено ходатайство в соответствии с пунктом 36 Положения, направляется в Министерство образования и науки РФ вместе с первым экземпляром диссертации.

При отрицательном решении по результатам защиты диссертации первый экземпляр аттестационного дела и диссертация хранятся в организации, на базе которой создан ДС, в котором проходила защита диссертации, в течение 10 лет.

Оформление аттестационного дела производится в порядке, устанавливаемом положением о ДС. Соискатель ученой степени имеет право ознакомиться с материалами своего аттестационного дела.

Диссертация, по результатам защиты которой диссертационный совет вынес отрицательное решение, может быть представлена к повторной защите в переработанном виде не ранее чем через 1 год со дня вынесения такого решения, за исключением случая, предусмотренного пунктом 64 Положения. При повторной защите такой диссертации оппоненты и ведущая организация заменяются.

Указанное правило не распространяется на случаи, когда отрицательное решение ДС связано с несоблюдением требований, установленных пунктом 14 Положения, и (или) наличием в диссертации недостоверных сведений об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации. Повторная защита такой диссертации не допускается.

Сведения о результатах публичной защиты диссертации в ДС размещаются на официальном сайте организации, на базе которой создан ДС, в котором проходила защита указанной диссертации, в сети "Интернет" в течение 10 дней со дня заседания ДС по соответствующему вопросу.

Министерство образования и науки РФ размещает на официальном сайте Комиссии в сети "Интернет" информацию о принятых ДС отрицательных решениях в течение 10 дней со дня получения соответствующей информации от ДС.

В случае если диссертация на соискание ученой степени кандидата наук, представленная к защите в ДС, имеющий право рассматривать диссертации на соискание ученой степени доктора наук, по отзывам 2 оппонентов, а также комиссии ДС отвечает требованиям, предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени доктора наук, после защиты диссертации на соискание ученой степени кандидата наук на этом же заседании ДС выносит раздельным тайным голосованием 2 решения — о присуждении соискателю ученой степени кандидата наук и о возбуждении перед Министерством образования и науки РФ ходатайства о разрешении представить ту же диссертацию к соисканию ученой степени доктора наук.

Диссертация, по результатам защиты которой принято положительное решение, вместе с одним экземпляром автореферата передается ДС в установленном порядке в федеральное государственное бюджетное учреждение "Российская государственная библиотека" для постоянного хранения.

Обязательный экземпляр диссертации на бумажном носителе и в электронной форме (для диссертаций, по результатам защиты которых были приняты отрицательные решения,— только в электронной форме) передается в установленном порядке в федеральное государственное автономное научное учреждение "Центр информационных технологий и систем органов исполнительной власти".

Соискатель ученой степени вправе отозвать диссертацию с рассмотрения в диссертационном совете до принятия диссертационным советом решения по вопросу присуждения ученой степени.

Указанное правило не распространяется на случаи несоблюдения требований, установленных пунктом 14 Положения, и (или) наличия в диссертации недостоверных сведений об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации. Такая диссертация снимается с рассмотрения ДС без права повторной защиты и размещается на официальном сайте организации, на базе которой создан ДС, в котором проходила защита, в сети "Интернет" сроком на 10 лет со дня принятия Министерством образования и науки РФ соответствующего решения.

На основании заявления соискателя ученой степени об отзыве диссертации с рассмотрения диссертационный совет снимает указанную диссертацию с

рассмотрения, кроме указанных случаев. После снятия диссертации с рассмотрения по письменному заявлению соискателя ученой степени она может быть представлена к защите в порядке, установленном Положением.

18.4. Рассмотрение диссертаций и аттестационных дел Министерством образования и науки РФ и Комиссией

Министерство образования и науки РФ после получения аттестационного дела, а также диссертации в случаях, установленных настоящим Положением, проверяет аттестационное дело на соответствие требованиям, предъявляемым к оформлению аттестационных дел, а также на соответствие порядку представления к защите и защиты диссертации на соискание ученой степени, установленному Положением.

В случае если при проверке аттестационного дела обнаружатся нарушения требований, предъявляемых к оформлению аттестационных дел, Министерство образования и науки РФ возвращает аттестационное дело без рассмотрения в ДС для его доработки.

Диссертационный совет обязан исправить выявленные нарушения в течение 1 месяца со дня получения соответствующего решения Министерства образования и науки РФ. При этом срок принятия решения по вопросу выдачи диплома кандидата наук или доктора наук отсчитывается со дня поступления из указанного ДС в Министерство образования и науки РФ доработанного аттестационного дела.

В случае выявления факта нарушения порядка представления к защите и защиты диссертации, установленного Положением, Министерство образования и науки РФ принимает решение об отмене решения ДС о присуждении ученой степени и об отказе в выдаче диплома кандидата наук или доктора наук.

Соискатель ученой степени вправе отозвать диссертацию с рассмотрения в Министерстве образования и науки РФ до принятия Министерством решения о выдаче или об отказе в выдаче ему диплома.

На основании письменного заявления соискателя ученой степени об отзыве диссертации Министерство образования и науки РФ принимает решение о снятии указанной диссертации с рассмотрения и возвращает аттестационное дело, а в установленных Положением случаях также направляет диссертацию в ДС. После принятия указанного решения диссертация может быть представлена к защите в порядке, установленном Положением.

Срок принятия Министерством образования и науки РФ решения о выдаче диплома доктора наук не может превышать 6 месяцев со дня поступления аттестационного дела в Министерство. В случае направления дис-

сертации и аттестационного дела на дополнительное заключение указанный срок может быть продлен до 9 месяцев.

Срок принятия Министерством образования и науки РФ решения о выдаче диплома ***кандидата наук не может превышать 4 месяцев*** со дня поступления аттестационного дела в Министерство. В случае направления аттестационного дела и диссертации на рассмотрение экспертного совета и Комиссии указанный срок может быть продлен до 7 месяцев.

Список использованных источников

1. Авдулов А.Н., Кулькин А.М. Системы государственной поддержки научно-технической деятельности в России и США: процессы и основные этапы их формирования.— М.: ИНИОН РАН, 2003.
2. Дунченко Н.И. Основы научных исследований: учеб.пособие/ Н.И. Дунченко, А.В. Бердутина, В.С. Янковская.— М.: МГУПБ, 2009.— 289с.
3. Заварухин В.П., Корчмар Л.Л., Рубвальтер Д.А., Руденский О.В. Механизмы косвенного финансирования инновационной деятельности: налоговые режимы, льготы и кредиты в странах ОЭСР // Информационно-аналитический бюллетень ЦИСН. 2006. № 4.
4. Кравченко Н.С. Методы обработки результатов измерений и оценки погрешностей в учебном лабораторном практикуме: учебное пособие [Текст] /Н.С. Кравченко, О.Г. Ревинская; Национальный исследовательский Томский политехнический университет.— Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011.— 88 с.
5. Красовский Г.И., Филаретов Г.Ф. Планирование эксперимента.— Минск: изд-во БГУ, 1982.— 302 с.
6. Курепин В.В., Баранов И.В. Обработка экспериментальных данных [Текст]: Метод.указания к лабораторным работам для студентов 1, 2 и 3-го курсов всех спец./ Под ред. В.А. Самолетова.— СПб.: СПбГУНиПТ, 2003.— 57 с.
7. Курсовая работа "Научно-исследовательская работа студентов в высшей школе" ст. Русяйкин Е.О. ГОУ ВПО "Пензенский государственный университет", 2008.
8. Сергеев А.Г. Метрология: Учебник.— М.: Логос, 2005. — 272 с.
9. Социальная динамика современной науки / В.Ж. Келле, Е.З. Мирская, С.А. Кугель и др.— М.: Наука, 1995.
10. Управление государственным сектором науки. Зарубежный опыт.— М.: ЦИСН, 2004.
11. ФЗ "О науке и государственной научно-технической политике" от 23 августа 1996 г.
12. Шкляр М.Ф. Основы научных исследований. Учебное пособие для бакалавров / м.ф. Шкляр.— 5-еизд.— М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко», 2013.— 244 с.
13. Сайт Управления научно-технической политики США: http://www.ostp.gov.
14. Сайт Национального научного фонда США: http://www.nsf.gov.
15. Сайт правительства Великобритании: http://www.direct.gov.uk.
16. Сайт Департамента торговли и промышленности Великобритании: http://www.dti.gov.uk.
17. Сайт Министерства образования, высшей школы и научных исследований Франции: http://www.recherche.gouv.fr.

ДЛЯ ЗАМЕТОК